

Katarzyna JOCHYMCZYK-WOŹNIAK, Katedra Biomechaniki, Politechnika Śląska, Zabrze

Agata BONK, SKN Biomechaniki „Biokreatywni”, Politechnika Śląska, Zabrze

ANALIZA OBCIĄŻEŃ KOŃCZYNY DOLNEJ PODCZAS WYKONYWANIA ĆWICZEŃ NA STEPIE

Streszczenie: Grupę badawczą stanowiły cztery studentki bez jakiegokolwiek doświadczenia w step aerobiku. Zadanie ruchowe polegało na 15-krotnym powtórzeniu, bez przerwy, kroku basic step dla dwóch wysokości stepu- 10 cm i 15cm. Parametry, które zostały wykorzystane do oceny obciążeń działających na kończyny dolne oraz stopy człowieka, to: składowa pionowa siły reakcji podłoża, współczynnik obciążenia oraz siły nacisku stopy na podłoże. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem platform dynamometrycznych AMTI oraz wkładek do pomiaru sił reakcji podłoża MEDILOGIC.

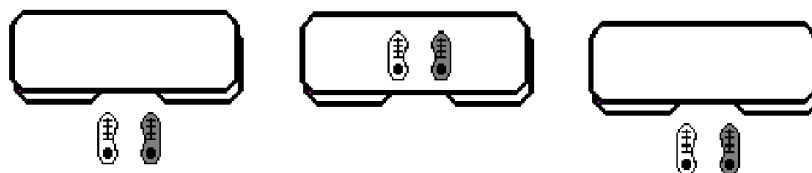
Słowa kluczowe: ćwiczenia na stepie, basic step, siły reakcji podłoża

1. WSTĘP

Step aerobik jest intensywną i wyczerpującą aktywnością ruchową. Są to zajęcia choreograficzne z wykorzystaniem platformy, której wysokość można regulować za pomocą tzw. pięter [1]. Poszczególne ćwiczenia składają się z kroków podstawowych, średnio zaawansowanych i zaawansowanych [3].

Podczas ćwiczeń na stepie głównie zaangażowane są mięśnie kończyn dolnych, a powstające obciążenia działają w ich osi długiej. Obciążenia układu ruchu człowieka podczas step aerobiku, jak i innych form aktywności ruchowej, mogą powodować pozytywne jak i negatywne zmiany w układzie ruchu [1][2].

Celem niniejszej pracy jest analiza obciążeń działających na kończyny dolne człowieka podczas wykonywania kroku basic step (rys. 1). Prezentowane wyniki badań stanowią wprowadzenie do zagadnień związanych z występowaniem obciążeń układu ruchu człowieka podczas ćwiczeń na stepie.



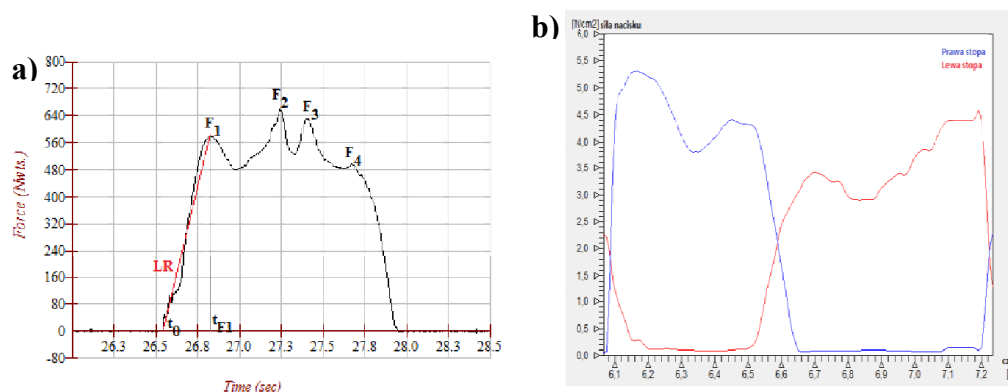
Rys. 1. Krok basic step [8]

2. ANALIZA BADAŃ

2.1. Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone w Laboratorium Narządu Ruchu Politechniki Śląskiej. Grupę badawczą stanowiły cztery studentki (wiek 22 lata, przeciętny wzrost 168,4 cm, średnia masa ciała 59,6 kg) nie mające doświadczenia w step aerobiku.

Do oceny obciążeń działających na układ ruchu człowieka wykorzystano składową pionową siłę reakcji podłoża, współczynnik obciążenia (LR), siły nacisku w poszczególnych częściach stopy (pięcie, śródstopiu, przedniej części stopy, powierzchni bocznej stopy, przysiódkowej części stopy) oraz maksymalną siłę reakcji podłoża podczas zejścia ze stepu.



Rys. 2. a) przykładowy zapis pionowej siły reakcji podłoża uzyskany podczas badań, gdzie F1, F2, F3, F4 to siły reakcji podłoża, force – siła, time – czas, LR – współczynnik obciążenia; b) przykładowy zapis średniej wartości sił nacisku stopy podczas wejścia na step, opracowanie własne

Współczynnik obciążenia (LR) jest wykorzystywany do oceny przeciążeń stawów kończyn dolnych. Określany jest, jako stosunek siły F1 do zmiany czasu, w jakim siła została osiągnięta:

$$LR = \frac{F_1}{t_{F1} - t_0},$$

gdzie t_0 jest czasem pierwszego kontaktu stopy ze stepem, t_{F1} jest czasem osiągnięcia siły F1 [2].

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu platform dynamometrycznych AMTI oraz wkładek do pomiaru sił reakcji podłoża MEDILOGIC. Jedna z platform znajdowała się pod stepem natomiast druga przed, w celu zbadania siły reakcji podłoża podczas zejścia ze stepu.

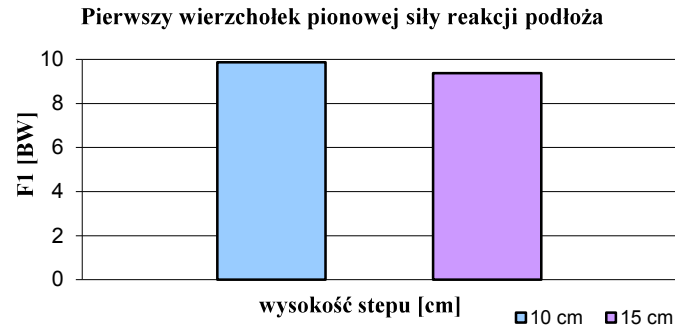
Zadanie ruchowe polegało na 15-krotnym powtórzeniu bez przerwy kroku basic step. Po wykonaniu serii kroków zmieniono wysokość stepu z 10 cm na 15 cm i przeprowadzono następny pomiar kolejno dla wszystkich badanych z wykorzystaniem obydwu urządzeń. Do analizy wybrano dziesięć kroków z każdej serii. Za krok przyjęto czas, w którym nastąpiło oderwanie pięty prawej stopy od podłoża do ponownego kontaktu prawej stopy z podłożem.

2.2. Wyniki badań

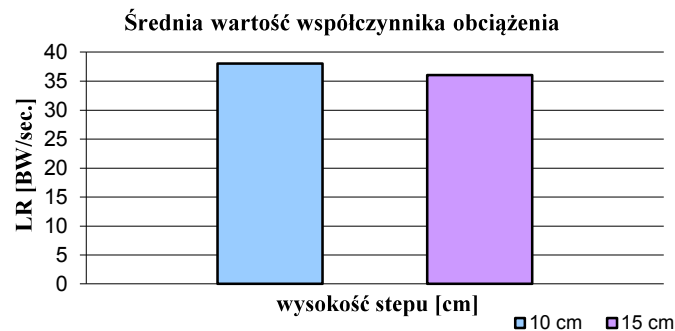
Analiza otrzymanych wyników wykazała wpływ wysokości stepu na wartości składowej pionowej siły reakcji podłoża (F1) a tym samym na współczynnik obciążenia.

Wykazano, że wraz ze wzrostem wysokości stepu pionowa siła reakcji podłoża (F1) maleje. Natomiast maksymalna siła (F2) osiągnięta w całym cyklu ćwiczenia rośnie (rys. 3, rys. 4, rys. 5).

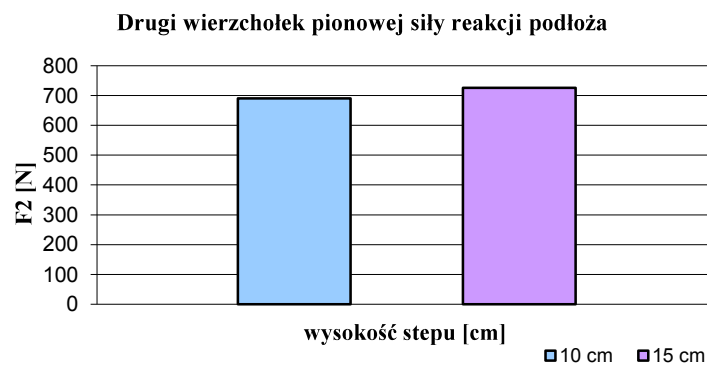
Drugim parametrem opisującym obciążenia układu ruchu w trakcie ćwiczeń jest współczynnik LR. Z otrzymanych danych wynika, że wraz ze wzrostem wysokości stepu współczynnik LR maleje (rys. 5).



Rys. 3. Średnia wartość siły F1 w funkcji wysokości stepu



Rys. 4. Średnia wartość współczynnika obciążenia w funkcji wysokości stepu



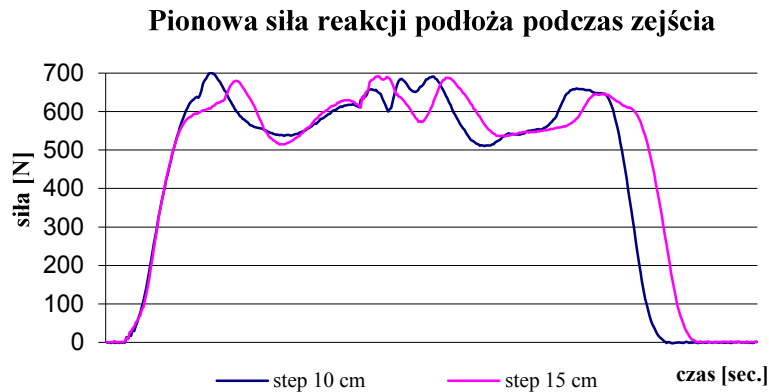
Rys. 5. Średnia wartość siły F2 w funkcji wysokości stepu

Ćwiczenia na stepie są oparte na naturalnej formie ruchowej (takiej jak chód czy bieganie), siły reakcji podłoża osiągnięte w badaniu były znacznie wyższe w porównaniu do rezultatów osiągniętych w badaniach chodu czy wchodzeniu po schodach [2].

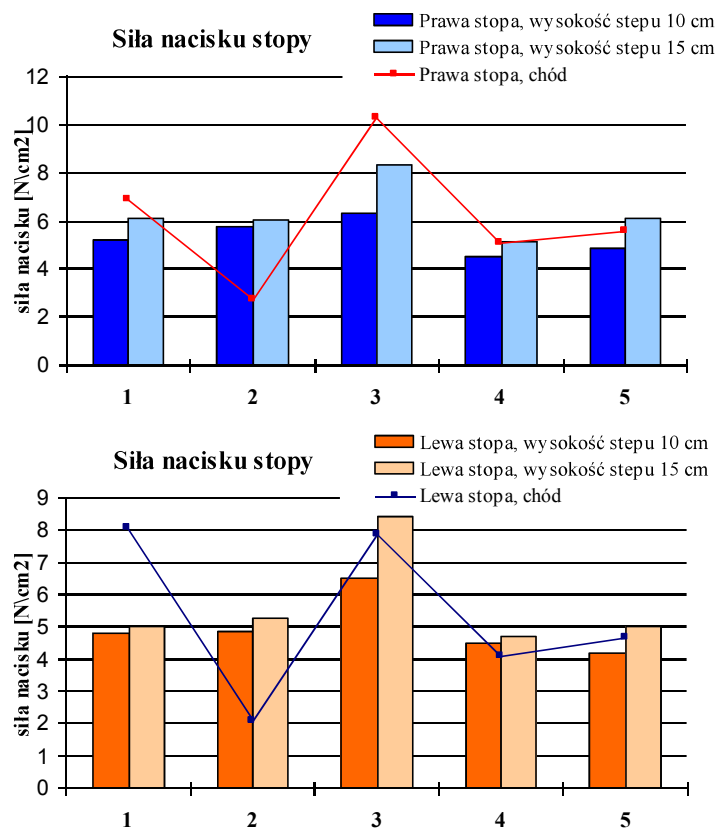
Analiza pionowej siły reakcji podłoża, podczas schodzenia ze stepu, wykazała, że maksymalna siła reakcji podłoża jest większa podczas zejścia niż wejścia na step (rys. 6).

Badanie przeprowadzone przy użyciu wkładek MEDILOGIC umożliwiło pozyskanie danych do oceny obciążeń stopy. Wykazano, że wraz ze wzrostem wysokości stepu siła nacisku poszczególnych części stopy rośnie.

Średnie wartości sił nacisku stopy, uzyskane podczas badania, zostały przyrównane do średnich wartości siły nacisku wygenerowanych podczas chodu. Wartości sił nacisku stopy na podłoże podczas chodu zostały pobrane z biblioteki programu MEDILOGIC (rys. 7).



Rys. 6. Przykładowy przebieg pionowej siły reakcji podłoża podczas zejścia ze stepu, wyodrębniony z jednego cyklu



Rys. 7. Porównanie średnich sił nacisku stopy prawej uzyskanych podczas badania z średnią wartością siły nacisku stopy prawej otrzymaną podczas chodu, opracowanie własne. Gdzie: 1. Pięta. 2. Śródstopie. 3. Przednia część stopy. 4. Powierzchnia boczna stopy. 5. Przyśrodkowa część stopy

Przedstawiona metoda badań umożliwiła określenie obciążeń oddziałujących na układ ruchu człowieka oraz wyznaczenie obciążeń stopy podczas wykonywania kroku basic step.

3. PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że siły reakcji podłoża wyznaczone podczas ćwiczeń na stepie są znacznie większe niż te otrzymane podczas normalnego chodu człowieka. Stwierdzono, że wartość siły F1 (1,16 BW) i F2 (0,81 BW) oraz współczynnika obciążenia (8 BW/s) opisane przez Winiarskiego i Rutkowską-Kucharską [6], a wartości tych sił otrzymane w badaniu ze stepem są znacznie mniejsze.

Fujarczuk i współautorzy [2] również prowadziła badania obciążeń podczas wykonywania ćwiczeń na stepie o wysokości 15 cm. Porównując wartość siły F1 prezentowaną w pracy Fujarczuk ($\approx 0,98$ BW) do wartości tej samej siły prezentowanej w niniejszej pracy (9,37 BW) można stwierdzić pewne różnice nie mają one jednak wpływu na wniosek końcowy. Wykazano, że wraz ze wzrostem wysokości stepu pionowa siła reakcji podłoża (F1) oraz współczynnik obciążenia maleją.

Wysocka i współautorzy [7] doszli do podobnych wniosków. Wykazali, że podczas zejścia ze stepu generowana jest większa pionowa siła reakcji podłoża (1,62 BW) niż w trakcie wejścia na step (1,02 BW). Wartość sił reakcji podłoża uzyskanych w niniejszej pracy znacznie przewyższają wartości uzyskane przez Wysocka i współautorzy [7], jednak wskazują na tą samą zależność. Podczas zejścia średnia, maksymalna siła reakcji podłoża jest większa (12,21 BW) w porównaniu z średnią, maksymalną siłą reakcji podłoża podczas wejścia na step (F2=12,17 BW) dla tej samej wysokości stepu – 15 cm.

Maybury i Waterfield [4] wykorzystali w swoich badaniach step o wysokości 6, 8, 10 cali (15, 20, 25 cm), otrzymane przez nich wyniki przedstawiają zależność pomiędzy wartościami sił reakcji podłoża a wysokością stepu. Maybury i Waterfield zaobserwowali, że średnia wartość siły reakcji podłoża rośnie wraz z zmianą wysokości stepu.

Różnice między wynikami mogą być spowodowane brakiem doświadczenia badanych, właściwościami tłumiącymi stepu czy też samą techniką wykonywania kroku.

Rutkowska-Kucharska i Szpala [5] udowodniły, że technika wykonywania kroków podczas ćwiczeń na stepie jest bardzo ważnym aspektem. Otrzymane wyniki wykazały, że krok wykonywany z pięty charakteryzuje się najniższą siłą reakcji podłoża ($\approx 1,23$ BW), a tym samym najprawdopodobniej spowoduje najmniejsze obciążenia stawu kolanowego. Najmniej wskazane jest wykonywanie kroku na całą stopę (F $\approx 1,30$ BW). Badania obciążenia i zakres ruchu stawu kolanowego w zależności od techniki wykonywania kroków przeprowadzono dla jednej wysokości stepu (20 cm).

Wartość siły nacisku w poszczególnych częściach stopy rośnie wraz ze zmianą wysokości stepu (z 10 cm na 15 cm), przyrównując te wartości do średniej wartości siły nacisku uzyskanej podczas chodu można zauważyć następujące zależności (rys. 7):

- Zarówno dla prawej jak i lewej stopy zarejestrowano podczas badania o wiele większe wartości siły nacisku śródstopia niż podczas chodu, zarówno dla wysokości stepu 10 cm jak i dla 15 cm,
- Podczas chodu generowana jest większa siła nacisku niż w ćwiczeniach na stepie zarówno dla wysokości stepu 10 cm jak i dla 15 cm,
- Dla niższej wysokości stepu (10 cm) zarejestrowano niższe wartości siły nacisku przedniej części stopy aniżeli dla chodu.

LITERATURA

- [1] Błażkiewicz M., Kowalczyk P., Szkudelska H., Analiza ruchu kończyn dolnych podczas kroku Basic Step w aerobiku, Rozprawy naukowe AWF we Wrocławiu, Wrocław, 2008, 26, 20–26

- [2] Fajarczuk K., Winiarski S., Rutkowska-Kucharska A., Ground reaction forces in step aerobics, *Acta of Bioengineering and Biomechanics* Vol. 8, No. 2, 2006, 111-117
- [3] Gómez Ruth Arteaga, *Aerobic i step*, Wydawnictwo BUCHMANN, Warszawa, 2009, 6-9; 132-147
- [4] Maybury M.C., Waterfield J., An investigation into the relation between step heigh and ground reaction forces in step exercise: a pilot study, *Br J Sports Med* 1997; 31:109-113
- [5] Rutkowska-Kucharska A., Szpala A., Ground reaction force and knee flexion degree during basic step in step aerobic exercises, 10th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2005
- [6] Winiarski S., Rutkowska-Kucharska A., Estimated ground reaction force in normal and pathological gait, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol. 11, No. 1, 2009, 53-60
- [7] Wysocka K., Rutkowska-Kucharska A., Winiarski S., Kinematical and dynamical characteristics of gait in step aerobics and overloads of movement system, *Biomechanics*, 201, 261-262
- [8] <http://www.turnstep.com/Moves/index.html>

LOAD ANALYSIS OF LOWER LIMB DURING STEP AEROBICS EXERCISE

Abstract: Step aerobics is a very intense and exhausting physical activity. Classes are led with using the platform, which height is being regulated behind the help so-called floors. Aim of this study is to analyze the loads acting on the human movement during basic step. The studies are preliminary research introducing into issues connected from burdens of human movement during exercise on the step.