

**Michalina BŁAŻKIEWICZ**, AWF i IPPT PAN, Warszawa  
**Piotr KOWALCZYK**, IPPT, PAN, Warszawa

## **ANALIZA OBCIĄŻEŃ W STEP AEROBICS NA PODSTAWIE LITERATURY**

Streszczenie. Step aerobics jest jedną z bardziej popularnych form rekreacji ruchowej. Uważa się, że podwyższenie wysokości stopnia, lub zaaplikowanie w choreografii kroków typu high-impact zwiększa poziom trudności i intensywność zajęć, a w konsekwencji bardziej obciąża układ ruchu, co często prowadzi do kontuzji. Siła reakcji podłoża jest jedną ze zmiennych, która dostarcza informacji o obciążeniach. Niniejsza praca zawiera podsumowanie wyników, podawanych w literaturze, dotyczących zmian sił reakcji podłoża podczas najczęściej wykonywanych kroków aerobikowych.

### **1. WSTĘP**

Celem tej pracy była analiza obciążeń podczas najczęściej wykonywanych kroków na zajęciach step aerobics. Autorzy prac dotyczących biomechanicznej analizy ruchu w step aerobics zajmowali się głównie badaniem pionowych sił reakcji podłoża mierzonych na różnych typach platformy. Praca ta zawiera podsumowanie wyników osiągniętych w tej dziedzinie. Dla autorów stanowią one bazę do dalszej pracy. Warto podkreślić, że w przeanalizowanej dotychczas literaturze odnoszącej się do tego tematu nie znaleziono żadnych badań na temat oscylacji środka ciężkości, przemieszczeń poszczególnych stawów, oraz modelu matematycznego pozwalającego na dokonanie symulacji.

### **2. WPŁYW AEROBIKU NA ORGANIZM**

Step Aerobics obejmuje ćwiczenia o umiarkowanej intensywności, polegające na wchodzeniu i schodzeniu ze specjalnego stopnia o wysokości: 10, 15, 20 lub 25cm. Uważa się, że podwyższenie wysokości stopnia zwiększa poziom trudności i intensywność zajęć, a w konsekwencji bardziej obciąża układ ruchu. Podczas 60-minutowych zajęć step aerobics, człowiek jest w stanie wykonać od 1980 do 2280 kroków typu basic step, które niepoprawnie wykonane mogą powodować duże przeciążenia w stawach głównie kolanowych i skokowo-goleniowych, co w rezultacie może prowadzić do kontuzji. Wykazano, że około 76% instruktorów i około 43% przebadanych uczestników zajęć fitness przyznało się do kontuzji związanej z aerobikiem [12]. Około 60% wszystkich kontuzji dotyczyło kończyn dolnych. Mimo to, trening na stepie wzbudza duże zainteresowanie wśród lekarzy [1]. Analiza sześciomiesięcznego treningu na stepie wykazała pozytywne zmiany wskaźnika BMD<sup>1</sup> [6]. Zatem tego typu zajęcia mogą być pierwszym krokiem, prowadzącym do przeciwdziałania rozwojowi osteoporozy. Natomiast w pracy [2] została zbadana zależność między różnymi

---

<sup>1</sup> BMD (Bone Mineral Density) - wskaźnik oceniający mineralną gęstość kości

typami chorób a treningiem aerobikowym. Badaniu poddano 116 kobiet, które zostały podzielone na trzy grupy zgodnie z poziomem zaawansowania treningowego:

- NE (N=40) – grupa osób nie ćwiczących
- ST (N=39) – grupa osób krótko trenujących (10 tygodni)
- LT (N=37) – grupa osób długo trenujących (20 tygodni)

Po 20 tygodniach treningu, można było zauważyć znaczące różnice między poszczególnymi grupami. W porównaniu z grupą NE w grupach ST i LT odnotowano dużą poprawę w pracy serca, zwiększoną odporność organizmu, zmniejszenie masy ciała oraz ogólną poprawę postury ciała. Osoby te stały się również bardziej energiczne. Prezentowane badania są jednym z dowodów pozytywnego wpływu aerobiku na organizm ćwiczących.

### 3. OPIS TECHNIKI WYKONYWANIA KROKU BASIC STEP

Krok basic step (rys 1) jest podstawowym krokiem zawsze stosowanym na zajęciach, dlatego też jego analiza jest głównym tematem publikacji dotyczących obciążeń w aerobiku.

Pozycja wyjściowa: postawa zasadnicza przodem do stepu, ramiona w dół, stopy złączone, kolana lekko ugięte.

1. Krok prawą nogą w przód, w górę. Postawienie całej stopy na stepie, palce stopy skierowane na wprost.
2. Dołączenie lewej stopy do prawej. Pozycja na stepie jest taka sama jak pozycja wyjściowa.
3. Zejście ze stepu prawą nogą w dół, w tył. Postawienie stopy na podłożu.
4. Dołączenie lewej nogi do prawej i powrót do pozycji wyjściowej.



Rys 1 Kolejność faz wykonania kroku basic step prawą kończyną dolną [17]

### 3. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WZROST OBCIĄŻEŃ UKŁADU RUCHU W STEP AEROBICS I ICH ZWIĄZEK Z WARTOŚCIAMI SIŁ REAKCJI PODŁOŻA

Złe dostosowanie obciążeń działających na układ ruchu, wyrażonych wartością działającej siły zewnętrznej i czasem jej trwania, doprowadza do przeciążeń, które są wynikiem przekroczenia wytrzymałości fizycznej tkanek oraz wydolności czynnościowej mięśni, więzadeł, stawów i kości u człowieka [5]. Z analizy piśmiennictwa wynika, że do czynników, które mogą powodować wzrost obciążeń układu ruchu w step aerobics należą:

1. Technika stawiania stopy na stepie:
  - Z palców
  - Z pięty
  - Całą stopą
2. Faza kroku:
  - Wejście na step
  - Zejście ze stepu

3. Charakter kroku:
  - High-impact (biegowo-skocznościowy)
  - Low-impact (oparty na chodzie)
4. Tempo muzyki (częstotliwość ruchu)
  - Wolne tempo (od 120BPM<sup>2</sup> do 138BPM)
  - Szybkie tempo (138BPM i wyżej)
5. Rodzaj tworzywa z jakiego zbudowany jest step
6. Rodzaj obuwia

Jedną z ważniejszych informacji o obciążeniach w sporcie dostarcza rejestracja siły reakcji podłoża, szczególnie jej składowej pionowej. W step aerobics pionowa składowa siła reakcji podłoża waha się od 1 do 2,5BW<sup>3</sup>. Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia kontuzji, zasugerowano optymalizację obciążenia [10]. Duże przeciążenia układu ruchu występują, gdy wartość siły reakcji podłoża jest większa od 4BW. Na zajęciach o umiarkowanej intensywności wartość ta waha się między 2BW a 4BW. Niska intensywność powoduje, że siła reakcji podłoża jest mniejsza niż 2BW. Minimalna wartość pobudzająca procesy osteogentyczne wynosi 1-2BW [19]. Poniżej zostały przedstawione przykładowe rezultaty osiągnięte przez różnych autorów na temat punktów 1-6.

Porównane wartości sił reakcji podłoża podczas wejścia i zejścia ze stepu, oraz analiza wpływów różnych wariantów stawiania stopy na stepie (z palców, z pięty, całą stopą) zostały przedstawione w pracy [13]. Badaniu poddano sześć studentek specjalizacji instruktorskiej aerobiku. Każda z badanych ćwiczyła na stepie o wysokości 20cm bez obuwia i wykonywała serię 11 kroków podstawowych, dla każdej z wymienionych technik. Tempo muzyki wynosiło 126BPM (wolne) i 138BPM (szybkie). Zanalizowano maksymalne siły reakcji podłoża podczas stawiania prawej stopy na stepie, a także podczas stawiania tej samej stopy przy zejściu na podłoże. Wartości składowej pionowej siły reakcji podłoża podczas wejścia na step wskazują na podobne obciążenia w kroku rozpoczynanym z palców i z całej stopy, natomiast dla kroku wykonywanego z pięty te wartości są nieznacznie niższe:

- Krok z palców: 1,27-1,29BW (371,31-377,36N)
- Krok całą stopą: 1,27-1,30BW (370,77-379,20N)
- Krok z pięty: 1,23-1,24BW (360,81-361,02N)

Tempo muzyki narzuca częstotliwość wchodzenia i schodzenia ze stepu, zatem prędkość ruchu. W badaniach prowadzonych dla biegu stwierdzono, że wartości składowej pionowej siły reakcji podłoża rosną wraz ze wzrostem prędkości [11]. Tak też dzieje się w aerobiku, co potwierdzają badania Rutkowskiej-Kucharskiej i Szpali [13]:

- Wejście na step: 1,26 (126BPM)-1,30BW (138BPM) czyli odpowiednio 368,23-373,34N
  - Zejście ze stepu: 1,45 (126BPM)-1,49BW (138BPM) czyli odpowiednio 849,04-883,85N
- Podobne dane uzyskali Tsiokanos i Kelles [18]. Przypuszcza się, że niższe wartości siły reakcji zarejestrowane podczas wejścia na step mogą wynikać z właściwości tłumiących tego przyrządu [17]. Inne badania przeprowadzono w pracy [7]. Autorzy analizowali siły reakcji podłoża w fazach wejścia i zejścia ze stepu dla czterech różnych kroków: basic step, knee lift, run step, knee hop w zależności od tempa muzyki (125, 130, 135 i 140BPM). Osiemnaście instruktorek fitness zostało poddanych badaniom. Wyniki badań są następujące:

- Faza wejścia: 1,16-2,27BW
- Faza zejścia 1,57-1,79BW

<sup>2</sup> BPM (Beats Per Minute) – miara uderzeń na minutę, jednostka określająca tempo utworu muzycznego

<sup>3</sup> BW (Body Weight) – względny wskaźnik składowej pionowej siły reakcji podłoża, liczony jako iloraz siły wyrażonej w Newtonach i masy ciała osoby badanej

Natomiast w zależności od charakteru kroku: low czy high-impact zarejestrowano następujące wartości sił reakcji podłoża: 1,10BW (low)-2,4BW (high) [11]. Również w pracy [9] zostały pokazane znaczące różnice między krokami typu low-impact a high-impact. Autorzy przebadali szesnaście instruktorek fitness. Uczestniczyły one w 20 próbach, ćwicząc na stopie o wysokości 15cm, przy tempie muzyki 120BPM. Analizie zostały poddane kroki typu: basic, leap, hop i jump. Pionowa siła reakcji podłoża dla poszczególnych kroków wynosiła:

- 1,05BW dla basic step (krok typu low-impact)
  - 1,68BW – leap
  - 1,88BW – hop
  - 2,30BW – jump
- } kroki typu high-impact

Zagadnienie wpływu wysokości stopu na wartości siły reakcji podłoża w step aerobics poruszyli Maybury i Waterfield [8]. Analizowali oni wpływ trzech różnych wysokości stopu (15, 20 i 25cm) na wartości siły reakcji podłoża. Przebadali oni 12 kobiet, które nie miały doświadczenia w tego typu ćwiczeniach. Każda z nich wykonywała trzy jednodominutowe próby polegające na wchodzeniu i schodzeniu ze stopu przy tempie muzyki 120BPM. Bezwzględne, maksymalne wartości siły uzyskane w wyniku postawienia jednej stopy na platformie wynosiły: 1038N (dla stopu 15cm), 1116N (dla stopu 20cm) i 1163N (dla stopu 25cm).

Wskaźnik kościotworzenia (osteogenic index OI) i siła reakcji podłoża w marszu, knee hop, side leg, L step, over the top były analizowane w pracy [14]. Czas trwania jednej próby wynosił około 39 min, a tempo muzyki 130-140BPM. Dane otrzymane w wyniku badań były następujące:

- OI: 12,0<sup>+</sup>/0,8
- Siła reakcji podłoża: 1,40<sup>+</sup>/0,10BW

OI i siła reakcji podłoża znacznie wzrastały, gdy tempo muzyki zaczynało przekraczać 135BPM. Z tego wynika, że szybsza muzyka może być używana tylko dla grup zaawansowanych. Ponadto autorzy podają, że najlepiej uczestniczyć w 2 lub 3 zajęciach step aerobics tygodniowo.

#### 4. ZESTAWIENIE WARTOŚCI SKŁADOWYCH PIONOWYCH SIŁY REAKCJI PODŁOŻA ZNALEZIONYCH W LITERATURZE

AUTORZY	WYSOKOŚĆ STEP	FAZA KROKU	RODZAJ KROKU	SIŁA REAKCJI PODŁOŻA	TEMPO MUZYKI	UWAGI O GRUPIE
Farrington i Dyson [3]	10 - 25cm	zejście	1. Basic step 2. V-step 3. Knee lift 4. Turn step	1,38-2,58BW	120BPM	
Hecko i Finch [4]	20cm	zejście	1. Crossover	1,80-1,87BW	120BPM	
Bezner i wsp. 1996 (za Santos-Rocha [17])	1. 15cm 2. 20cm 3. 25cm	zejście	1. Basic step	1. 1,60BW 2. 1,66BW 3. 1,76BW	100-120BPM	
Tagen i Zebas, 1996 (za Santos-Rocha [17])	15cm	wejście	1. Basic step 2. Leap 3. Step leap 4. Run	1,03-2,48BW	126BPM	
Teriet i Finch, 1997 (za Santos-Rocha, [17])	15cm	zejście	1. Basic step	1,67-1,70BW	122BPM	
	15cm	zejście	1. Basic step	1,71-1,74BW	130BPM	
	20cm		1. Basic step	1,54-1,83BW	120-132BPM	początkująca

Schaff-Olson i wsp. 1997 (za Santos-Rocha, [17])	20cm		1. Basic step	1,54-1,83BW	120-132BPM	początkująca
Maybury i Waterfield, [8]	1. 15cm 2. 20cm 3. 25cm	zejście	1. Basic step	1. 1,31BW 2. 1,41BW 3. 1,48BW	120BPM 120-152BPM	instruktorzy
Wieczorek i wsp., 1997 (za Santos-Rocha, [17])	20/30cm		1. Basic step	1,67±0,32BW	120/132BPM	
Santos-Rocha i wsp. [15]	15cm	zejście	1. Basic step	1. 1,66BW 2. 1,71BW 3. 1,77BW	1. 122BPM 2. 130BPM 3. 138BPM	
Santos-Rocha i wsp. [15]	15cm		1. Basic step	1. 1,71BW	120BPM	Starsze kobiety
Panda, 2003 (za Santos-Rocha [17])	15cm	wejście	1. Knee lift 2. Basic step 3. Leap 4. Jump 5. Run	1. 1,24BW 2. 1,25BW 3. 1,72BW 4. 2,04BW 5. 2,15BW	126BPM	
	15cm	zejście	1. Basic step 2. Knee lift 3. Jump 4. Leap 5. Run	1. 1,61BW 2. 1,66BW 3. 1,79BW 4. 2,29BW 5. 2,28BW	126BPM	
	15cm		1. Basic step 2. Knee lift 3. Knee hop 4. Run	1. 1,47BW 2. 1,50BW 3. 1,74BW 4. 2,10BW	130BPM	
	15cm		1. Basic step 2. Knee lift 3. Knee hop 4. Run	1. 1,54BW 2. 1,60BW 3. 1,76BW 4. 2,20BW	140BPM	

Analiza biomechaniczna pokazuje, że siła reakcji podłoża podczas step aerobics jest większa niż w chodzie i mniejsza niż w biegu i w sposób bezpośredni zależna od: wysokości stepu, a także od ilości kroków i od ich typu [3, 15]. Santos Rocha w swoim doktoracie, sugeruje, że większość kontuzji w step aerobiku jest spowodowana nieodpowiednim, zbyt szybkim tempem muzyki, złożoną choreografią, zbyt dużą ilością kroków high-impact, nieodpowiednią wysokością stepu, niskim poziomem fachowości instruktorów. Wykazano, że największą ilość kontuzji zanotowano wśród instruktorów (pomimo dużego poziomu zaawansowania), którzy uczyli więcej niż 5 zajęć w tygodniu.

## LITERATURA

- [1] Będziński R., Biomechanika inżynierska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997
- [2] Dong L. W., Ping L. C., Hui C. A study of aerobic dance on health conditions and related sickness of university female students. Pre-olympic Congress 2004, Thessaloniki, 6-11 August, 2004
- [3] Farrington T., Dyson N.: Ground reaction forces during step aerobics. Journal of Human Movement Studies, 29, 1995, s:89-98
- [4] Hecko K., Finch A.: Effect of prolonged bench stepping on impact forces. Proceedings of the XIV International Symposium on Biomechanics in Sports. Lisbon 1996, s:464-466
- [5] Jagusz A., Rutkowska-Kucharska A., Winiarski S., Fajarczuk K., Sikora A. Zdrowotne aspekty obciążeń układu ruchu w aerobiku w badaniach biomechanicznych. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia, vol LX, suppl. XVI 155, 2005
- [6] Machado M., Santos H., Babtista F., Veloso A.: Biomechanical effects of step exercise program of elderly women. 7<sup>th</sup> Annual Congress of the ECSS, Athens, 24-28 July 2002

- [7] Machado M. L., Santos-Rocha R., Veloso A.: Mechanical load in step exercise. 12<sup>th</sup> Annual Congress of the ECSS, 11–14 July, Jyväskylä, Finland, 2007
- [8] Maybury M. C., Waterfield J., An investigation into relation between step height and ground reaction forces in step exercise: pilot study. *Br. J. Sports Med.*, 31, 1997, s: 109-113
- [9] Machado M. L., Abrantes J.: Basic step vs. power step. Peak values of vertical GRF analysis. The 16<sup>th</sup> Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports ISBS'98
- [10] Nigg B. M., Cole G. K., Brüggemann G. P.: Impact forces during heel-toe running. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 1995, s: 407-432
- [11] Ricard M. D., Veatch S.: Effect of running speed and aerobic dance jump height on vertical ground reaction forces. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 1994, s: 14-27
- [12] Richie D. H., Kelso S. F., Belluci P. A.: Aerobic dance injuries: a retrospective study of instructors and participants. *Physician Sports Medicine*, 13, 1985, s: 130–140
- [13] Rutkowska-Kucharska A., Szpala A.: Obciążenia układu ruchu a wartości siły reakcji w ćwiczeniach na „stepie”. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, supl. 1, 2004, s: 293-297
- [14] Santos Rocha A., Oliveira C., Veloso A.: Osteogenic index of step exercise depending on choreographic movements, session duration, and stepping rate. *British Journal of Sports Medicine* 40 (10), October 2006
- [15] Santos Rocha R., Veloso A., Santos H., Franco S., Pezarat-Correia P.: Ground Reaction Forces of Step Exercise Depending on Step Frequency and Bench Height. *Scientific Proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports – International Society of Biomechanics in Sports, Cáceres, Spain 2002*
- [16] Santos Rocha R., Veloso A.: Plantar Pressure and Peak Ground Reaction Forces in Step Exercise. *Proceedings of the ICCB 2005 – II International Conference on Computational Bioengineering*, 2, 2005, s: 885-894
- [17] Santos Rocha R.: Assessment of Biomechanical Loading in Musculoskeletal Structures of the Lower Limb. *Biomechanical Model of Step Exercise. Praca doktorska, Faculty of Human Kinetics. Technical University of Lisbon. Portugal, 2006*
- [18] Tsiokanos A., Kellis E. Vertical ground reaction forces in step aerobics dance. 6<sup>th</sup> Annual Congress of the ECSS, Cologne, 24-28 July 2001
- [19] Witzke K. A., Snow C. M.: Effect of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32, 2000, s: 1051-1057

## **ANALYSIS OF LOADS IN STEP AEROBICS – LITERATURE REVIEW**

Summary. Step aerobics classes are offered at many gyms and fitness centers. The step aerobics is distinguished from other forms of aerobics exercise by its use of an elevated platform (the step). The height can be tailored to individual taste by inserting risers under the step. The main objective of the paper is description of human movement and vertical ground reaction forces during common steps in a simple choreography on the base of the various articles.