
SPIS TREŚCI

Wykaz stosowanych skrótów	9
Streszczenie	13
1. Wstęp	21
2. Wprowadzenie do zagadnień obliczania zmian położenia środka ciężkości ciała oraz odzyskiwania energii podczas chodu fizjologicznego i sportowego	27
2.1. Podstawowe modele wykorzystywane do analizy chodu i biegu	28
2.1.1. Model odwróconego wahadła	28
2.1.2. Model masy sprężystej	29
2.1.3. Model lokomocji z teleskopowymi kończynami	30
2.2. Metody szacowania zakresu przemieszczeń środka ciężkości podczas chodu oraz źródła błędów pomiarowych	30
2.2.1. Metoda kinematyczna i kinetyczna obliczania położenia środka ciężkości ciała podczas chodu	31
2.2.2. Źródła błędów pomiarowych	32
2.3. Rodzaje pracy mechanicznej w chodzie	37
2.3.1. Praca zewnętrzna w chodzie	37
2.3.2. Praca wewnętrzna w chodzie	37
2.3.3. Praca dodatnia i ujemna w chodzie	39
2.3.4. Praca kończyny wymachowej w chodzie	39
2.4. Biomechaniczne metody oceny pracy i mocy mechanicznej chodu	40
2.4.1. Metoda kinetyczna i kinematyczna oceny pracy mechanicznej chodu	40
2.4.2. Metoda obliczania rozwijanej mocy oraz pracy wykonywanej względem osi stawów podczas chodu	42
2.5. Charakterystyka chodu sportowego	44
2.6. Cele pracy	53
2.7. Hipotezy	53
3. Charakterystyka badanych osób, zastosowane metody badań oraz etapy ich realizacji i opracowania wyników	55
3.1. Charakterystyka badanych osób w grupach chodu fizjologicznego i sportowego.	55

3.2.	Czas, miejsce i stosowana metodyka badań	59
3.2.1.	Przygotowanie badanych osób do rejestracji chodu	59
3.2.2.	Lokalizacja markerów na ciele badanych osób	60
3.3.	Etapy badań	62
3.4.	Etapy opracowania danych	63
3.4.1.	Opracowanie danych w aplikacjach systemu Vicon	63
3.4.2.	Charakterystyka zmiennych wykorzystywanych w pracy oraz etapy statystycznego opracowania danych	64
4.	Przemieszczenia ogólnego środka ciężkości ciała podczas chodu fizjologicznego i chodu sportowego	75
4.1.	Determinanty chodu i ich krytyka w świetle wyników współczesnych badań	75
4.2.	Mechanizmy minimalizacji pionowych i bocznych przemieszczeń środka ciężkości ciała podczas chodu	78
4.2.1.	Kontrola położenia środka ciężkości ciała w poszczególnych fazach chodu	79
4.2.2.	Selektywna kontrola mięśniowa chodu	81
4.3.	Wyniki zmian położenia środka ciężkości ciała podczas chodu	83
4.3.1.	Wyniki standaryzowanych pionowych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	83
4.3.2.	Wyniki standaryzowanych bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	87
4.3.3.	Wyniki analizy testowania normalności rozkładu standaryzowanych zakresów pionowych i bocznych przemieszczeń środka ciężkości ciała za pomocą testu Shapiro–Wilka w grupach chodu fizjologicznego i sportowego	91
4.3.4.	Wyniki analizy wariancji standaryzowanych pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w grupach chodu fizjologicznego	92
4.3.5.	Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w grupach chodu fizjologicznego	95
4.4.	Wyniki standaryzowanych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupie chodu sportowego	100
4.4.1.	Wyniki standaryzowanych pionowych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupie chodu sportowego	100
4.4.2.	Wyniki standaryzowanych bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupie chodu sportowego	103
4.4.3.	Wyniki analizy wariancji dla pomiarów powtarzalnych standaryzowanych pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała u zawodników chodu sportowego	106

4.4.4.	Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów standaryzowanych pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości u zawodników chodu sportowego	108
4.5.	Dyskusja: zmiany położenia środka ciężkości podczas chodu fizjologicznego i chodu sportowego	112
4.5.1.	Pionowe zmiany położenia środka ciężkości ciała podczas chodu fizjologicznego	112
4.5.2.	Pionowe zmiany położenia środka ciężkości ciała podczas chodu sportowego	117
4.5.3.	Boczne zmiany położenia środka ciężkości ciała podczas chodu fizjologicznego	119
4.5.4.	Boczne zmiany położenia środka ciężkości ciała podczas chodu sportowego	121
4.5.5.	Złożenie pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w grupie chodu fizjologicznego	123
4.5.6.	Złożenie pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w grupie chodu sportowego	125
4.5.7.	Porównanie pionowych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupach chodu fizjologicznego i chodu sportowego .	126
4.5.8.	Porównanie bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała w cyklu w grupach chodu fizjologicznego i chodu sportowego .	128
4.5.9.	Porównanie zakresów pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała podczas chodu w dotychczasowych badaniach	129
4.5.10.	Podsumowanie wyników badań własnych w zakresie pionowych i bocznych zmian położenia środka ciężkości ciała podczas chodu fizjologicznego i chodu sportowego	138
5.	Zmiany energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała w cyklu podczas chodu fizjologicznego i sportowego	141
5.1.	Wprowadzenie do zagadnień energetyki chodu	141
5.2.	Rodzaje energii występujących podczas chodu	142
5.3.	Wyniki standaryzowanych zmian energii potencjalnej w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	144
5.4.	Wyniki standaryzowanych zmian energii kinetycznej w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	148
5.5.	Wyniki standaryzowanych zmian energii całkowitej w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	154
5.6.	Wyniki analizy testowania normalności rozkładu standaryzowanych zakresów zmian energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała za pomocą testu Shapiro–Wilka w grupach chodu fizjologicznego i sportowego	157

5.7.	Wyniki analizy wariancji standaryzowanych zmian energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała w grupach chodu fizjologicznego	158
5.8.	Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów zmian energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała w grupach chodu fizjologicznego	162
5.9.	Wyniki standaryzowanych zmian energii potencjalnej w cyklu w grupie chodu sportowego	165
5.10.	Wyniki standaryzowanych zmian energii kinetycznej w cyklu w grupie chodu sportowego	168
5.11.	Wyniki standaryzowanych zmian energii całkowitej w cyklu w grupie chodu sportowego	173
5.12.	Wyniki analizy wariancji dla pomiarów powtarzalnych standaryzowanych zmian energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała w grupie chodu sportowego	176
5.13.	Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów zmian energii potencjalnej, kinetycznej i całkowitej środka ciężkości ciała w grupie chodu sportowego	179
5.14.	Dyskusja: zmiany energii środka ciężkości ciała podczas chodu	182
	5.14.1. Praca zewnętrzna a koszt metaboliczny chodu	182
	5.14.2. Szacowanie wydatku energetycznego w chodzie	186
	5.14.3. Koszt mechaniczny przemieszczania środka ciężkości ciała podczas chodu	187
	5.14.4. Podsumowanie wyników badań własnych w zakresie zmian energii kinetycznej, potencjalnej i całkowitej podczas chodu fizjologicznego i chodu sportowego	189
6.	Transformacja energii kinetycznej i potencjalnej środka ciężkości ciała w chodzie fizjologicznym i chodzie sportowym	192
6.1.	Proces odzyskiwania energii mechanicznej podczas chodu w mechanizmie odwróconego wahadła	192
6.2.	Wyniki transformacji energii mechanicznej w grupach chodu fizjologicznego	198
6.3.	Wyniki transformacji energii mechanicznej w grupie chodu sportowego	204
6.4.	Wartości wskaźnika odzyskiwania energii w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	207
6.5.	Wyniki analizy wariancji wskaźnika odzyskiwania energii oraz kąta fazowego w grupach chodu fizjologicznego	211
6.6.	Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów zmian wartości wskaźnika odzyskiwania energii w cyklu w grupach chodu fizjologicznego	212

6.7. Wartości wskaźnika odzyskiwania energii w cyklu w grupie chodu sportowego	214
6.8. Wyniki analizy wariancji wskaźnika odzyskiwania energii w grupie chodu sportowego	217
6.9. Wyniki analizy podobieństwa profili przebiegów zmian wartości wskaźnika odzyskiwania energii w cyklu w grupie chodu sportowego.	218
6.10. Dyskusja: mechanizm odzyskiwania energii podczas chodu	219
6.10.1. Czynniki determinujące mechanizm odzyskiwania energii podczas chodu	220
6.10.2. Wskaźnik odzyskiwania energii i przesunięcie fazowe przebiegów energii kinetycznej i potencjalnej	224
6.10.3. Podsumowanie wyników badań własnych w zakresie odzyskiwania energii podczas chodu fizjologicznego i sportowego	225
6.11. Syntetyczne podsumowanie wyników i weryfikacja hipotez pracy	234
6.12. Najważniejsze osiągnięcia pracy i kierunki dalszych prac badawczych	235
7. Wnioski	239
8. Literatura	243
Spis rycin	263
Spis tabel	270
Summary	273