

# Spis treści

## Od autorów

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. O biomechanice prawie wszystko – zamiast wstępu                                   | 9  |
| 2. Czynności mięśnia                                                                 | 18 |
| 2.1. Podstawowe czynności mięśnia                                                    | 18 |
| 2.1.1. Czynność statyczna                                                            | 19 |
| 2.1.2. Czynność dynamiczna                                                           | 22 |
| 2.2. Mięśnie szkieletowe; struktura mikroskopowa i makroskopowa                      | 25 |
| 2.3. Ślizgowa teoria skurczu mięśnia                                                 | 27 |
| 2.4. Bodziec nerwowy i towarzyszące mu zjawiska elektryczne                          | 29 |
| 2.5. Jednostka motoryczna i więcej o aktywności elektrycznej mięśnia                 | 30 |
| 2.6. Cykl rozciągnięcie–skurcz                                                       | 35 |
| 3. Mięsień jako siłownik; siła i prędkość skracania                                  | 40 |
| 3.1. Podział sił działających na układ ruchu                                         | 40 |
| 3.2. Siła i masa mięśni; siły bezwzględna, względna i właściwa                       | 41 |
| 3.2.1. Siła a masa ciała oraz pojęcie siły względnej                                 | 41 |
| 3.2.2. Siła właściwa; przekrój fizjologiczny a kształt mięśnia                       | 45 |
| 3.2.3. Szacowanie powierzchni przekroju fizjologicznego mięśni                       | 47 |
| 3.2.4. Wpływ przebiegu włókien na wartość siły mięśnia                               | 54 |
| 3.2.5. Interpretacja związku między masą ciała, „siłą” bezwzględną i „siłą” względną | 55 |
| 3.3. Siła mięśnia w funkcji jego długości                                            | 56 |
| 3.4. Typ mięśnia, kąt pierzastości a prędkość skracania się mięśnia                  | 62 |
| 3.5. Siła mięśnia w funkcji pobudzenia                                               | 65 |
| 3.6. Siła mięśnia w funkcji czasu                                                    | 68 |
| 3.7. Siła mięśnia w funkcji prędkości; moc mięśnia                                   | 72 |
| 3.7.1. Siła mięśnia a prędkość jego skracania się                                    | 73 |
| 3.7.2. Moc mięśnia w świetle równania Hilla                                          | 76 |
| 3.8. Energia sprężystości                                                            | 79 |
| 3.8.1. Wykorzystanie energii sprężystości w ruchach człowieka                        | 83 |
| 3.8.2. Wykorzystanie odruchu (w reakcji) na rozciąganie w cyklu rozciągnięcie–skurcz | 86 |
| 3.8.3. Elementy techniki ruchu sprzyjające wykorzystaniu energii sprężystości        | 87 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. Działanie siły mięśni na dźwignie kostne i zmienność anatomicznych funkcji mięśni      | 91  |
| 4.1. Działanie mięśnia na dźwignię kostną; moment siły mięśnia                            | 91  |
| 4.1.1. Ruch dźwigni kostnej wywołany działaniem mięśni                                    | 97  |
| 4.1.2. Wpływ kąta ścięgowo-kostnego na wartość momentu siły mięśnia                       | 98  |
| 4.1.3. Zmiana ramienia siły mięśnia wraz ze zmianą kąta ścięgowo-kostnego                 | 101 |
| 4.2. Pomiar momentów siły grup mięśni                                                     | 104 |
| 4.2.1. Metodyka pomiaru momentu sił mięśniowych w statyce                                 | 107 |
| 4.3. Eksperymentalne dane o momentach sił grup mięśni kończyn w funkcji kąta w stawie     | 109 |
| 4.4. Pojęcie aktonu i klasy mięśnia                                                       | 114 |
| 4.5. Funkcje mięśni; względność funkcji anatomicznej                                      | 117 |
| 4.5.1. Współdziałanie momentów sił mięśniowych z momentami sił zewnętrznych               | 117 |
| 4.5.2. Mięsień dwustawowy a funkcja anatomiczna                                           | 119 |
| 4.5.3. Transfer momentu sił mięśniowych                                                   | 121 |
| 5. Charakterystyki bezwładnościowe ciała człowieka                                        | 124 |
| 5.1. Ruch postępowy i obrotowy części ciała                                               | 124 |
| 5.1.1. Ruch postępowy; modele ciał w ruchu postępowym                                     | 125 |
| 5.1.2. Ruch postępowy                                                                     | 126 |
| 5.2. Ruch obrotowy; modele ciał w ruchu obrotowym                                         | 127 |
| 5.2.1. Moment bezwładności                                                                | 129 |
| 5.2.2. Moment bezwładności układu brył sztywnych                                          | 132 |
| 5.2.3. Wybrane przykłady wykorzystania w sporcie praw rządzących ruchem obrotowym         | 132 |
| 5.3. Modele ciała człowieka stosowane w analizie ruchu                                    | 139 |
| 5.4. Metody wyznaczania mas części ciała                                                  | 142 |
| 5.5. Środki mas i środki ciężkości części ciała                                           | 144 |
| 5.5.1. Metody wyznaczania środków ciężkości części ciała człowieka                        | 146 |
| 5.5.2. Wyznaczanie środków ciężkości układów ciał                                         | 149 |
| 5.5.3. Wyznaczanie ogólnego środka ciężkości ciała człowieka metodą dźwigni jednostronnej | 153 |
| 5.6. Metody wyznaczania momentów bezwładności części ciała                                | 156 |
| 5.6.1. Metoda pośrednia                                                                   | 159 |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.6.2 Metody empiryczne wyznaczania momentów bezwładności części ciała                                                       | 160 |
| 5.7. Ciężar właściwy ciała i tkanek                                                                                          | 162 |
| 5.8. Opór powietrza                                                                                                          | 164 |
| 6. Kinematyka połączeń stawowych                                                                                             | 167 |
| 6.1. Ruchomość stawów                                                                                                        | 167 |
| 6.1.1. Pojęcie ruchomości czynnej, biernej i szkieletowej                                                                    | 167 |
| 6.1.2. Zakresy ruchów i ich ograniczenia                                                                                     | 169 |
| 6.2. Główne płaszczyzny i osie jako układ odniesienia dla ruchów ciała i części ciała                                        | 173 |
| 6.3. Nazewnictwo kierunków ruchu segmentów ciała                                                                             | 175 |
| 6.4. Goniometria; zasady pomiaru zakresu ruchu w stawach                                                                     | 177 |
| 6.4.1. Metodyka pomiaru ruchomości stawów                                                                                    | 178 |
| 6.4.2. Konwencja zapisu pomiarów zakresu ruchu w stawie                                                                      | 181 |
| 6.5. Elektrogoniometria; pomiar zmian kąta stawowego w funkcji czasu                                                         | 185 |
| 6.6. Pojęcie mechanizmu i jego ruchliwość; układ ruchu człowieka jako biomechanizm                                           | 186 |
| 6.6.1. Ciało swobodne; liczba stopni swobody                                                                                 | 187 |
| 6.6.2. Para kinematyczna; ruchliwość pary kinematycznej; klasa pary kinematycznej                                            | 188 |
| 6.6.3. Ruchliwość pary kinematycznej                                                                                         | 189 |
| 6.6.4. Łańcuch kinematyczny i jego ruchliwość                                                                                | 190 |
| 6.6.5. Układ ruchu człowieka jako biomechanizm                                                                               | 193 |
| 7. Sterowanie ruchem                                                                                                         | 196 |
| 7.1. Sterowanie a koordynacja                                                                                                | 196 |
| 7.2. Pojęcie sterowania i regulacji                                                                                          | 197 |
| 7.3. Jakość procesu sterowania ruchem                                                                                        | 199 |
| 7.4. Sprzężenie proste i sprzężenie zwrotne                                                                                  | 200 |
| 7.5. Ogólny schemat sterowania ruchem ze sprzężeniami prostym i zwrotnym według N.A. Bernsteina w modyfikacji L.W. Czchaidze | 202 |
| 7.5.1. Struktura układu programowania i sterowania ruchami przez człowieka                                                   | 202 |
| 7.5.2. Częstotliwość bodźców i czas obiegu informacji                                                                        | 206 |
| 7.5.3. Podział ruchów dowolnych na krótko i długo trwające                                                                   | 207 |

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.6. Sterowanie współdziałaniem mięśni w stawie o jednym stopniu swobody                                              | 208 |
| 7.7. Inny przykład sterowania w pętli zamkniętej (ze sprzężeniem zwrotnym); sterowanie ruchem łańcucha kinematycznego | 210 |
| 7.8. Utrzymanie pozycji stojącej ciała jako szczególny przykład sterowania ze sprzężeniem zwrotnym                    | 213 |
| 7.9. Próba definicji koordynacji ruchów i przesłanki jej pomiaru                                                      | 217 |
| <b>Literatura</b>                                                                                                     | 221 |
| <b>Aneks</b>                                                                                                          | 227 |
| A. Wybrane zagadnienia z podstaw mechaniki                                                                            | 227 |
| B. Kierunki ruchów segmentów ciała w stawach                                                                          | 234 |
| C. Wybrane osie stawów lub punkty antropometryczne wyznaczające długość części ciała                                  | 235 |
| D. Alfabet grecki                                                                                                     | 236 |
| <b>Indeks rzeczowy</b>                                                                                                | 237 |
| <b>Stosowane skróty</b>                                                                                               | 240 |