

WŁODZIMIERZ S. ERDMANN

**INŻYNIERIA
REHABILITACJI
RUCHOWEJ**

ZARYS

Gdańsk 2016

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Janusz T. Cieśliński

RECENZENT
Wiktor Sieklicki

REDAKCJA JĘZYKOWA
Agnieszka Frankiewicz

PROJEKT OKŁADKI
Włodzimierz S. Erdmann

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<http://www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog>
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2016

ISBN 978-83-7348-655-3

SPIS TREŚCI

OD AUTORA	7
1. KINEZJOLOGIA CZŁOWIEKA	9
1.1. ISTOTA KINEZJOLOGII	9
1.2. SYSTEMATYKA RUCHU	10
1.2.1. Poziomy obserwacji	10
1.2.2. Przegląd ruchu związanego z człowiekiem	10
1.2.2.1. Ruch kwantowy	10
1.2.2.2. Ruch atomowy	11
1.2.2.3. Ruch molekularny	12
1.2.2.4. Ruch organelli komórkowych	13
1.2.2.5. Ruch komórek	13
1.2.2.6. Ruch tkanek	14
1.2.2.7. Ruch narządów	15
1.2.2.8. Ruch układów	16
1.2.2.9. Ruch części ciała	17
1.2.2.10. Ruch całego ciała	19
1.2.2.11. Ruch dwóch osób	20
1.2.2.12. Ruch grupy osób	21
1.2.2.13. Ruch tłumu	21
1.2.2.14. Ruch migracyjny ludności	22
1.2.2.15. Ruch człowieka w kosmosie	23
1.2.2.16. Ruch biotechniczny	24
1.2.3. Siły wykorzystywane do wykonania ruchu	24
1.2.3.1. Siły mięśniowe	24
1.2.3.2. Siły przyrody nieożywionej	25
1.2.3.3. Siły silnikowe	26
1.2.4. Środowisko ruchu człowieka	26
1.2.4.1. Środowisko ziemne	26
1.2.4.2. Środowisko wodne	27
1.2.4.3. Środowisko powietrzne	28
1.2.4.4. Środowisko kosmiczne	29
1.2.5. Ruchy naturalne, zasadnicze i interakcyjne	30
1.2.5.1. Ruchy naturalne i zasadnicze	30
1.2.5.2. Ruchy interakcyjne	31

1.3. ZARYS TEORII TRENINGU	33
1.3.1. Istota treningu	33
1.3.2. Rodzaje i treść treningu	34
1.3.3. Struktura czasowa treningu	34
1.3.4. Efekty treningu	35
1.3.5. Trening rehabilitacyjny	36
2. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA INŻYNIERII W ASPEKCIE	
MEDYCYNY	38
2.1. ISTOTA INŻYNIERII	38
2.1.1. Inżynieria podstawowa	38
2.1.2. Inżynieria medyczna	38
2.2. PROJEKTOWANIE PROCESU PRODUKCYJNEGO	40
2.3. BIOMATERIAŁY W MEDYCYNIE	43
2.4. PROCES KONSTRUKCJI ENDOPROTEZY	44
3. PROBLEMATYKA MEDYCZNA UKŁADU RUCHU	50
3.1. PATOLOGIA UKŁADU RUCHU	50
3.1.1. Wady	50
3.1.1.1. Wady genetyczne	50
3.1.1.2. Wady wrodzone	50
3.1.1.3. Wady nabyte	50
3.1.2. Choroby reumatyczne	52
3.1.3. Traumatologia układu ruchu	54
3.2. TERAPIA ORTOPEDYCZNA UKŁADU RUCHU	55
3.2.1. Wprowadzenie	55
3.2.2. Podstawowe problemy ortopedii	56
3.2.2.1. Ortopedia jako dział medycyny	56
3.2.2.2. Czynnościowe badanie układu ruchu	61
3.2.2.3. Metody leczenia	70
3.2.2.4. Metody leczenia ortopedycznego – wspomaganie	
inżynierskie	71
3.2.2.5. Zaopatrzenie ortopedyczne	81
4. INŻYNIERIA A REHABILITACJA RUCHOWA	100
4.1. PODSTAWY REHABILITACJI MEDYCZNEJ	100
4.1.1. Istota i dzieje rehabilitacji medycznej	100
4.1.1.1. Niepełnosprawność	100
4.1.1.2. Istota rehabilitacji medycznej	100
4.1.1.3. Historia rehabilitacji medycznej, zwłaszcza ruchowej	101
4.1.1.4. Rehabilitacja medyczna początku XXI wieku	105
4.1.1.5. Istota inżynierii rehabilitacji ruchowej	106
4.1.1.6. Związki rehabilitacji medycznej z kulturą cielesną	107
4.1.2. Diagnostyka w rehabilitacji medycznej	108
4.2. FIZJOTERAPIA	114
4.2.1. Istota fizjoterapii	114
4.2.2. Kinezyterapia	117

4.2.2.1. Wprowadzenie	117
4.2.2.2. Postępowanie kinezyterapeutyczne	119
4.2.3. Mechanoterapia	130
4.2.3.1. Masaż	130
4.2.3.2. Chiropraktyka i akupresura	132
4.2.3.3. Inne terapie mechaniczne	132
4.2.4. Fizykoterapia	133
4.2.4.1. Wprowadzenie	133
4.2.4.2. Elektroterapia	134
4.2.4.3. Fototerapia	135
4.2.4.4. Magnetoterapia	137
4.2.4.5. Sonoterapia	137
4.2.4.6. Termoterapia	138
4.2.4.7. Inne terapie fizykalne	140
4.2.5. Balneoterapia	141
4.3. TERAPIA ZAJĘCIOWA I ZAWODOWA	143
4.4. INŻYNIERIA ARCHITEKTONICZNA, LĄDOWA I TRANSPORTOWA A NIEPEŁNOSPRAWNI RUCHOWO	146
4.4.1. Wprowadzenie	146
4.4.2. Dostępność budynku dla niepełnosprawnych	146
4.4.3. Wyposażenie wnętrz budynków dla niepełnosprawnych	150
4.4.4. Inżynieria lądowa a niepełnosprawni	154
4.4.5. Inżynieria transportu a niepełnosprawni	157
4.5. MANIPULATORY I ROBOTY A NIEPEŁNOSPRAWNI	159
4.5.1. Manipulatory w rehabilitacji	159
4.5.2. Roboty w rehabilitacji	164
4.6. INŻYNIERIA REKREACJI I SPORTU NIEPEŁNOSPRAWNYCH	170
4.6.1. Inżynieria rekreacji niepełnosprawnych	170
4.6.2. Inżynieria sportu niepełnosprawnych	173
4.6.3. Sparaliżowana osoba ponownie chodzi	180
BIBLIOGRAFIA	183
INDEKS POJĘĆ	193
STRESZCZENIE, ABSTRACT	199

OD AUTORA

Probleмами biomechaniki inżynierskiej oraz inżynierii rehabilitacji zajmował się w Polsce od 1961 roku interdyscyplinarny zespół naukowy z Politechniki Warszawskiej, którym przez wiele lat kierował profesor Adam Morecki (1929–2001). W jednym z opracowań podsumował on ćwierć wieku prac następująco [Morecki 1987]:

- „Lista głównych osiągniętych nowych rezultatów w tym okresie czasu jest następująca:
- modele matematyczne izolowanych mięśni z podstawowymi charakterystykami;
 - matematyczne modele współpracy mięśniowej w warunkach statycznych i dynamicznych kończyny górnej człowieka;
 - statyczne i dynamiczne modele dotyczące problemów lokomocji dwu- i czteronożnej;
 - projektowanie i sterowanie antropomorficznych, bionicznych i tzw. ożywionych manipulatorów dla wspomagania lub zastępowania utraconych funkcji kończyn górnych człowieka”.

Również w warszawskim Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej Polskiej Akademii Nauk rozwijano zagadnienia inżynierii rehabilitacji. Zajmował się tym m.in. Jerzy Pustoła, który opracowywał techniczne urządzenia wspomagania funkcji ruchowych inwalidów [Pustoła 1990a].

Wiele innych ośrodków – Białystok, Gliwice, Konstancin k. Warszawy, Kraków, Racibórz, Wrocław, Zielona Góra – zajmowało się inżynierią ortopedyczną, który to obszar nauki i techniki pokrywa się częściowo z problematyką inżynierii rehabilitacji ruchowej.

Zatem w dotychczasowych opracowaniach inżynieria rehabilitacji ruchowej często współistniała z inżynierią ortopedyczną. Pod koniec XX wieku ukazała się kilkutomowa monografia *Problemy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej*. Jej tom V – *Biomechanika* [Morecki i Ramotowski – red. 1990] – zawierał rozdział *Biomechanika medyczna i inżynieria rehabilitacyjna*, w którym można było znaleźć omówienie wielu zagadnień poświęconych inżynierii ortopedycznej i rehabilitacyjnej. Z kolei na początku XXI wieku ukazała się wielotomowa monografia *Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000*. Tom V był zatytułowany *Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna* [Będziński i wsp. – red. 2004]. Opracowanie to dotyczyło jednak przede wszystkim inżynierii ortopedycznej, w mniejszym zaś stopniu inżynierii rehabilitacyjnej.

Autor niniejszego opracowania od wielu lat jest związany z inżynierią rehabilitacji – z jednej strony poprzez studia uzupełniające na kierunku *budowa maszyn* na Politechnice Gdańskiej, poprzez prowadzenie zajęć ze studentami Politechniki Gdańskiej na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki na kierunku *inżynieria biomedyczna* – na pierwszym stopniu studiów (przedmiot *biomechanika*) i na drugim stopniu studiów (przedmiot *inżynieria rehabilitacji ruchowej*), dalej poprzez prowadzenie zajęć w Akademii Wycho-

wania Fizycznego i Sportu w Gdańsku na kierunku *fizjoterapia* – na pierwszym stopniu studiów (przedmiot *biomechanika*) i na drugim stopniu studiów (przedmiot *inżynieria biomedyczna*), wreszcie poprzez prowadzenie na kierunku *wychowanie fizyczne* przedmiotu *inżynieria sportu* początkowo w Wyższej Szkole Wychowania Fizycznego i Turystyki (obecnie: Europejska Szkoła Wyższa) w Sopocie, a następnie w Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku na Wydziale Wychowania Fizycznego. Z drugiej strony autor jest związany z rehabilitacją poprzez edukację w tym obszarze nauki na swoich studiach na kierunku *wychowanie fizyczne*, poprzez zdobywanie wiedzy z biomechaniki medycznej, poprzez prowadzenie doktorantów, m.in. z ortopedii i fizjoterapii, a także poprzez częste rozmowy z małżonką Alicją, absolwentką kierunku *rehabilitacja i rekreacja ruchowa* (obecnie kierunek ten nazywa się *fizjoterapia*), która posiada duży zbiór publikacji z zakresu rehabilitacji, przydatnych autorowi niniejszego podręcznika podczas jego opracowania.

W obszarze rehabilitacji ruchowej podejście do osoby niepełnosprawnej – pacjenta, inwalidy, osoby niedołążnej, starszej – jest stale poszerzane i ulepszane. Dotyczy to zwłaszcza zagadnień opartych na nowej wiedzy o ciele człowieka czy zastosowania coraz lepszych urządzeń, zwłaszcza manipulatorów i robotów. Zaleca się czytelnikom – studentom, nauczycielom, osobom niepełnosprawnym – stałe dokształcanie się w powyższej dziedzinie. Każdy miesiąc przynosi nowsze, bardziej przyjazne rozwiązania, zwłaszcza w aspektach robotyki czy sportu inwalidzkiego.

Inżynieria rehabilitacji ruchowej jest bardzo wdzięcznym tematem dla osób podejmujących działania na rzecz osób niepełnosprawnych. Emocje, jakie towarzyszą fizjoterapeutom, gdy pacjent, który był „przykuty” do łóżka, nie mógł wykonać podstawowych czynności wokół siebie, a po wielu miesiącach ćwiczeń kinezyterapeutycznych i zabiegów fizykoterapeutycznych zaczyna – między innymi za sprawą inżynierii rehabilitacyjnej – siadać, wstawać, a później chodzić, są bardzo duże. Nierzadko towarzyszą im nawet łzy.

Autor życzy pracownikom rehabilitacji medycznej przeżycia powyższych emocji, również dzięki wsparciu wielu urządzeń inżynierii rehabilitacji ruchowej.

Podręcznik *Inżynieria rehabilitacji ruchowej* został opracowany na prośbę inicjatora kierunku *inżynieria biomedyczna* na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej, profesora Antoniego Nowakowskiego. Autor dziękuje profesorowi, bez którego inicjatywy ten podręcznik, będący opracowaniem niespotykanym w dotychczasowej literaturze, zapewne by nie powstał.

Włodzimierz Stefan Erdmann