

ZARYS FIZJOLOGII WYSIŁKU FIZYCZNEGO

Podręcznik dla studentów

Pod redakcją

dr n. med. **Bożeny Czarkowskiej-Pączek**
prof. dr. hab. n. med. **Jacka Przybylskiego**



Wydawnictwo Medyczne
Urban & Partner

Spis treści

Przedmowa	IX
Autorzy	X
1. Budowa i podstawowe właściwości mięśni poprzecznie prążkowanych szkieletowych (<i>Bożena Czarkowska-Pączek, Marek Kujawa</i>)	1
1.1 Budowa mięśnia poprzecznie prążkowanego szkieletowego	1
1.2 Mechanizm skurczu mięśnia poprzecznie prążkowanego szkieletowego	6
1.3 Rodzaje włókien mięśniowych	7
1.4 Rodzaje skurczów mięśni	8
1.5 Czynniki wpływające na siłę skurczu mięśnia	9
1.6 Przerost i regeneracja mięśnia poprzecznie prążkowanego szkieletowego	10
2. Procesy energetyczne zachodzące w organizmie w czasie wysiłku fizycznego (<i>Bożena Czarkowska-Pączek, Jacek Przybylski</i>)	13
2.1 Regeneracja ATP w mięśniach szkieletowych	13
Glikoliza beztlenowa	14
Przemiany tlenowe	17
2.2 Wykorzystanie substratów energetycznych w zależności od typu wysiłku fizycznego	18
3. Wydolność fizyczna organizmu (<i>Bożena Czarkowska-Pączek, Tomasz Gabryś</i>)	23
3.1 Definicja wydolności fizycznej i czynniki ją określające	23
Pułap tlenowy	24
Próg mleczanowy	25
Wskaźnik PWC ₁₇₀ (<i>physical work capacity</i>)	26
Moc maksymalna	26
Tolerancja wysiłkowa	27
3.2 Metody pomiaru wydolności fizycznej i tolerancji wysiłkowej	28
Próby wysiłkowe	28
Metody pomiaru wydolności fizycznej	30
Pomiar maksymalnego poboru tlenu przez organizm	30
Oznaczanie progu mleczanowego	33
Wyznaczanie PWC ₁₇₀ , PWC ₁₅₀ lub PWC ₁₃₀	33
Wyznaczanie maksymalnej siły izometrycznej i mocy maksymalnej	34
Ocena tolerancji wysiłkowej	34
3.3 Czynniki wpływające na wydolność fizyczną	35
Czynniki warunkujące transport tlenu i metabolizm tkankowy	35
Wiek	36
Sarkopenia	36
Okres dzieciństwa i młodości	38

4. Wpływ wysiłku fizycznego na mięśnie poprzecznie prążkowane (<i>Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	41
4.1 Zmęczenie mięśni	41
4.2 Mechanizmy prowadzące do uszkodzenia mięśni w czasie wysiłku fizycznego	44
4.3 Bolesność mięśni związana z wysiłkiem fizycznym	47
Ból mięśni w czasie wysiłku fizycznego	47
Zespół opóźnionej bolesności mięśni po wysiłku fizycznym (<i>DOMS, delayed onset muscle soreness</i>)	47
4.4 Adaptacja do wysiłku fizycznego	48
Przerost mięśni poprzecznie prążkowanych pod wpływem wysiłku fizycznego	48
Adaptacja mięśni poprzecznie prążkowanych do powtórnej serii ćwiczeń o typie ekscentrycznym (<i>repeated bout effect</i>)	50
5. Czynnościowa adaptacja układu krążenia do wysiłku fizycznego (<i>Jacek Przybylski, Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	53
5.1 Czynniki decydujące o wielkości powrotu żylnego	53
5.2 Mechanizmy odpowiedzialne za przekrwienie czynnościowe w pracujących mięśniach szkieletowych	56
5.3 Mechanizmy determinujące wzrost przepływu krwi przez mięśnie w warunkach wysiłku dynamicznego. Podsumowanie	59
5.4 Morfologiczna adaptacja do powtarzanego wysiłku fizycznego	60
Przerost mięśnia sercowego	60
Wzrost gęstości naczyń mikrokrążenia	62
6. Reakcja układu oddechowego na wysiłek fizyczny (<i>Bożena Czarkowska-Pączek, Jacek Przybylski</i>)	63
6.1 Wentylacja	63
Ekonomika wentylacji podczas wysiłku fizycznego	66
6.2 Dyfuzja	68
6.3 Transport tlenu	69
Manewr Valsalvy	70
6.4 Mechanizmy odpowiedzialne za oddychanie podczas wysiłku fizycznego	70
6.5 Czynniki ograniczające wydolność fizyczną i czas trwania wysiłku fizycznego zależne od układu oddechowego	73
6.6 Wpływ treningu wytrzymałościowego na funkcjonowanie układu oddechowego	75
7. Reakcja układu hormonalnego człowieka na wysiłek fizyczny (<i>Bożena Czarkowska-Pączek, Bartosz Foroniewicz, Krzysztof Mucha</i>)	77
7.1 Hormon wzrostu	77
Wpływ wysiłku fizycznego o typie wytrzymałościowym na stężenie hormonu wzrostu w surowicy	78
Wpływ wysiłku fizycznego o typie siłowym na stężenie hormonu wzrostu w surowicy	79
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie IGF-1 w surowicy	79
7.2 Androgeny	80
Wpływ wysiłku fizycznego o typie wytrzymałościowym na stężenie testosteronu w surowicy	80

Wpływ wysiłku fizycznego o typie siłowym na stężenie testosteronu w surowicy	81
Wpływ wysiłku fizycznego o typie wytrzymałościowym na stężenie DHEA/DHEAS w surowicy	81
Wpływ wysiłku fizycznego o typie siłowym na stężenie DHEA/DHEAS w surowicy	82
7.3 Żeńskie hormony płciowe	82
Wpływ wysiłku fizycznego o typie wytrzymałościowym na stężenie estrogenów w surowicy krwi u kobiet	82
Wpływ wysiłku fizycznego o typie siłowym na stężenie estrogenów w surowicy krwi u kobiet	83
7.4 Glikokortykosteroidy kory nadnerczy. Hormon adrenokortykotropowy przysadki	83
Wpływ wysiłku fizycznego o typie wytrzymałościowym na stężenie kortyzolu w surowicy krwi	84
Wpływ wysiłku fizycznego o typie siłowym na stężenie kortyzolu w surowicy krwi	84
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie ACTH w surowicy krwi	84
7.5 Adypokiny	84
Wpływ jednorazowego wysiłku fizycznego na stężenie leptyny w surowicy krwi	85
Wpływ treningu na stężenie leptyny we krwi	86
7.6 Hormony wydzielane przez trzustkę	86
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie insuliny w surowicy krwi	87
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie glukagonu w surowicy krwi	87
7.7 Katecholaminy	87
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie amin katecholowych we krwi	88
Metabolizm glukozy w czasie wysiłków fizycznych jako efekt współdziałania insuliny, glukagonu i amin katecholowych	89
7.8 Peptydy opioidowe	89
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenia peptydów opioidowych we krwi	89
7.9 Układ renina-angiotensyna-aldosteron (RAA). Hormon antydiuretyczny (ADH)	90
Wpływ wysiłku fizycznego na układ renina-angiotensyna-aldosteron	90
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie ADH w surowicy	91
7.10 Przdionkowe peptydy natriuretyczne (ANP)	91
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie ANP w surowicy krwi	92
7.11 Hormony tarczycy	92
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie hormonów tarczycy w surowicy krwi	92
7.12 Erytropoetyna (Epo)	93
8. Procesy termoregulacyjne podczas wysiłku fizycznego	
<i>(Bożena Czarkowska-Pączek, Krzysztof Mucha, Bartosz Foroniewicz)</i>	95
8.1 Wysiłek fizyczny w wysokiej temperaturze i wilgotności otoczenia	99
8.2 Aklimatyzacja do wysokiej temperatury	102
8.3 Znaczenie rozgrzewki przed wysiłkiem fizycznym	102

9. Wpływ wysiłku fizycznego na wybrane narządy organizmu człowieka (<i>Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	105
9.1 Wpływ wysiłku fizycznego na układ nerwowy	105
9.2 Wpływ wysiłku fizycznego na elementy morfotyczne krwi i skład osocza	107
Wpływ wysiłku fizycznego na objętość osocza	107
Wpływ wysiłku fizycznego na elementy morfotyczne krwi	109
Wpływ wysiłku fizycznego na stężenie lipoprotein w surowicy krwi	112
9.3 Wpływ wysiłku fizycznego na czynność nerek i równowagę kwasowo-zasadową	114
9.4 Wpływ wysiłku fizycznego na tkankę kostną	119
9.5 Wpływ wysiłku fizycznego na układ pokarmowy	121
Wpływ wysiłku fizycznego na funkcjonowanie przewodu pokarmowego	121
Wpływ wysiłku fizycznego na występowanie i przebieg niektórych chorób przewodu pokarmowego	123
10. Wysiłek fizyczny jako model reakcji zapalnej (<i>Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	127
10.1 Układ immunologiczny człowieka	127
Cytokiny	129
10.2 Reakcja zapalna	130
10.3 Wpływ wysiłku fizycznego na wytwarzanie cytokin	132
Cytokiny prozapalne	132
Cytokiny przeciwzapalne	134
11. Fizjologiczne podstawy treningu sportowego (<i>Tomasz Gabryś, Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	139
11.1 Podstawowe pojęcia oraz struktura treningu sportowego	139
Trening sportowy – definicja i pojęcia	139
Struktura treningu sportowego	139
Fazy szkolenia sportowego	139
Metody treningowe	140
Środki treningowe	146
Adaptacja wysiłkowa – podstawowy wskaźnik efektywności treningu sportowego	147
Specyfika dyscypliny sportu a kierunek adaptacji do wysiłku fizycznego	149
11.2 Wpływ treningu na wydolność fizyczną człowieka	151
Wydolność beztlenowa	151
Wydolność tlenowa	153
11.3 Roztrenowanie i hipokinezja	155
12. Repetytorium z fizjologii wysiłku fizycznego (<i>Bożena Czarkowska-Pączek</i>)	159
12.1 Pytania testowe	159
12.2 Karta odpowiedzi	166
Skorowidz	167

Przedmowa

Książka „Zarys fizjologii wysiłku fizycznego” jest napisana przez lekarzy, którzy na co dzień prowadzą zajęcia z fizjologii wysiłku fizycznego na Akademii Medycznej w Warszawie. Przeznaczona jest przede wszystkim dla studentów kierunku fizjoterapia realizowanego na uczelniach różnego typu, a także jako lektura uzupełniająca dla studentów innych kierunków wyższych szkół medycznych oraz akademii wychowania fizycznego.

Rehabilitacja nie ogranicza się do leczenia schorzeń narządu ruchu, ale stanowi także bardzo ważny element terapii w wielu chorobach układu krążenia, oddechowego, nerwowego, a także metabolicznych. Dlatego też wiadomości zawarte w tej książce mogą stanowić cenne uzupełnienie wiedzy niezbędnej zarówno dla fizjoterapeutów, jak i dla pielęgniarzek i lekarzy.

W książce położono szczególny nacisk na przedstawienie podstawowych pojęć i zagadnień dotyczących funkcjonowania narządów i układów organizmu człowieka w trakcie wysiłku fizycznego. Omówiono procesy energetyczne, których aktywacja ma miejsce w czasie pracy mięśniowej. Jednocześnie szczegółowo omówiono zagadnienia, takie jak sarkopenia, zespół opóźnionej bolesności powysiłkowej czy systemowe oddziaływanie wysiłku fizycznego na organizm człowieka w wyniku powysiłkowego wzrostu poziomów niektórych cytokin. Zjawiska te nie są dotychczas w pełni wyjaśnione, a ponieważ stanowią istotny problem zarówno w odniesieniu do sportu wyczynowego, jak i aktywności fizycznej w rehabilitacji i codziennym życiu, nadal stanowią przedmiot intensywnych badań doświadczalnych.

Poszczególne rozdziały podręcznika, obok omówionej wiedzy podstawowej, zawierają najnowsze osiągnięcia opisane w literaturze fachowej.

W końcowej części publikacji dołączono także zestaw pytań testowych, których rozwiązanie pozwoli ocenić czytelnikowi stopień opanowania wiadomości z zakresu fizjologii wysiłku fizycznego.

Będziemy wdzięczni za wszystkie uwagi krytyczne i komentarze.

Autorzy

Autorzy

dr n. med. Bożena Czarkowska-Pączek

Zakład Biofizyki i Fizjologii Człowieka Akademii Medycznej w Warszawie

dr n. med. Bartosz Foroniewicz

Klinika Immunologii, Transplantologii i Chorób Wewnętrznych, Instytut Transplantologii
Akademii Medycznej w Warszawie

dr hab., prof. nadzw. Tomasz Gabrys

Zakład Lekkiej Atletyki Instytutu Sportu, Akademii Wychowania Fizycznego
im. J. Piłsudskiego w Warszawie

dr n. med. Marek Kujawa

Katedra i Zakład Histologii i Embriologii Akademii Medycznej
w Warszawie

dr n. med. Krzysztof Mucha

Klinika Immunologii, Transplantologii i Chorób Wewnętrznych, Instytut Transplantologii
Akademii Medycznej w Warszawie

prof. dr hab. n. med. Jacek Przybylski

Zakład Biofizyki i Fizjologii Człowieka Akademii Medycznej w Warszawie