



Odnowa biologiczna,  
ból mięśniowy  
i przemęczenie w procesie  
treningu sportowego



## Spis treści

Odnowa biologiczna, ból mięśniowy i przemęczenie w procesie treningu sportowego.....	5
Przetrenowanie .....	9
Zespół opóźnionej bolesności mięśni – DOMS.....	10
Charakterystyka odnowy biologicznej w sporcie .....	13
Charakterystyka fizykalnych metod drenażu limfatycznego (FMLL) stosowanych jako metody natychmiastowego leczenia po urazie (masaży -drenaż limfatyczny, deep oscillation, body flow) .....	15
Powiązanie .....	26

## Odnowa biologiczna, ból mięśniowy i przemęczenie w procesie treningu sportowego

---

Jedną z podstawowych zalet badania sportu i nauk o wychowaniu fizycznym jest fakt, że mamy do czynienia ze zjawiskami występującymi w realnym życiu, a zmęczenie mięśniowe jest doświadczane przez każdego z nas. Znany badacz tego zjawiska, prof. R. Enoka, zwykł mówić: „im więcej uczę się o zmęczeniu, tym mniej wiem” [1]. Większość badań poświęconych zmęczeniu jest według Enoki zbyt ograniczona, ale dotyczy się tak głównie dlatego, że nadal brak jest konsensusu co do znaczenia samego pojęcia „zmęczenie”. Jeśli przyjmie się, że zmęczenie jest objawem upadającej funkcji człowieka, to badania nad nim muszą obejmować jak najszerszy zakres występowania tego zjawiska, by ukazać całą różnorodność aspektów mogących przyczynić się do jego powstania i rozwoju. Doświadczenie takiego zjawiska badawczego zaobserwowałoby jednakoż od docelowej populacji. Należy podkreślić, idąc dalej za zaleceniami Enoki, że badaniami nad zmęczeniem muszą zająć się eksperci zarówno fizjologii, jak i psychologii (śpieni).

Historia badań nad zmęczeniem sięga 1891 roku, kiedy włoski fizjolog Angello Mozo wydał pierwszą naukową publikację zatytułowaną *Lo Fatica*, w 1904 roku przetłumaczoną na język angielski i w tej wersji opublikowaną jako *Fatigue* [2]. Najbardziej tradycyjnym podziałem zmęczenia jest podział na zmęczenie lokalne i ogólnoustrojowe [3]. Biorąc pod uwagę tematykę niniejszego opracowania, należy poświęcić się szczególnie o zmęczeniu lokalnym. Mówi, jak określają to R. Enoka i J. Duchateau [4], objawia się przede wszystkim w zmniejszeniu siły maksymalnej i mocy mięśni wykonujących czynność ruchową. Zachodzące zmiany w tego typu zmęczeniu mają charakter lokalny (zmęczenie odwodowe), obejmując głównie mięśnie zaangażowane w wysiłek fizyczny. Bardzo szybko dochodzi wówczas do wyczerpania zapasów wysokoenergetycznych, tj. ATP, fosfokreatyny i glikogenu, oraz do tzw. zakwaszenia wnętrza komórki mięśniowej [5]. R. Edwards [5] zaproponował definicję zmęczenia jako „brak możliwości kontynuowania wysiłku fizycznego o wymaganym obciążeniu”. Zgodnie z zaleceniami amerykańskiego National Heart, Lung, and Blood Institute w 1990 roku do definicji tej dodano: „Attes cois się w czasie odnowy biologicznej” [3]. W tym zakresie zmęczenie stanowi fizjologiczną reakcję organizmu opisywaną jako mechanizm obronny przed uszkodzeniem struktur mięśniowych. Z takimi objawami mamy do czynienia przy przedłużającym się wysiłku lub przy zwiększeniu obciąż-

**Wskazanie na białe  
nad zmęczeniem**

żeń, zwłaszcza ekscentrycznymi skurczami, które doprowadzają do zjawiska DOMS. Z. Strygula i W. Górecki [8] podają, że zmęczenie można definiować jako „projekcyjny stan naruszenia wewnętrznej równowagi funkcjonalnej narządu lub ustroju w następstwie wykonania pracy fizycznej [...] Im cięższy jest wysiłek, tym bardziej zaburza się homeostaza. Zaburzenia te pojawiają się szybciej u osób niewytrenowanych oraz przy nieprzyjających warunkach termicznych otoczenia”.

#### Podział zmęczenia

Niektórzy badacze [7] dzielą zmęczenie w zależności od rodzaju wysiłku, który je wywołuje, na:

- zmęczenie powstałe w wyniku wysiłku kardiorespiracyjnego o dużej intensywności. Najczęściej za przyczynę zmęczenia uważa się w tym przypadku gromadzenie się kwasu mlekowego i związane z tym spadki pH spowodowany przez jony  $H^+$ . Akumulacja jonów wodoru nie tylko zakwasza komórkę mięśniową, ale także hamuje proces glikolizy i glikogenolizy. Najnowsze badania wykazują jednak, że kwas mlekowy nie stanowi czynnika wywołującego zmęczenie, a na pewno nie jest jedynym takim czynnikiem. Wzrost poziomu nieorganicznego fosforanu ( $P_i$ ) oraz zmniejszenie stężenia fosfokreatyny ( $P_C$ ) są dodatkowymi czynnikami związanymi ze zmęczeniem w tego rodzaju wysiłku. Mimo że kwas mlekowy uznawany jest za ważny produkt wysiłku fizycznego, to jednak próg mleczanowy nadal jest nieadekwatnym i klinicznie wykorzystywanym wskaźnikiem wydolności sercowej. Zespół objawów ostreych opisany został jako pochodna nagromadzenia się produktów ubocznych metabolizmu wysiłkowego. W zależności od intensywności wysiłku trwa on od kilkudziesięciu minut do kilku godzin i chociaż jego etiologia nadal pozostaje nieznana, większość badaczy skłania się ku teorii związanej z gromadzeniem się metabolitów. Cennych informacji w tej kwestii dostarczyły badania [9], podczas których analizowano względne stężenia szereg metabolitów w mięśniach podudzia u osób wytrenowanych i niewytrenowanych oraz palących. Analizowane metabolity to lipidy wewnątrzkomórkowe (IMCL), lipidy zewnątrzkomórkowe (EMCL), karbonyla (CO), kreatyna (Cr), kompleks trimetylaminy (TMA), glukoza (Gl), leucyna (Leu), mleczan (Lac). Analizy dokonano metodą protonowej spektroskopii, a istotne statystyczne różnice pojawiły się dopiero w podgrupach opisanych wyżej. W obrębie całej grupy wytrenowanej, po zastosowaniu testu zmęczeniowego o czasie około 20 minut (chodzenie na stepperze do subiektywnego uczucia zmęczenia, w średnim czasie 22,31 minuty), nie obserwowano istotnych statystycznie różnic we względnych stężeniu metabolitów przed wysiłkiem i po wysiłku dla mięśnia pierszowego przedniego i dla mięśnia płaszczkowatego. Przeprowadzone badania porównano z innymi badaniami – karłowaty one jedynie w zakresie