

Uprawianie tzw. sportów siłowych wymaga rozwijania dyspozycji siłowych zawodników. Aby trening siłowy był skuteczny, muszą być respektowane jego zasady i spełnione odpowiednie warunki.

Krzysztof Mizera

Niektóre czynniki wpływające na skuteczność ćwiczeń siłowych

Wstęp

Siła mięśniowa jest czynnikiem decydującym o poziomie osiągnięć w różnych dyscyplinach sportu, nie tylko w „sportach siłowych”, takich jak podnoszenie ciężarów, trójbój siłowy, kulturystyka, czy *fitness sylwetkowe*, *strongman* lub *armwrestling*. Niemale znaczenie odgrywa także w sportach walki, niektórych konkurencjach lekkoatletyki, gimnastyce i grach zespołowych.

Z Instytutu Kultury Fizycznej Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie.

Przygotowanie siłowe stało się trwałym elementem programu treningu wielu grup zawodników. Poprzez stosowanie odpowiednich ćwiczeń ze sprzętem siłowym rozwija się siłę i wytrzymałość mięśni, a także ścięgien i więzadeł, które wskutek przeciążeń często ulegają uszkodzeniom (kontuzje tych elementów aparatu ruchu u sportowców należą do najczęstszych).

Skuteczność treningu siłowego zależy od wielu czynników. Na pierwszym miejscu wymienia się **predyspozycje genetyczne** zawodników (struktura włókien mięśni szkieletowych, podatność

na bodźce treningowe, tzw. *responders*). Równie ważną rolę odgrywają **metodyka treningu** oraz czynniki pozatreningowe – **odnowa potreningowa i odżywianie**.

Podstawowe ćwiczenia wpływające na rozwój dyspozycji siłowych

Praca mięśni jest rezultatem współdziałania centralnego układu nerwowego i układu ruchu. Jej zewnętrznym wyrazem jest rozwijana siła. Siła mięśniowa lub, ściślej, **sprawność siłowa człowieka** – to zdolność do nadawania przyspieszeń, pokonywania oporu zewnętrznego lub przeciwstawiania się mu, realizowana kosztem wysiłku mięśni (22, 29).

Wzrost siły mięśni, w sposób względnie ciągły, obserwuje się wraz z wiekiem. Jej płciowe zróżnicowanie, w przedziale wiekowym 5-13 lat niewielkie, w kolejnych latach życia staje się bardziej widoczne. U dziewcząt siła mięśniowa wzrasta do około 14. roku życia, zaś u chłopców do 18. (52). Rozwój siły można stymulować już od 7. roku życia, za pomocą gier i zabaw ruchowych o charakterze siłowym z wykorzystaniem ciężaru własnego ciała lub oporu współćwiczącego (44, 45). Dla dzieci w tym wieku niewskazane, czy wręcz niedopuszczalne, są ćwiczenia ze sztangą lub innym tego rodzaju ciężkim sprzętem, nie mówiąc o współzawodnictwie. Kiedy nie są jeszcze zakończone procesy kostnienia, łatwo można spowodować zahamowanie rozwoju kości długich i doprowadzić do zniekształcenia ich nasad (48).

Ćwiczenia siłowe mają ogromne znaczenie u nastolatków. Badania **Faigen-**

bauma i wsp. potwierdzają, że racjonalny trening siłowy z niewielkim obciążeniem i najlepiej przy użyciu maszyn może wpłynąć na poprawę sprawności układu mięśniowego i sercowo-naczyniowego u chłopców w wieku dojrzewania (15).

Zasadniczym celem ćwiczeń siłowych jest zwiększenie **siły mięśni** oraz ich **masy** (*hipertrofia*). Podstawowymi ćwiczeniami angażującymi duże grupy mięśni są: *przysiady ze sztangą* i *martwy ciąg*, a w przypadku grup mięśni o średniej wielkości: *wyciskanie oburącz sztangi w leżeniu* lub *w staniu* i inne. Dwa pierwsze ćwiczenia angażują przede wszystkim prostowniki grzbietu, które odpowiadają m.in. za utrzymanie prawidłowej postawy ciała (38). Przysiady ze sztangą rozwijają również siłę i masę prostowników ud. Wyciskanie sztangi leżąc stymuluje pracę mięśni obręczy barkowej i mięśni piersiowych.

Hamlyn i wsp. (26) badali zaangażowanie poszczególnych mięśni tułowia podczas wykonywania przysiadu ze sztangą i martwego ciągu. Zapisy EMG wskazały, że zaangażowanie części lędźwiowo-krzyżowej mięśni prostowników grzbietu (*lumbar-sacral erector spinae* – LSES) podczas wykonania 1 przysiadu z 80% 1 RM (*repetition maximum*) przewyższyło zaangażowanie tych mięśni podczas wykonywania 1 powtórzenia martwego ciągu (80% 1 RM) o 34,5%. Ponadto zaangażowanie LSES podczas wykonania przysiadu i martwego ciągu z obciążeniem równym masie własnego ciała wynosiło odpowiednio 56 i 56,6%. Podczas wykonania 1 powtórzenia martwego ciągu z obciążeniem 80% 1 RM zaangażowanie górnego odcinka lędź-

wiowego mięśni prostowników grzbietu (*upper lumbar erector spinae* – ULES) było większe o 12,9% niż podczas wykonania przysiadu z obciążeniem 80% 1 RM. Zaangażowanie ULES podczas wykonania przysiadu i martwego ciągu z obciążeniem własnego ciała wynosiło odpowiednio: 66,7 i 65,5%. Nie zauważono znaczących zmian w pracy mięśni skośnych brzucha (*external obliques*) oraz dolnych części mięśni brzucha (*lower abdominals*) podczas tych ćwiczeń.

Jednak, aby trening siłowy wpłynął na wzrost siły i masy mięśniowej, ćwiczenia muszą być wykonywane z odpowiednią intensywnością. Fry (18) podaje, że *hipertrofia* mięśni pojawia się przy obciążeniu równym 18-35% 1 RM.

Czynniki determinujące wzrost siły i masy mięśniowej

Istotnym czynnikiem warunkującym zmiany siły jest **temperatura mięśni**. Badania wykazały, że napięcie mięśni zmniejsza się wraz z obniżaniem ich temperatury (5). Przy spadku temperatury w mięśniu piszczelowym przednim (*tibialis interior*) z 37°C do 33°C jego napięcie obniżyło się o 20% (7). W mięśniu przywodziciela kciuka (*adductor pollicis*) napięcie zmniejszyło się o 50% wraz z obniżeniem jego temperatury z 36°C do 20°C (43). Z kolei w mięśniu trójgłowym ramienia (*triceps brachi*) napięcie obniżyło się o 30% wraz ze spadkiem temperatury mięśnia z 36°C do 28°C.

Aby mięśnie osiągnęły odpowiednią temperaturę, tj. 39°C (34), przed przy-

stąpieniem do ćwiczeń siłowych należy zastosować **rozgrzewkę**. Ma ona bardzo istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania aparatu ruchu. Poprawia bowiem krążenie krwi oraz przygotowuje całe ciało do większego wysiłku (28). Prawidłowo przeprowadzona rozgrzewka nie tylko minimalizuje ryzyko kontuzji podczas treningu, ale znacząco zwiększa efektywność ćwiczeń w jego głównej części. Jednakże, aby była ona skuteczna, powinna być przeprowadzana nie tylko w formie statycznej, jak to ma często miejsce, ale przede wszystkim w dynamicznej. **Kokkonen i wsp.** (32) zaobserwowali pogorszenie zdolności siłowych po rozciąganiu statycznym podczas rozgrzewki. W związku z powyższym zasadne wydaje się przeprowadzenie rozgrzewki w formie dynamicznej (np. trucht, szybki marsz, wymachy, przysiady itp.), zaś dopiero w kolejnym etapie zastosowanie rozciągania, tzw. *stretchingu*.

W celu pobudzenia organizmu przed ćwiczeniami siłowymi stosowane są **egzogenne środki farmakologiczne** lub **spożywcze** (np. kofeina), które aktywizują poszczególne układy organizmu. **Astorino i wsp.** (1) wykazali, że przyjmowanie przez sportowców kofeiny (6 mg/kg) na godzinę przed przystąpieniem do ćwiczeń siłowych powoduje istotny wzrost ($P < 0,05$) tętna oraz podnosi poziom skurczowego ciśnienia krwi (o 8-10 mm Hg), co przyczynia się do wzmożenia metabolizmu oraz pobudzenia ustroju. To zaś przekłada się na większą efektywność treningu siłowego oraz ogranicza zmęczenie mięśni szkieletowych, spowodowane intensywnym

treningiem. Warto dodać, iż w jednej filiżance kawy znajduje się przeciętnie od 75 do 125 mg kofeiny.

Siła mięśniowa uzależniona jest też od **przekroju poprzecznego** oraz **proporcji włókien mięśniowych**. Lepsze rezultaty osiąga osoba mająca przewagę szybko-kurczliwych włókien mięśniowych nad wolnokurczliwymi. Badania dowodzą, że stosunek włókien typu II do I w mięśni naramiennym u ciężarowców wynosi 47% do 53%, u kajakarzy odpowiednio 29% do 71%, a u pływaków 33% do 67% (54). Największe możliwości generowania dużej siły mają włókna typu II, zwłaszcza IIX unerwiane przez jednostki ruchowe FF (*Fast Fatigabl*, szybko-męczliwie), które unerwiają 30-800 włókien i których skurcz i rozkurcz trwa 50 ms. Duże znaczenie ma tu **koordynacja śródmięśniowa**, polegająca na pobudzeniu jak największej liczby jednostek motorycznych, co objawia się maksymalnym napięciem danego mięśnia. Równie ważna jest regulacja międzymięśniowa, związana z synchronizacją pracy kilku lub kilkunastu grup mięśniowych, biorących udział w złożonej czynności ruchowej (27, 29). Tempo oraz liczba, a także rodzaj aktywowania jednostek ruchowych, są zależne (oraz w pewien sposób regulowane) od częstotliwości skurczów tępcowych niepełnych oraz układu wyładowań (potencjałów czynnościowych), generowanych przez pobudzający je motoneuron. Może zatem zmieniać się w 3-4-krotnym zakresie – w dużej mierze uwarunkowane jest to przez ośrodkowy układ nerwowy.

Trening siłowy (zajęcia treningowe) kulturystów, ciężarowców czy

trójboistów trwa zwykle 60-120 minut (w zależności od fazy okresu przygotowawczego). W tym czasie ćwiczący musi wielokrotnie podnosić maksymalne, submaksymalne, a nierzadko także supramaksymalne ciężary, do dźwigania których konieczne jest zaangażowanie szybkich jednostek ruchowych.

Istotne znaczenie ma tu **system rekrutowania jednostek ruchowych**. Osoba, mająca znaczną przewagę włókien szybkościowo-siłowych i zdolna zaangażować je w jak największej liczbie i przez jak najdłuższy czas, będzie osiągała lepsze rezultaty w sportach siłowych niż osoba nie mająca takich predyspozycji.

Oprócz struktury włókien mięśniowych i możliwości rekrutowania jednostek ruchowych ogromne znaczenie, warunkujące duże możliwości wysiłkowe, mają **zasoby źródeł energetycznych** – fosforanów oraz glikogenu w mięśniach i w wątrobie.

Ćwiczeniom siłowym towarzyszy przede wszystkim metabolizm beztlenowy, który jako energię wykorzystuje adenozyntrifosforan (**ATP**) mający wysokoenergetyczne wiązania fosforanowe. Ilość ATP jest ograniczona (zaledwie 80-100 g), co wystarcza na kilka sekund wysiłku maksymalnego. ATP jest resyntezywany przy pomocy węglowodanów i tłuszczu oraz fosfokreatyny (**PC**). Stężenie PC w ustroju jest 4-6 razy wyższe niż ATP. Okazuje się, że spoczynkowe stężenie PC we włóknach typu II jest o 5-15% wyższe niż we włóknach typu I. Również tempo utylizacji substratów energetycznych we włóknach szybkościowo-siłowych

jest znacznie szybsze (22). Niezwykle istotną rolę pełni też **glikogen**. Ilość glikogenu wewnątrzustrojowego jest uzależniona od charakteru, intensywności i czasu trwania wysiłku, a także od stopnia wytrenowania, jakości i ilości spożywanych węglowodanów. Zapas glikogenu wątrobowego dorosłego mężczyzny, ważącego 70 kg, wynosi ok. 70 g, a glikogenu mięśniowego ok. 450 g. Jednak wykonując trening siłowy oraz spożywając dietę wysokowęglowodanową można zwiększyć te zasoby do 135 g w wątrobie i 900 g w mięśniach szkieletowych (3, 4).

Podobnie jak w przypadku PC zawartość glikogenu we włóknach typu II jest o ok. 10-25% większa niż we włóknach typu I. Zatem osoba, u której w strukturze mięśni szkieletowych przewagę mają włókna szybkościowo-siłowe, posiadająca jednocześnie duże zasoby wysokoenergetycznych fosforanów, będzie predysponowana do uprawiania i zdobywania wysokich osiągnięć w sportach szybkościowo-siłowych. Nadmienić trzeba, iż obniżenie zawartości glikogenu również prowadzi do zmniejszenia wydolności beztlenowej. Stan ten następuje wówczas, gdy zawartość glikogenu mięśniowego osiągnie 30 mmol/kg (norma w spoczynku 50-100 mmol/kg).

Restytucja powysiłkowa mięśnia szkieletowego

Kiedy ustępuje napięcie mięśniowe, uwalnianie jonów Ca^{2+} zostaje zahamowane, rozpoczyna się zaś ich wychwytywanie przez **kanaliki siateczki sarkoplazmatycznej (SS)**. Proces ten

zapoczątkowuje cykl przemian, w wyniku których mięsień przechodzi w stan pełnego **rozluźnienia (relaksacji)**.

Decydujące znaczenie w przebiegu relaksacji ma stężenie Ca-ATP-azy w zbiornikach końcowych znajdujących się w sarkoplazmie (13). Aktywny transport (pompa wapniowa) wapnia do kanalików końcowych (SS) wspomaga ją również inne białka (*parvalbumina*, *kalmodulina*, *kalsekwestryna*) oraz mitochondria, które obniżają poziom Ca^{2+} poprzez przyłączanie reszty wolnego Ca^{2+} szczególnie, gdy tempo ich wychwytywania przez SS jest obniżone.

Według **Muntenera i wsp.** (39) stężenie parvalbuminy we włóknach **typu II (FT)** jest większe niż we włóknach **typu I (ST)**. W procesie relaksacji nie bez znaczenia jest ponadto aktywność fosfatazy, która jest aktywowana przez obniżenie w komórce poziomu wapnia, katalizując defosforylację lekkich łańcuchów miozynowych (42).

Zdaniem **Gurfinkla i wsp.** w procesie relaksacji po izometrycznym skurczu tężcowym w wyizolowanym włóknie mięśniowym wyróżnić można **dwie fazy: wczesną – liniową** oraz **późną – szybką** (24). Faza wczesna charakteryzuje się liniowym zmniejszaniem napięcia o około 25%. Względnie stałemu i wolnemu spadkowi napięcia mięśnia nie towarzyszą zmiany długości sarkomerów (14). Proces relaksacji zachodzi stopniowo w całym włóknie i nie zależy od częstotliwości pobudzenia. Jednakże w fazie późnej relaksacja nie przebiega równomiernie wzdłuż całego włókna. Szybki spadek napięcia powiązany jest ze zmianą długości sarkomerów. Zależy

od częstotliwości stymulacji wywołującej napięcie mięśnia (53).

Przebieg fazy relaksacji po skurczu dowolnym jest powiązany również z **aktywnością mięśni synergistycznych i antagonistycznych**. Zwiększenie szybkości relaksacji przyspiesza możliwość rozwinięcia następnego skurczu, co decyduje o skuteczności ruchów dowolnych, a to ma istotne znaczenie w treningu siłowym.

Metody regeneracji potreningowej

Czas regeneracji potreningowej zależy od tego, jakie grupy mięśni były obciążone wysiłkiem, oraz jak intensywna była jednostka treningowa. W sporcie wyczynowym zawodnicy mają do czynienia z treningami prowadzonymi często, nawet kilkanaście razy w tygodniu, co znacząco obciąża układ kostno-mięśniowo-stawowy. Aby kolejna sesja treningowa była efektywna, mięśnie muszą być zregenerowane, a mikrourazy wyleczone. Małe grupy (np. dwugłowy, trójgłowy ramienia) na regenerację potrzebują około 24 godzin, średniej wielkości grupy mięśni, np. mięśnie naramienne lub mięśnie klatki piersiowej, mogą regenerować się około 48 godzin, natomiast duże partie, jak mięśnie ud lub grzbietu, potrzebują nawet około 72 godzin (38). Po bardzo intensywnym treningu okres regeneracji poszczególnych grup mięśniowych może wydłużyć się nawet dwukrotnie.

Istotny wpływ na przebieg (tempo) procesu restytucji ma **forma odpoczynku**. **Odpoczynek bierny**, jakim jest sen,

posiada bardzo ważne znaczenie. Wyniki badań przeprowadzonych przez **Pilisa i wsp.** (41) wśród sportowców wykazały, iż sen stanowi główny sposób regeneracji potreningowej. Zapotrzebowanie na sen jest sprawą indywidualną, przeciętnie wynosi 6-8 godzin na dobę. Dla intensywnie trenujących korzystne są także krótkie, 20-30 minutowe, drzemki w ciągu dnia.

Drugą formą regeneracji potreningowej jest **forma czynna** – aktywność fizyczna o niskiej intensywności. Jej skuteczności dowiodły eksperymenty przeprowadzone jeszcze przez **Sieczonowa** w 1903 roku (tzw. *fenomen Sieczonowa*) (25). Po przyjemnych, mało intensywnych, odmiennych pod względem charakteru pracy treningowej i połączonych najczęściej ze zmianą środowiska ćwiczeniach regeneracyjnych, następuje poprawa samopoczucia zawodnika oraz motywacji do wysiłku treningowego.

Skuteczność ćwiczeń treningowych po aktywnym wypoczynku jest o 22% wyższa niż wtedy, kiedy odpoczynek przebiegał w formie biernej. Forma ta przeciwdziała też monotonii treningu, zwłaszcza w okresach intensywnego przygotowania czy trwających długo zawodów.

Skuteczność aktywnej formy regeneracji potreningowej potwierdziły badania **Miki i wsp.** (37), wskazując na wzrost aktywności mięśni szkieletowych (zapis elektromiograficzny) w trakcie kolejnej sesji treningowej. Okazuje się, że **dla zmęczonych mięśni najkorzystniejszą formą odnowy są spokojne ćwiczenia z minimalnym obciążeniem (gra w te-**

nisa, marsz, jazda na rowerze itp.), wykonywane przez zawodnika z chęcią i przyjemnością.

Odżywianie a rozwój siły i masy mięśniowej

Trening siłowy bez dostarczenia organizmowi zawodnika odpowiednich ilości składników budulcowych i energetycznych oraz płynów nie przyniesie oczekiwanych efektów, a może nawet powodować niepożądane skutki zdrowotne. Rozwój siły czy masy mięśniowej nie jest możliwy bez spożywania odpowiednich ilości białek i węglowodanów, które potęgują syntezę białek kurczliwych.

Określenie dziennej dawki przyjmowania **białka** u sportowców uprawiających konkurencje siłowe zależy od wieku zawodnika, dyscypliny sportu oraz okresu treningu. Metabolizm białka podczas wysiłku fizycznego i bezpośrednio po jego zakończeniu związany jest z charakterem, czasem trwania i intensywnością pracy. Bezpośrednie zmiany metaboliczne białek, zachodzące w trakcie wysiłku i tuż po nim, mają taką samą tendencję we wszystkich rodzajach ćwiczeń siłowych (11). Jednakże ilość spożywanego białka przez kulturystów, trójboistów siłowych i ciężarowców powinna oscylować w granicach 1,7-3,0 g/kg masy ciała/dzień (33), a niekiedy nawet, 3,5 g/kg masy ciała/dzień (12).

Podczas kilkutygodniowego intensywnego treningu siłowego zaobserwowano u ćwiczących znaczne obniżenie masy komórek mięśniowych przy dziennej dawce białka wynoszącej 0,8-1 g/kg masy ciała/dzień (51). Według **Tarnopol-**

sky'ego i wsp. możliwe jest utrzymanie dodatniego bilansu azotowego przez dłuższy czas, pod warunkiem spożycia białka w ilości 3 g/kg masy ciała (50). Badania przeprowadzone na rumuńskich ciężarowcach wykazały 5% wzrost siły i 6% wzrost masy mięśniowej, gdy dzienne spożycie białka wzrosło z 2,2 g do 3,5 g/kg masy ciała/dzień (12).

Duże znaczenie w treningu siłowym posiadają również **węglowodany**, które – obok białek – stanowią materiał budujący masę mięśniową, a ponadto w dużej mierze odpowiadają za regenerację organizmu po intensywnej jednostce treningowej. Węglowodany, głównie glikogen mięśniowy i wątrobowy, obok fosforanów są, jak wspomniano wcześniej, źródłem resyntezy ATP, czyli źródła energii wykorzystywanej w wysiłkach beztlenowych, np. w wyciskaniu sztangi z dużym obciążeniem. Ilość zmagazynowanego glikogenu u przeciętnego sportowca pokrywa wydatek energetyczny rzędu 1200-1300 kcal. Według **Jeukendrupa i Aldreda** (30) zasoby zmagazynowanego w organizmie glikogenu oscylują w granicach 450 g i mogą zabezpieczyć 3-godzinny wysiłek ciągły o intensywności 70-80% VO_2max . (6). Dorosły wysportowany mężczyzna, ważący 70 kg, posiada zapas glikogenu wątrobowego w ilości około 70 g, natomiast mięśniowego w ilości około 450 g. Jak wspomniano wcześniej, zasoby te przy stosownej wysokowęglowodanowej diecie mogą wzrosnąć do około 1200 g, co według **Shimomury i wsp.** następuje w związku ze zjawiskiem **superkompensacji** (odbudowy z nadwyżką) (47). Spożywanie węglowodanów przez za-

wodników uprawiających sporty siłowe jest uzależnione od masy ciała i rodzaju wykonywanego treningu, ale przyjmuje się, że w dni treningowe dawka węglowodanów powinna wynosić przeciętnie 6-7 g/kg masy ciała/dzień i 4 g/kg masy ciała/dzień w dni nietreningowe (33).

Spożywanie **tłuszczów**, celem dostarczenia energii sportowcom uprawiającym dyscypliny siłowe, zdaje się być bezcelowe, bowiem zasoby tłuszczowe organizmu są bardzo duże i umożliwiają czerpanie z nich energii przez wiele dni, nawet w warunkach głodu całkowitego.

Największe ilości **wody**, bo aż 75%, kumulowane są w mięśniach. Nawadnianie organizmu podczas wysiłków fizycznych ma szczególne znaczenie, gdyż utrata płynów ustrojowych zaledwie w ilości 2% masy ciała może zaburzyć szereg funkcji fizjologicznych organizmu, które z kolei obniżają jego możliwości wysiłkowe o około 10% (9). Utrata wody odpowiadająca 5% masy ciała powoduje obniżenie wydolności fizycznej o 30%, natomiast utrata 15% zasobów wody organizmu człowieka jest przeważnie śmiertelna (20).

Towarzyszące intensywnym treningom siłowym znaczące nasilenie procesów metabolicznych wzmaga produkcję dużych ilości **ciepła** w ustroju, co z kolei wymaga intensyfikacji procesów oddawania ciepła, głównie poprzez **pocenie**. Pamiętać należy, że z każdym gramem glikogenu związane jest około 2,7 g wody, która zostaje uwolniona podczas procesów utleniania tego substratu energetycznego. W trakcie intensywnego wysiłku, który wymaga zużycia około 1200 kcal, blisko 80% energii może

pochodzić z glikogenu. Podczas takiej pracy zostaje uwolnione około 800 ml wody (10). Przed rozpoczęciem ćwiczeń należy profilaktycznie spożyć około 400 ml wody, zaś podczas intensywnych ćwiczeń zaleca się uzupełnianie wody w ilości 500 ml na każde 30 minut wysiłku. Uzyskanie całkowitej równowagi wodno-elektrolitowej następuje w ciągu co najmniej 24 godzin, co oznacza, że czysta woda może też być zastąpiona preparatami o charakterze wodno-elektrolitowym i wodno-energetycznym, co korzystniej wpłynie na organizm sportowca. W dużej mierze przyspieszy to proces regeneracji oraz zapobiegnie zaburzeniom funkcji fizjologicznych. Aby napój dobrze i szybko wchłaniał się z przewodu pokarmowego, powinien mieć osmolalność zbliżoną do osmolalności płynów ustrojowych. Ponadto korzystne jest stosowanie komercyjnych napojów przygotowanych na użytek sportowców. Zawierają one węglowodany w stężeniu 6-8% (60-80 g/l). Napoje te zawierają również niewielką ilość elektrolitów, lecz ich obecność, zwłaszcza sodu, może być korzystna przy dużej utracie potu (49).

Podsumowanie i wnioski

Kształtowanie siły mięśniowej stanowi obecnie istotny element treningu w wielu dyscyplinach sportu, nie tylko typowo siłowych, jak kulturystyka, podnoszenie ciężarów, trójbój siłowy i inne. Aplikowany jest także uprawiającym sporty walki, piłkarzom, lekkoatletom oraz tenisistom i gimnastykom. **Dyspozycje siłowe stanowią bowiem zasadniczy składnik sprawności fizycznej.**

Ażeby trening siłowy przyniósł odpowiedni efekt, muszą być spełnione pewne warunki. W pierwszym rzędzie musi być on **specyficzny**, tzn. dostosowany do wymagań uprawianej przez zawodnika dyscypliny czy konkurencji sportu, jego wieku i przygotowania oraz okresu w cyklu rocznego treningu.

Efekty treningu siłowego zależą ponadto od **postępowania pozatreningowego**. Chodzi tu o prawidłową odnowę i regenerację sił oraz związane z tym – racjonalne odżywianie.

Piśmiennictwo

1. Astorino T. A. et al.: *Caffeine-induced changes in cardiovascular function during resistance training*. „*International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*.” 2007, 17 (5), s. 468-477.
2. Bemben M. G. et al.: *Age-related patterns in body composition for men aged 20-79-yr*. „*Medicine & Science in Sports & Exercise*” 1995, 2: 264-269.
3. Bergström J. et al.: *Diet, muscle glycogen and physical performance*. „*Acta Physiologica Scandinavica*” 1967, 71, s. 140-50.
4. Bergström J., Hultman E.: *A study of the glycogen metabolism during exercise in man*. „*Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation*” 1967, 19, s. 218-226.
5. Blomstrand E.: *Muscle metabolism during intensive exercise-influence of subnormal muscle temperature*. „*Acta Physiologica Scandinavica*” Suppl. 1985, 547: 1-52.
6. Burke L. M., Hawley J. A.: *Effect of short-term fat adaptation on metabolism and performance of prolonged exercise*. „*Medicine & Science in Sports & Exercise*” 2002, 34 (9), s. 1492-8.
7. Cannard T. H., Zaimis E.: *The effect of lowered muscle temperature on the action of neuromuscular blocking drug in man*. „*Journal of Physiology*” 1959, 149, s. 112-119.
8. Cohn S.H. et al.: *Compartmental body composition based on total body potassium, and calcium*. „*Journal of Physiology*” 1980, 239, s. 524-530.
9. Costill D. L.: *Płyny a wydolność fizyczna sportowca*. „*Sport Wyczynowy*” 1977, nr 8, s. 37-45.
10. Coyle E. F., Hamilton M.: *Fluid replacement during exercise: effects on physiological homeostasis and performance* [w:] *Fluid homeostasis during exercise*. (Ed.) C. V. Gisolfi, D. R. Lamb. Carmel 1990; Benchmark Press, Vol. 3., s. 281-308.
11. Dohm G. L. et al.: *Adaptation of protein metabolism to endurance training. Increased amino acid oxidation in response to training*. „*Biochemical Journal*” 1977, 164 (3), s. 705-8.
12. Dragan, G. I., Vasiliu A., Georgescu E.: *Effect of increased supply of protein on elite weight-lifters* [w:] *Milk protein*. T. E. Gale-sloot and B. J. Tinbergen (red.). Pudoc 1985, Wageningen The Netherlands, s. 99-103.
13. Dulhunty A. F.: *The rate of tetanic relaxation is correlated with the density of calcium ATP-ase in the terminal cisternae of thyrotoxic skeletal muscle*. „*Pflügers Archives*” 1990, 415, s. 433-439.
14. Edman K. A., Flitney F. W.: *Laser diffraction studies of sarcomere dynamics during isometric relaxation in isolated muscle fibres of the frog*. „*Journal of Physiology*” 1982, 329, s. 1-20.
15. Faigenbaum A. D. et al.: *Preliminary evaluation of an after-school resistance training program for improving physical fitness in middle school-age boys*. „*Perceptual Motor Skills*” 2007, 104 (2), s. 407-415.
16. Fleck S., Kraemer W.: *Designing resistance training programs*. Champaign 1997. Human Kinetics.
17. Fleg J. L., Lakata E. G.: *Role of muscle loss in the age-associated reduction in $\dot{V}O_2\max$* . „*Journal of Applied Physiology*” 1988, 65, s. 1147-1151.
18. Fry A. C.: *The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations*. „*The American Journal of Sports Medicine*” 2004, 34 (10), s. 663-679.

19. Gangwish J. E. et al.: *Short sleep duration as a risk factor for hypertension: analyses of the First ational Health and Nutrition Examination Survey*. „Hypertension” 2006, 47, s. 833-839.
20. Gleeson M. et al.: *Dehydration, rehydration and exercise in the heat*. „News on Sport Nutrition” 1996, 2, 1-6.
21. Gollnick P. D. et al.: *Elongation of skeletal muscle relaxation during exercise is linked to reduced calcium uptake by the sarcoplasmic reticulum in man*. „Acta Physiologica Scandinavica” 1991, 142, s. 135-136.
22. Górski J. (red.): *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*. Warszawa 2008. PZWL.
23. Grimby G., Saltin B.: *The ageing muscle*. „Clinical Physiology” 1983, 3, s. 209-218.
24. Gurfinkel V. S., Ivanenko Y. P., Levik Y. S.: *Some properties of linear relaxation in unfused tetanus of human muscle*. „Physiology Research” 1992, 41, s. 437-443.
25. Haas L. F.: *Sechenov Ivan Mikhailovich (1829-1905)*. „Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry” 1998, 65, s. 554.
26. Hamlyn N., Behm D. G., Young W. B.: *Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities*. „The Journal of Strength and Conditioning Research” 2007, 21 (4), s. 1108-1112.
27. Hartman J., Tunnemann H.: *Fitness and strength training*. Berlin 1998. Sportverlag.
28. Holt B. W., Lambourne K.: *The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes*. „The Journal of Strength and Conditioning Research” 2008, 22 (1), s. 226-9.
29. Jaskólski A., Jaskólska A.: *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka*. Wrocław 2006. AWF
30. Jeukendrup A. E., Aldred S.: *Fat supplementation, health, and endurance performance*. „Nutrition” 2004, 20 (7-8) s. 678-88.
31. Kanda K., Hashizume K.: *Changes in properties of the medial gastrocnemius motor units in aging*. „Journal of Neurophysiology” 1989, 61, s. 737-746.
32. Kokkonen J., Nelson A.G., Cornwell A.: *Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance*. „Research Quarterly Exercise and Sport” 1998, 69, s. 411-415.
33. Kowaluk G., Sacharuk J.: *Kulturystyka. Metody treningu, żywienia, odnowy biologicznej*. Biała Podlaska 2004. Arte.
34. Kubica R.: *Podstawy fizjologii pracy i wydolności fizycznej*. Katowice 1995. AWF.
35. Larsson L.: *Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man*. „Acta Physiologica Scandinavica” Suppl. 1978, 457, s. 1-36.
36. Lexell J.: *Ageing and human muscle: Observations from Sweden*. „Canadian Journal of Applied Physiology” 1993, 1, s. 2-18.
37. Mika A. et al.: *Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise*. „American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation” 2007, 86 (6), s. 74-81.
38. Mizera K., Pilis W.: *Znaczenie ćwiczeń siłowych u ludzi w różnych fazach ontogenezy*. Zeszyty Naukowe Almamer 2007, 6 (50), s. 127-141.
39. Müntener M. et al.: *Increase of skeletal muscle relaxation speed by direct injection of parvalbumin cDNA*. „Proceedings of the National Academy of Sciences” 1995, 92, s. 6504-6508.
40. Petrigrew F. P., Noble E. G.: *Shifts in rat plantaris motor unit characteristics with aging and compensatory overload*. „Journal of Applied Physiology” 1991, 71, s. 2363-2368.
41. Pilis W. et al.: *Sposoby regeneracji po-treningowej i wypoczynku czołowych lekkoatletów polskich i ich wiedza w tym zakresie* [w:] *Problemy badawcze w lekkoatletyce* (red. P. Kowalski). Wrocław 2005. Wydawnictwo WTN.
42. Pollack G. H.: *Muscles & Molecules. Uncovering the principles of biological motion*. Ebner & Sons Publishers 1990, s. 141-142.

43. Ricker K., Hertel G., Stodieck G.: *Increased voltage of the muscle action potential of normal subjects after local cooling.* „*Journal of Neurology*” 1977; 18; 216 (1), s. 33-8.
44. Rowland T. W.: *Exercise and children's health.* Champaign 1990. Human Kinetics Publishers Inc.
45. Ryguła I. (red.): *Elementy teorii, metodyki, diagnostyki i optymalizacji treningu sportowego.* Katowice 2005. AWF
46. Sato T. et al.: *Age changes in size and number of muscle fibers in human minor pectoral muscle.* „*Mechanisms of Ageing and Development*” 1984; 28, s. 99-109.
47. Shimomura Y., Honda T., Shiraki M.: *Branched-chain amino acid catabolism in exercise and liver disease.* „*Journal of Nutrition*” 2006; 136, s. 250S-3S.
48. Skład M., Piotrowski J.: *Uwarunkowania środowiskowe i dziedziczne niektórych właściwości motorycznych dzieci i młodzieży.* „*Sport Wyczynowy*” 1992; nr 1-2.
49. Szyguła Z.: *Profilaktyka zaburzeń cieplnych i odwodnienia u sportowców.* „*Medicina Sportiva Practica*” 2004; tom 5, 1, s. 19-27.
50. Tarnopolsky M. A., MacDougall J. D., Atkinson S. A.: *Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass.* „*Journal of Applied Physiology*” 1988; 68, s. 302-8.
51. Tarnopolsky L. J. et al.: *Gender differences in substrate for endurance exercise.* „*Journal of Applied Physiology*” 1990; 68 (1), s. 302-8.
52. Wolański N.: *Rozwój biologiczny człowieka.* Warszawa 2005. Wydawnictwo Naukowe PWN.
53. Westerblad H., Lannergren J.: *Slowing of relaxation during fatigue in single mouse muscle fibers.* „*Journal of Physiology*” 1991; 434, s. 323-336.
54. Wilmore J., Costill D. L.: *Physiology of sport and exercise.* Champaign 2004. Human Kinetics.

Więcej nie zawsze znaczy lepiej, czyli w sprawie spożycia białka w sportach siłowych

Praca Krzysztofa Mizery „*Niektóre czynniki wpływające na skuteczność ćwiczeń siłowych*” kompleksowo i zwięźle ujmuje zagadnienia związane z treningiem siłowym, zarówno w aspekcie sportów *stricte* siłowych, jak również innych dyscyplin sportowych, korzystających z tego rodzaju treningu uzupełniająco. Autor podkreśla znaczenie odpowiedniego doboru ćwiczeń siłowych do wymagań zawodnika, jego wieku, płci, stanu wytrenowania, z uwzględnieniem specyfiki uprawianej dyscypliny, okresu w cyklu treningowym itd. Są to absolutnie fundamentalne zasady, które muszą być przestrzegane przez trenera. Ze szczególną uwagą musi on odnosić się do zajęć prowadzonych z **dziećmi i w okresie dojrzewania**. Cięży bowiem na nim

odpowiedzialność nie tylko za rozwój dyspozycji sprawnościowych w tym okresie, ale i za prawidłowy rozwój i zdrowie podopiecznych „na całe życie”. Presja na uzyskiwanie wysokich wyników w coraz młodszym wieku ma być jednym z czynników postępu w sporcie wyczynowym, jednak wiąże się z ryzykiem naruszenia granicy fizjologicznego rozwoju młodzieży.

Osobnego komentarza wymagają zalecane w pracy **ilości spożycia białka dla zawodników dyscyplin o wybitnie siłowym charakterze**. Wartość 3 g/kg masy ciała na dobę (Autor cytuje dodatkowo pracę, w której z powodzeniem stosowano 4 g/kg masy ciała) jest wysoce dyskusyjna. Stoi bowiem w sprzeczności z obecnie przyjętymi zaleceniami, zarówno w Polsce (*Medycyna sportowa* pod red. **Jegier, Nazar, Dziak** 2005), jak i na świecie (*Textbook of Work Physiology*, red. **Astrand, Rodahl, Stromme** 2003). Dzielne spożycie białka przez sportowców dyscyplin siłowych powinno utrzymywać się na poziomie 1,5-1,7 g/kg. Okresowo może zachodzić potrzeba zwiększenia spożycia białka do wartości podawanej przez Autora, jednak w sytuacjach wyjątkowych i przejściowo, na przykład w okresie intensywnego budowania masy mięśniowej. Najczęściej ma to miejsce w początkowej fazie treningu siłowego. Kiedy budowa ciała zawodnika jest już ukształtowana, należy powrócić do normalnego spożycia białka. W tym miejscu najczęściej popełniany jest błąd, zawodnik pozostaje na wysokich dawkach białek, jak cytowane przez Autora. **Nie przynoszą one mu korzyści, jedynie przeciążają organizm** (musi metabolizować nadmiar związków azotowych). Do tego trzeba dodać powszechną praktykę korzystania ze sztucznych suplementów. Po kilku latach negatywne skutki zdrowotne są nieuchronne.

Warto jeszcze przytoczyć najświeższe oświadczenie **Amerykańskiego Towarzystwa Dietetycznego**, wydane w marcu 2009 r. wspólnie z kanadyjskimi dietetykami oraz **Amerykańskim Towarzystwem Medycyny Sportowej** („*Journal of the American Dietetic Association*” 2009, 109, 3, s. 509-24). Mówi się w nim, że zalecane sportowcom wyczynowym dziennie spożycie białka wynosi 1,2-1,4 g/kg dla sportów wytrzymałościowych, a 1,2-1,7 g/kg dla dyscyplin siłowych. Widać wyraźnie, jak dalece odbiega od wartości 4 g/kg. Dawka białka, co podkreślają dobitnie Autorzy oświadczenia, zależy od intensywności treningu oraz wielu innych zmiennych, jak płeć czy wiek zawodnika.

Z racji ograniczonego dostępu do konsultacji fizjologów lub dietetyków na trenerach najczęściej spoczywa ciężar decyzji co do diety zawodnika. Jest to bardzo trudne zadanie, jeśli uwzględnić dodatkowo presję ze strony firm produkujących suplementy oraz środowiska: innych zawodników, „doradców-specjalistów” i trenerów (wszyscy oni szermują hasłem – *im więcej, tym lepiej*). Nie należy jednak ulegać temu lobbingsowi. Pamiętajmy, odciążony od nadmiaru substratów białkowych organizm będzie miał więcej energii i szybciej będzie się regenerował.

Tomasz Mikulski
