Prawidłowe funkcjonowanie mięśni

Normal muscle function

Autorzy: **specjalista fizjoterapii, dr n. o zdr. Agnieszka Książek-Czekaj**
Centrum Medyczne i Rehabilitacji KRIOSONIC Warszawa

specjalista fizjoterapii, dr n. med. Marek Wiecheć
Centrum Rehabilitacji MARKMED Ostrowiec Św.

Autor do korespondencji: **specjalista fizjoterapii, dr n. med. Marek Wiecheć,** Centrum Rehabilitacji MARKMED Ostrowiec Św., e-mail: biuro@markmed.pl

STRESZCZENIE

Wstęp: W ostatnich latach tkanka mięśniowa, układ mięśniowy, fizjologia i biomechanika pracy mięśni, schorzenia i dysfunkcje aparatu mięśniowego, sposoby wspomagania pracy mięśni zaczęły ponownie być w centrum zainteresowania specjalistów od aparatu ruchu, jak się wydaje z dwóch głównych powodów:
pierwszy z nich – zdecydowanie wzrastająca liczba osób a więc również pacjentów, którzy decydują się na podejmowanie aktywności fizycznej w różnym wymiarze, amatorsko i „dla zdrowia" ale też w formie ekstremalnej i tzw „zawodowego amatorstwa",
drugi – to coraz bardziej aktualny a nawet można by powiedzieć naglący temat starzenia się społeczeństwa, postrzegany również w wymiarze możliwości ruchowych, aktywności fizycznej, już nie tylko sportowo-rekreacyjnej (choć śledząc mocno rozwijający się w wielu konkurencjach sportowych ruch i system zawodów Masters, także) ale aktywności pacjentów geriatrycznych na polu samodzielności, samoobsługi, lokomocji, bycia niezależnym od osób trzecich.
Warto wiec zdaniem autorów poświęcić nieco czasu na przypomnienie i uaktualnienie wiadomości dotyczących mięśni ich fizjologii i roli w aparacie ruchu.

Abstract: In recent years, muscle tissue, the muscular system, physiology and biomechanics of muscle work, diseases and dysfunctions of the muscular apparatus, methods of supporting muscle work have again become the focus of attention of specialists in locomotor apparatus, it seems for two main reasons:
– for one thing, an increasing number of people, and therefore also patients who decide to undertake physical activity to a varying extent, amateur and „for health" but also in the extreme and so-called „professional amateur" form,
– secondly, it is more and more up-to-date and one could even say the pressing topic of population aging, also seen in terms of mobility, physical activity, not only for sports and recreation (although following the movement and Masters competition system, which is developing strongly in many sports competitions as well) but the activity of geriatric patients in the fields of independence, self-service, locomotion, being independent of third parties. It is worth, therefore, according to the authors, devote some time to recall and update knowledge about the muscles of their physiology and role in the locomotor apparatus.

W ARTYKULE:
- problem starzenia się organizmu,
- prawidłowe funkcjonowanie mięśni szkieletowych

SŁOWA KLUCZOWE:
- Sarkopenia,
- prawidłowa praca mięścni,
- witamina D

KEYWORDS:
- Sarcopenia,
- proper muscle function,
- vitamin D

POZNAŃ LAB
INSTYTUT MEDYCYNY PRAKTYCZNEJ

WARSAW LAB
INSTYTUT MEDYCYNY PRAKTYCZNEJ

DOFINANSOWANIE SZKOLEŃ CADAVEROWYCH

Czy wiesz, że teraz istnieje możliwość pozyskania **dofinansowania szkoleń** w naszych ośrodkach **POZNAN LAB** i **WARSAW LAB** ze środków unijnych? Dofinansowanie dostępne jest dla każdego lekarza prowadzącego własną działalność gospodarczą (np.gabinet) lub będącego zatrudnionym w mikro-; małym-; lub średnim przedsiębiorstwie.

Wysokość dofinansowania uzależniona jest od województwa, w którym lekarz prowadzi działalność i niestety nie dotyczy lekarzy z województwa mazowieckiego i pomorskiego.

Szkolenia, na które można pozyskać środki finansowe, znajdują się na stronie Baza Usług Rozwojowych. Po wybraniu szkolenia trzeba skontaktować się z tzw. Operatorem w danym województwie, który przyznaje dofinansowanie.

NIEZBĘDNE DANE

https://uslugirozwojowe.parp.gov.pl
adres internetowy bazy usług rozwojowych, gdzie znajdziecie Państwo szkolenie

http://serwis-uslugirozwojowe.parp.gov.pl/dofinansowanie
adres internetowy dzięki, któremu odnajdziecie Państwo operatora przypisanego do konkretnego województwa

Zapraszamy do zapoznania się z ofertą, w razie pytań pozostajemy do dyspozycji.

Baza Usług Rozwojowych

uslugirozwojowe.parp.gov.pl

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | PARP | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Mięśnie stanowią ok. 40% masy ciała. W ciele człowieka wyróżnia się trzy rodzaje tkanki mięśniowej: mięśnie poprzecznie prążkowane, mięśnie gładkie i poprzecznie prążkowane w mięśniu sercowym. Zależne od naszej woli są jedynie mięśnie poprzecznie prążkowane budujące mięśnie szkieletowe. Budowa ich jest skomplikowana (ryc. 1). Miofilamenty łączą się w miofibryle, które z kolei tworzą włókna mięśniowe. Włókna mięśniowe łączą się w większe jednostki zwane wiązkami mięśniowymi, z których powstają mięśnie.

Podstawową jednostką czynnościową, z której zbudowane są mięśnie, jest jednostka motoryczna (Sherringtona). Tworzy ją pojedynczy motoneuron wraz z unerwianymi przez niego włóknami mięśniowymi (akson łączy się z płytką nerwowo-mięśniową).

W zależności od wskaźników biochemicznych i histochemicznych włókna mięśniowe można podzielić na trzy rodzaje:

- typ I – włókna o metabolizmie oksydacyjnym, wolno kurczliwe i bardzo wytrzymałe na zmęczenie,
- IIa – których metabolizm jest oksydacyjno-glikolityczny, szybko kurczące się i odporne na zmęczenie,
- IIb – włókna o metabolizmie tylko glikolitycznym, szybko kurczliwe i nieodporne na zmęczenie, szybkość ich skracania jest ok. 10 razy większa niż włókien typu I.

Biorąc pod uwagę procentowy udział poszczególnych włókien w mięśniu, można ocenić jego cechy charakterystyczne opisane przez parametry, takie jak:

- masa i siła mięśniowa,
- szybkość skurczu,
- natężenie skurczu,
- możliwości adaptacyjne.

Maksymalna siła jest uzależniona od przekroju poprzecznego. Wzrost masy mięśniowej warunkuje wzrost siły skurczu izometrycznego oraz jest jednym z elementów warunkujących wzrost maksymalnej mocy (głównym czynnikiem wpływającym na wartość tego parametru jest jednak skład włókien mięśniowych).

Istotnym elementem warunkującym wzrost siły i mocy jest efektywność produkcji energii w komórkach mięśniowych. Uzależniona jest ona od ilości wiązań ATP (adenozynotrifosforan), które należą do wiązań makroergicznych i odpowiadają za przenoszenie energii w komórce. Resynteza ATP w komórce może przebiegać w dwóch różnych przemianach:

- beztlenowej (wysoka moc ATP, która jednak po kilku sekundach maksymalnej produkcji spada),
- tlenowej (duża pojemność przy jednocześnie niskiej mocy ATP).

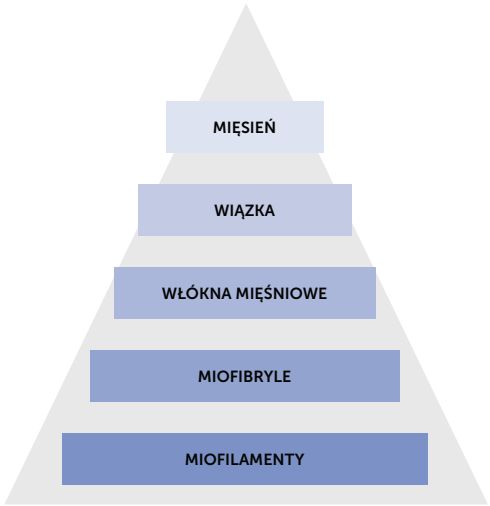
Praca mięśnia prowadzi do wzrostu temperatury w jego wnętrzu. I tak np. temperatura mierzona na głębokości 4 cm w mięśniu czworogłowym wynosi ok. 36°. O 3–4° wzrasta ten parametr po prawidłowo przeprowadzonej rozgrzewce. Wzrost temperatury prowadzi do wzrostu generowania mocy maksymalnej (włókna wolno kurczliwe nabierają cech włókien szybko kurczliwych). Spadek temperatury prowadzi do wystąpienia efektu przeciwnego do opisanego powyżej (zmniejsza się moc mięśniowa), czego efektem jest wiele urazów występujących u osób starszych [1].

Zaburzenia funkcjonowania tkanki mięśniowej mogą być wynikiem wielu przyczyn:

- niewydolność krążeniowo-oddechowa,
- choroby metaboliczne,
- uraz i uszkodzenia,
- starzenie się organizmu.

Problem starzenia się staje się coraz popularniejszym tematem badań naukowych. Aktualne prognozy demograficzne mówią o wzroście udziału osób starszych w społeczeństwach na całym świecie. Szacuje się, że do 2050 r. ok. 30% ludności Polski będą stanowiły osoby po 65. roku życia [2].

W chwili obecnej panuje pogląd mówiący o tym, że starzenie się samo w sobie nie prowadzi do powstania chorób, a jedynie umożliwia występowanie patologii [3]. Zespoły



Ryc. 1

Budowa mięśnia

Dołącz do grona czytelników

Praktycznej Ortopedii i Traumatologii

Nowoczesne źródło wiedzy bazującej na doświadczeniach z najlepszych gabinetów lekarskich i oddziałów ortopedycznych w kraju.

Zamów prenumeratę!

Więcej szczegółów: **www.praktyczna-ortopedia.pl**

geriatryczne charakteryzują się częstym występowaniem, upośledzeniem szeroko pojętego zdrowia oraz wysokimi nakładami na ich leczenie.

Do charakterystycznych cech starzenia się należą zmiany w czynnościowych i anatomicznych cechach mięśni szkieletowych, takie jak:

- zmniejszenie masy mięśniowej,
- zmniejszenie siły mięśniowej,
- zanik prawidłowego unerwienia mięśni,
- zmiany kurczliwości włókien mięśniowych,
- zmiany na poziomie enzymatycznym i komórkowym [4].

Starzenie się organizmu niesie ze sobą wiele niekorzystnych zmian zachodzących we wszystkich sferach funkcjonowania organizmu. Efektem długofalowych i wieloaspektowych zmian są upośledzenia w funkcjonowaniu fizycznym, psychicznym oraz socjalnym. W mięśniach szkieletowych dochodzi do powolnego procesu spadku masy mięśni szkieletowych połączonego ze zmniejszeniem ich wytrzymałości, elastyczności, a w konsekwencji tych procesów – do spadku wydolności. Proces został określony jako sarkopenia (po raz pierwszy termin ten został użyty przez I. Rosenberga w 1989 r.).

Sarkopenia jest jednym z zespołów geriatrycznych, który może prowadzić do wystąpienia poważnych konsekwencji, takich jak:

- zaburzenia poruszania się,
- zwiększone ryzyko upadków i zranień,
- upośledzona zdolność do podejmowania aktywności dnia codziennego,
- niepełnosprawność,
- utrata samodzielności,
- zwiększone ryzyko śmierci [5–9].

Przyczyny powstania sarkopenii są złożone i można zaklasyfikować je do kilku grup (ryc. 2).

Etapy sarkopenii zostały sklasyfikowane w trzech stadiach:

- presarkopenia (spadek masy mięśniowej),
- sarkopenia (spadek masy mięśniowej oraz siły mięśniowej lub wydajności),
- ciężka sarkopenia (spadek masy mięśniowej, spadek siły mięśniowej oraz spadek wydajności).

Po 50. roku życia masa mięśniowa zmniejsza się średnio o 1–2% rocznie [4]. Przekrój poprzeczny mięśni szkieletowych u siedemdziesięciolatka jest o 25–30% mniejszy niż u młodej, sprawnej osoby, natomiast siła mięśniowa spada o 30–40% [10]. Proces ten zachodzi w sposób zmienny osobniczo zarówno, jeśli brać pod uwagę szczytową masę mięśniową, jak i tempo, w którym dochodzi do zmian. Intensywniejszy przebieg charakteryzuje płeć męską (pomimo wyjściowo większej zawartości tkanki mięśniowej

Ryc. 2

Przyczyny powstawania sarkopenii

w porównaniu z kobietami) oraz w większym stopniu dotyka kończyn dolnych niż kończyn górnych [11].

W organizmie starzejącego się człowieka dochodzi do stopniowej degeneracji i zaniku α-motoneuronów, co prowadzi do zaniku jednostek motorycznych [12]. Dochodzi do stopniowej demielinizacji i zmniejszenia średnicy aksonów unerwiających mięśnie. Szybkość przewodzenia we wszystkich włóknach motoneuronów spada, maleje również częstotliwość potencjałów czynnościowych. Zmiany w unerwieniu prowadzą nieuchronnie do zmian w strukturze samej tkanki mięśniowej i w efekcie do trwałego uszkodzenia (dotyczy to głównie włókien typu II). Wraz z wiekiem następuje również przebudowa złącza nerwowo-mięśniowego, maleje liczba pęcherzyków synaptycznych, a powiększa się obszar postsynaptyczny. Regeneracja układu nerwowego prowadzi do ponownej reinerwacji włókien mięśniowych przez aksony pochodzące z nieuszkodzonych motoneuronów (unerwienie ruchowe maleje jednak w przebiegu powtarzania się tego procesu i mięśnie osłabiają się). Niejednokrotnie proces ten nie następuje w wystarczająco szybkim czasie po odnerwieniu i tkanka tłuszczowa zastępuje zanikające włókna mięśniowe. Dochodzi do atrofii mięśniowej i spadku masy mięśni [13].

Spadek siły mięśni jest nieodłącznym skutkiem malejącej masy mięśniowej. Wraz z wiekiem zmniejsza się również szybkość skurczu oraz precyzja wykonywania ruchu, zmniejszeniu ulegają też zdolności oksydacyjne mięśni szkieletowych (za przyczyny tego zjawiska uznaje się zmniejszoną gęstość mitochondriów w komórce wraz z obniżoną funkcją mitochondriów, ale również obniżenie aktywności ruchowej) [14, 15].

Wraz z wiekiem zwiększa się liczba produkowanych w tkankach wolnych rodników (atomy lub związki z niesparowanym przynajmniej jednym elektronem na zewnętrznej orbicie, o zwiększonej reaktywności). Jednym z takich związków są np. reaktywne formy tlenu powstałe jako uboczny efekt podstawowego metabolizmu komórkowego. Związki te powstają w mitochondriach komórek, szczególnie tych, które do swojego prawidłowego działania potrzebują dużych ilości tlenu (serce, mózg, mięśnie szkieletowe). U osób starszych działanie mitochondrium ulega degeneracji, co prowadzi do zwiększonej produkcji wolnych rodników przy jednoczesnym niezmienionym poziomie antyoksydantów. Efektem tych zaburzeń jest stres oksydacyjny, którego konsekwencją może być zniszczenie DNA, białka czy tłuszczu w komórce. Dodatkowym negatywnym skutkiem wzrostu poziomu wolnych rodników jest hamujące działanie na siłę skurczu mięsni oraz uszkodzenia mięsni. Zmiany w mitochondrialnym łańcuchu

REKLAMA

www.ultrasonografy.pl

od 1993 ECHOSON

☎ 81 886 36 13
info@echoson.pl
www.echoson.pl

oddechowym mają istotne znaczenie w zapoczątkowaniu zmniejszenia masy i siły mięśni, dlatego też tak ważna staje się prawidłowa suplementacja zawierająca w swoim składzie antyoksydanty, w tym witaminy [13].

Najnowsze badania pokazują znaczący wpływ suplementacji witaminy D na wzrost masy mięśniowej. Badania przeprowadzone na grupie kobiet i mężczyzn pokazały, że istotnie statystycznie zwiększa się masa mięśniowa pod wpływem suplementacji witaminą D, jednak siła mięśniowa (mierzona siłą ścisku dłoni – pomiar z użyciem dynamometru) nie ulega poprawie [16].

U pacjentów ze stwierdzoną sarkopenią lub zespołem słabości stwierdzono istotny wpływ suplementacji aminokwasami na poprawę funkcjonalności tych pacjentów. Badania przeprowadzono z zastosowaniem testu uścisku ręki, testu *Up and Go* oraz kwestionariusza ILOA (*Iowa Level of Assistance scale*) [17, 18].

Najnowsze badania przeprowadzone na genomie zwierząt pokazują również istotny wpływ na ekspresję genów oleju siemienia lnianego wzbogaconego w witaminę E i selen. Wyniki badań pokazują, że dieta bogata w wyżej wymienione produkty ma wpływ na funkcjonowanie i metabolizm mięśni (skurcz mięśni, metabolizm glikogenu, obniżenie poziomu genów związanych z fosforylacją oksydacyjną) [19].

Suplementem diety o udowodnionej skuteczności (należącym do grupy suplementów A) jest kreatyna. Występuje ona naturalnie w komórkach mięśniowych człowieka i jest syntetyzowana z trzech aminokwasów: argininy, glicyny i metioniny [20]. Jest ona niezwykle istotna dla prawidłowego funkcjonowania tkanki, gdyż po związaniu z resztą fosforanową staje się źródłem energii (PCr – fosforan kreatyny), którego poziom jest nawet trzykrotnie wyższy niż ATP (PCr ma za zadanie dostarczać energię do odbudowy ATP, będącego podstawowym źródłem energii w skurczu mięśni szkieletowych). Kreatyna nie tylko wpływa na potencjał komórek mięśniowych, ale również, w połączeniu z treningiem siłowym, zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia sarkopenii oraz działa antyoksydacyjnie na komórki mózgowe. Regularna suplementacja zwiększa przyrost masy ciała, ma wpływ na poprawę siły mięśniowej oraz wzrost masy mięśni szkieletowych [21].

Prawidłowe funkcjonowanie mięśni szkieletowych uzależnione jest od właściwego funkcjonowania wielu czynników. Najważniejszy jest właściwie przeprowadzony, regularny trening oporowy, jednak w świetle badań coraz większe znaczenie przypisuje się właściwej suplementacji. Kompleksowe działania umożliwią właściwe funkcjonowanie niezależnie od mijającego czasu. ■

PIŚMIENNICTWO

1. Sargeant A.J., Jones D.A. The significance of motor unit variability in sustaining mechanical output of muscle. Adv Exp Med Biol 1995; 384: 323–338.
2. Prognozy ludności na lata 2014–2050. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
3. Krzymińska-Siemiaszko R. Wskaźnik niskiej masy mięśniowej w defi niowaniu sarkopenii. Rozprawa doktorska. Poznań: Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego; Poznań 2014.
4. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. Gerontol Pol 2018; 13: 1–7.
5. Cawthon P.M., Marshall L.M., Michael Y. i wsp. Frailty in older men: prevalence, progression, and relationship with mortality. J Am Geriatr Soc 2007; 55: 1216–1223.
6. Laurentani F., Russo C., Bandinelli S. i wsp. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. J Appl Physiol 2003; 95: 1851–1860.
7. Rolland Y., Czerwinski S., Abellan Van Kan G. i wsp. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. J Nutr Health Aging 2008; 12: 433–450.
8. Topinkova E. Aging, disability and frailty. Ann Nutr Metab 2008; 526–511.
9. Hartman M.J., Fields D.A., Byrne N.M. i wsp. Resistance training improves metabolic economy during functional tasks in older adults. J Strength Cond Res 2007; 21: 91–95.
10. Janssen I. Evolution of sarcopenia research. Appl Physiol Nutr Metab 2010; 35: 707–712.
11. Janssen I., Heymsfield S.B., Wang Z.M. i wsp. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. J Appl Physiol 2000; 89: 81–88.
12. Lexell J. Evidence for nervous system degeneration with advancing age. Nutr 1997; 127 (supl. 5): 1011S–1013S.
13. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. Gerontol Pol 2005; 13: 1-7.
14. Pastoris O., Boschi F., Verri M. i wsp. The effects of aging on enzyme activities and metabolite concentrations in skeletal muscle from sedentary male and female subjects. Exp Gerontol 2000; 35: 95-104.
15. Powers S.K., Lawler J., Criswell D. i wsp. Agerelated changes in enzyme activity in the rat diaphragm. Respir Physiol 1991; 83: 1–9.
16. El Hajj C., Fares S., Chardigny J.M. i wsp. Vitamin D supplementation and muscle strength in pre-sarcopenic elderly Lebanese people: a randomized controlled trial. Arch Osteoporos 2018; 14: 4.
17. Invernizzi M., de Sire A., D'Andrea F. i wsp. Effects of essential amino acid supplementation and rehabilitation on functioning in hip fracture patients: a pilot randomized controlled trial. Aging Clin Exp Res 2018; doi: 10.1007/s40520-018-1090-y.
18. Liao C.D., Lee P.H., Hsiao D.J. i wsp. Effects of protein supplementation combined with exercise intervention on frailty indices, body composition, and physical function in frail older adults. Nutrients 2018; 10: pii: E1916.
19. Sirri R., Vitali M., Zambonelli P. i wsp. Effect of diets supplemented with linseed alone or combined with vitamin E and selenium or with plant extracts, on Longissimus thoracis transcriptome in growing-finishing Italian Large White pigs. J Anim Sci Biotechnol 2018; 9: 81.
20. Zając A., Poprzęcki S., Czuba M. i wsp. Żywienie i suplementacja w sporcie. Wyd. AWF Katowice, Katowice 2012.
21. Szewczyk P.B., Poniewierka E. Kreatyna – zastosowanie w sporcie i medycynie. Piel Zdr Publ 2015; 5: 409–416.