

Zakład Bioenergetyki i Biomechaniki Wysiłku Fizycznego Instytutu Kultury Fizycznej
Uniwersytetu Szczecińskiego
Katedra Teorii Kultury Fizycznej Uniwersytetu Pedagogicznego (Wilno, Litwa)

JAN JASZCZANIN, NIJOLE JASZCZANIN, SIERGIEJ BOJCZENKO

***Muscles fatigue parameters during eccentric movement
in an ageing men's population***

**Wskaźniki zmęczenia mięśni (m. quadriceps femoris) mężczyzn
w różnych okresach wiekowych w warunkach obciążeń ekscentrycznych**

W starzeniu dochodzi do stopniowego zmniejszenia właściwości kurczliwych mięśni, wskaźników siły i mocy (6,9,11), masy tkanki mięśniowej (2,9), zachodzą ilościowe zmiany włókien mięśniowych (WM), szczególnie szybkokurczliwych (typu F), ilości jednostek motorycznych (9,10), zwiększa się masa tkanki łącznej. Przebieg tych zmian ma naturę inwolucyjną, czyli w swojej istocie obrazuje procesy fizjologiczne starzejącego organizmu, ściślej układu nerwowo-mięśniowego. Według morfologii i funkcji WM typu F są „zbliżane” do WM wolnokurczliwych (typu SO)(9,11). W związku z tym powstają określone zagadnienia fizjologicznej dynamiki funkcji tego układu starzejącego organizmu

Wciąż jeszcze nie jest w pełni poznany fenomen aktywacji potężcowej jednostek motorycznych (JM) w starzeniu ustroju. Można zakładać, że stopień takiej aktywacji może być zależny od wielkości ilościowego stosunku włókien typu F do SO (10) i jego dynamiki w warunkach starzenia ustroju. Określono, że w starzeniu, szczególnie po 60-tym, roku życia dochodzi do znaczącego zniżenia wskaźników szybkości biegowej (prędkość biegu na 100m co roku się zmniejsza o 2%), siły o 1,5-3,0%, powyżej 35 lat życia corocznie zmniejsza się wskaźnik maksymalnego przyswajania tlenu (VO₂max) o 1,0%, dochodzi do zniżenia pojemności wyrzutowej serca, zmniejsza się potencjał adaptacyjny organizmu na zmiany środowiska, wykonania obciążeń fizycznych i inne (5, 11-13).

W związku z powyższym, celem niniejszej pracy jest dokonanie próby określenia wskaźników potężcowej aktywacji mięśni wywołanej obciążeniami fizycznymi i elektrostymulacją mięśni mężczyzn różnego wieku.

MATERIAŁ I METODA.

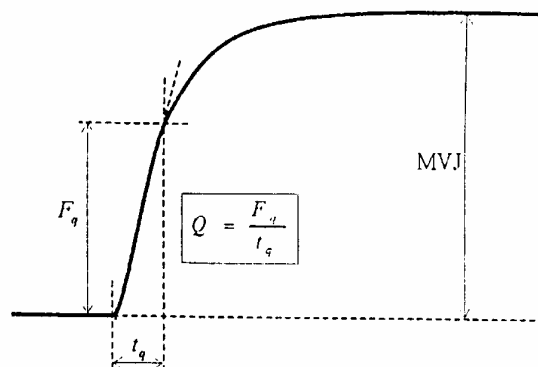
W badaniach brali udział nie trenowani mężczyźni różnego wieku (tab.1). Określano właściwości kurczliwe i odnowa powysiłkowa mięśnia czworogłowego uda.

Tabela 1 Niektóre wskaźniki badanych osób ($\bar{x} \pm Sx$)

Wskaźniki badanych	Dorośli	Osoby w wieku starszym
Ilość (n)	8	8
Wiek (lata)	25,4±1,7	71,5±7,5
Masa ciała (kg)	81,0±5,5	77,6±5,6
Wysokość ciała (cm)	178,5±4,3	175,5±5,5

Posłużono się metodą elektrostymulacji czworogłowego mięśnia uda z zastosowaniem stymulatora „MEDICOR – MG-440” i elektrodów naskórnych. Stosowano pobudzenie impulsami pojedynczymi w seriach aktywacji o częstotliwości 1 Hz, 10 Hz, 20 Hz i 50 Hz o sile 150 V. Określano wskaźniki skurczu pojedynczego (wielkość skurczu Pt; czas trwania osiągnięcia piku wskaźnika siły maksymalnej – Ct; czas rozluźniania 0,5 - Ct-Tt., wskaźniki siły mięśniowej powodowanej pobudzeniem 10 Hz, 20 Hz i 50 Hz, Rt (czasu trwania pobudzenia do 0,5 wskaźnika siły skurczu maksymalnego), Q (czasu trwania zwiększenia siły maksymalnej) Qa (czasu trwania rozluźnienia w zakresie 30-90% siły maksymalnej) (rys. 1). Inny protokół badawczy obejmował wykonanie maksymalnych skoków dosiężnych.

Rys. 1 Określenie wskaźnika przyrostu siły (Q); F_q – wskaźnik wzrastania siły skurczu; t_q – czas trwania skurczu; MSD – maksymalny skurcz dowolny.



Wszyscy badani zostali poddani obciążeniom w postaci zeskoków z wysokości 40 cm, wykonywanych co każde 20s w ilości 50 powtórzeń (czyli obciążen charakteryzujących się ekscentryczną pracą mięśni).

Procedura wykonania całego protokołu badawczego polegała na:

- stymulacji elektrycznej mięśnia o sile 150 V pojedynczym impulsem o czasie trwania 1 ms i częstotliwości P10, P15, P20 i P50 Hz. Określenie stosunku wskaźników P10/P50, P20/P50;
- wykonaniu trzech maksymalnych skurczów dowolnych (MSDx3), czyli. trzech skurczów, każdy o czasie trwania 10 s, wykonywanych każde 2 minuty;
- określeniu pojedynczych skurczów wywołanych impulsem elektrycznym (150 V, o czasie trwania 1 ms);
- wykonaniu rozgrzewki w postaci biegu o niskiej intensywności, trwającej 5 minut;
- wykonaniu trzech skoków dosiężnych o maksymalnej mocy (hp90);
- wykonaniu 50 zeskoków, co każde 20 sekund (ogólny czas trwania wysiłku 16 minut i 20 sekund);

- wykonaniu pojedynczego skoku dosiężnego o maksymalnej mocy (hp90);
- po upływie 2 i 20 min od obciążeń ekscentrycznych wykonanie protokołu poprzedzającego rozgrzewkę;
- w następnym dniu (po upływie 24 godzin od poprzedniej procedury badawczej), po dokonaniu rozgrzewki o czasie trwania 5 min, następuje wykonanie maksymalnego skoku dosiężnego (hp90);
- subiektywnym określeniu intensywności powysiłkowego bólu mięśniowego (w skali 10-cio punktowej);

Wyniki badań poddano analizie matematycznej, określano wskaźniki \bar{x} , $S\bar{x}$, t, p.

WYNIKI BADAŃ I OMÓWIENIE

Wskaźniki określające właściwości kurczliwe mięśni młodych mężczyzn były znacząco (p,0,05) lepsze (tab. 2)

Tabela 2. Wskaźniki skurczu i rozkurczu mięśnia czworogłowego uda.

Badane grupy	MSD (kg)	hp90 (cm)	Q (kg/s)	Qa (kg/s)
młodzi	69,1±8,7	37,2±5,1	400,8±97,7	452,9±18,9
starsi	58,2±13,5	18,7±8,0	302,1±131,1	345,1±15,3
p<	0,05	0,05	0,05	0,05

Wskaźniki skoków dosiężnych (hp90), osób w młodszym wieku były wyższe (p<0,05), natomiast czas trwania Pt, Tt i Rt (tab. 3) był krótszy (p<0,05). W młodziej grupie wiekowej pobudzenie o częstotliwości 1Hz, 10, 20 i 50 Hz (tab. 4) powodowało bardziej znaczące zwiększenie siły skurczu mięśniowego (p<0,05). Wykonanie zeskoków tejże grupy osób powodowało zwiększenie wskaźnika Qa (p<0,05), zmniejszenie siły skurczu oraz wskaźnika szybkości jej przyrostów (Q) (p<0,05). W okresie odnowy powysiłkowej (20 minut po wykonaniu obciążeń) wskaźnik Qa osiągał poziom przedwysiłkowy, natomiast wskaźniki Q i Pt byli niższe w stosunku do poziomu rejestrowanych przed wykonaniem obciążeń (p<0,05). W grupie osób starszych po wykonaniu obciążeń odnotowano bardziej znaczące ich zróżnicowania (p<0,05), jednak z wyjątkiem hp90 (p>0,05). W okresie odnowy powysiłkowej (po upływie 24 godzin od wykonania obciążeń) ból mięśniowy był bardziej intensywny w grupie osób młodych (p<0,05), natomiast wskaźnik P20/P50 (tab. 4) był znaczny w grupie osób starszych (p<0,05). Zróżnicowania wartości odchylenia standardowego wskaźników MSD, hp90, Q (tabela 2), Tt, Rt (tabela 3), P10 i P15 grupy osób starszych były bardziej wyraźne (tab. 4).

Tabela 3. Wskaźniki skurczu pojedynczego m. czworogłowego uda

Badane grupy	Pt (kg)	Tt (ms)	Ct (ms)	Rt(ms)
młodzi	8,2±2,1	130,6±8,9	75,0±7,9	55,6±6,8
starsi	4,3±1,3	155,8±25,0	83,5±7,4	72,4±21,0
p<	0,05	0,05	0,05	0,05

Po okresie odnowy powysiłkowej grupa osób starszych określiła niższą intensywność bólu mięśni, którą oceniono 0,88±0,33 punktami (w grupie osób młodych – 2,25±0,66; p<0,05). Znaczące zróżnicowania (tabela 5) właściwości kurczliwych mięśni określono po wykonaniu wysiłków wymagających skurczów ekscentrycznych (zeskoków) mięśni. Wyda-

je się, że w określonym stopniu nieoczekiwanym jest niepełna odnowa funkcjonalna mięśni grupy młodych osób, określona po 20 min. od wykonaniu obciążeń.

Tabela 4. Wpływ elektrostymulacji na wskaźniki siły (kg) mięśnia. czworogłowego uda

Badane grupy	P10	P15	P20	P50	P10/P50	P20/P50
młodzi	16,3±3,0	28,8±3,2	38,1±6,0	41,9±6,6	0,39±0,03	0,91±0,08
starsi	11,0±4,4	19,0±5,9	22,1±5,4	25,1±6,2	0,44±0,03	0,88±0,05
p<	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabela 5. Wskaźniki funkcji mięśni w różnym okresie odnowy powysiłkowej w stosunku do przedwysiłkowych

Określenie	Badani	Bezpośrednio po wysiłku	20 minut po wysiłku
Pt	grupa młodych	68,4±12,7*	75,9±14,9*
	grupa starszych	82,4±29,0*	104,7±37,9
	p<	0,05	0,05
Ct	grupa młodych	96,9±14,8	94,1±10,4
	grupa starszych	98,5±13,0	104,8±4,6*
	p<	–	–
Rt	grupa młodych	91,3±12,7*	91,0±14,7*
	grupa starszych	89,3±24,0*	94,6±22,0*
	p<	–	–
Tt	grupa młodych	93,8±6,4*	92,5±8,5*
	grupa starszych	93,2±13,0	99,1±11,5
	p<	–	0,05
P10	grupa młodych	59,0±9,0*	58,0±9,0*
	grupa starszych	70,0±15,0*	87,0±13,0
	p<	0,05	0,05
P20	grupa młodych	70,1±12,8*	75,5±14,8*
	grupa starszych	82,3±14,1*	95,9±21,7
	p<	0,05	0,05
P50	grupa młodych	90,0±8,3*	95,0±11,3
	grupa starszych	89,0±13,3*	102,1±9,3
	p<	–	–
P20/50	grupa młodych	77,7±10,2*	79,2±8,6*
	grupa starszych	92,5±10,0*	93,6±11,6*
	p<	0,05	0,05

* – różnice znaczące w stosunku do wskaźników przedwysiłkowych (p<0,05)

Wyniki badań czworogłowego mięśnia uda wskazują, że układ mięśniowy osób starszych jest w większym stopniu uodporniony na tzw. „zmęczenie niskiej częstotliwości” (ZNCz), co także może potwierdzać stopień odczucia powysiłkowego bólu mięśniowego.

Niektórzy autorzy podają, że dłużej trwające oraz biodynamicznie nietypowe wysiłki (4,10) mogą powodować powysiłkowe nasilenie bólu mięśniowego (1), który może obrazować etiologię o naturze mechanicznego „zmęczenia” struktur komórki kurczliwej, zachodzącego na poziomie jej sarkomerów (3,5,14,15), zwiększonego stężenia metabolitów w mioplazmie (2,5). Tym nie mniej jednak, wskaźnik ZNCz oraz przejawy bólu mięśniowego są zróżnicowane czasowo. W omawianych przypadkach, jak się wydaje, mogą zachodzić określone zróżnicowania intensywności nasilania wymienionych procesów, w tym także

intensywności zwrotnego transportu jonów wapnia do pojemników siateczki sarkoplazmatycznej. Jest to w znacznym stopniu powiązane z potencjałem bioenergetycznym komórki, zmianami metabolizmu komórkowego, warunkami zmian ciągłości błony komórkowej. Wydaje się, że niniejsze może być uzasadnione wynikami badań elektromiograficznych i biochemicznych osób różnego wieku poddanych intensywnym wysiłkom fizycznym (5).

Wskazuje się, że wydolność mięśni, nie jest zależna od wieku badanych (14,15), co też może być potwierdzone wynikami niniejszych badań (tab. 5). Wyniki niektórych badań wskazują, że w starzeniu dochodzi do określonej transformacji włókien typu F zbliżonej do wskaźników funkcjonalnych włókien typu SO (7,8). Kierując się tym założeniem wydaje się bardziej zrozumiałym fenomen zachowania stosunkowo wysokiego stopnia wytrzymałości pracy mięśni w starzeniu. Odnośnie przejawów ZNCz wydaje się zasadnym założenie, że układ mięśniowy w starzeniu staje się bardziej „uodporniony” na jego mikrourazy etiologii mechanicznej, np. w nasilaniu procesów prowadzących do zwiększenia masy tkanki łącznej czyli rozbudowania swoistego „cytoszkieletu” mięśni.

Na podstawie przedstawionych wyników badań wydaje się możliwym następujące sformułowania:

1. W grupie osób starszych wskaźniki siły mięśni pobudzonych elektrostymulacją są znacząco mniejsze ($p < 0,05$) w porównaniu do osób młodszych.
2. W starzeniu znacząco zmniejsza się maksymalna siła dowolna ($p < 0,05$) natomiast moc mięśni kończyn dolnych (określona według wskaźników skoków dosiężnych) zmniejsza się w mniejszym stopniu. Znacząco się wydłuża czas trwania skurcz-rozkurcz ($p < 0,05$), natomiast wskaźnik potężowej aktywacji nie ulega większym zmianom ($p > 0,05$).
3. Obciążenia w postaci pracy ekscentrycznej mięśni osób starszych w mniejszym stopniu powoduje przejawy zmęczenia o niskiej częstotliwości (ZNCz), natomiast powysiłkowa odnowa jest bardziej intensywna w porównaniu z osobami młodymi.

PIŚMIENNICTWO

1. Armstrong R., Warren G., Warren J. Sports Medicine, 1991, vol. 12(3), 184-207.
2. Bobert M., Hollander A. Med. Science Sports and Exerc., 1986, VOL. 18(1), 75-81.
3. Fridehn J., Lieber R. Med. and Science Sport and Exercise, 1992, vol. 24(5), 521-530.
4. Jones L., Rutheford O., Parker D. Quart. J. of Exp. Physiol, 1989, vol. 74, 233-256.
5. Jaszczanin J., Jaszczanin N. Sport Science, 1997, 4, 10-13.
6. Kallman D., Plato C., Tobin J., J. Gerontol. Med. Scien., 1995, vol. 45, 82-88.
7. Kanda K., Hashizume K., Journal of Neurophysiology. 1989, vol. 61, 737-746.
8. Larsson L., Ansved T. Progress in Neurology, 1995, vol. 45, 397-458.
9. Lexell J., Taylor C., Sjöström M. J. Neurol. Sciences, 1988, vol. 84, 275-294.
10. Mc Comas A.J. Skeletal muscle Form and Function. Champaign. Human Kinetics, 1996.
11. Newhman D. Eur. J. Appl. Physiol., 1988, 57(3), 353-359.
12. Porter M., Vandervoort A., Lexell J. Scand. J. Med. Sci. Sports, 1995, vol. 5, 129-142.
13. Shepard R. Aging, physical activity and health. Human Kinetics, 1997.
14. Spirduso W. Physical dimensions of aging. Human Kinetics, 1995.
15. Stauber W In: K.Pandolf (ed.), Exerc. and Sports Scien. (157-185), 1989, Baltimore.

STRESZCZENIE

Podsumowano wyniki badań właściwości kurczliwych mięśni (m. quadriceps femoris) i wpływu obciążeń o skurczach ekscentrycznych mięśni mężczyzn w dwóch grupach wieko-

wych $25,4 \pm 1,7$ lat ($n=8$) i $71,5 \pm 5,5$ lat ($n=8$). Badania wykonano z zastosowaniem metody elektrostymulacji mięśni o sile 120V i częstotliwości pobudzenia 1Hz, 10Hz, 20Hz i 50Hz oraz wysiłków w postaci 50 zeskoków z podwyższenia o wysokości 40 cm. Wyniki badań sugerują, że mięśnie osób w starszym wieku są bardziej „uodpornione” na zmęczenie, natomiast odnowa powysiłkowa obrazuje zróżnicowaną dynamikę ich właściwości kurczliwych

SUMMARY

Results of tests of contractile properties of muscles (quadriceps femoris) and effects of loads of eccentric muscles contractions in age groups of 25.4 ± 1.7 years ($n=8$) and 71.5 ± 5.5 years ($n=8$) have been summarized. Tests have been carried out with electrostimulating excitation of 120V and frequency of 1Hz, 10Hz and 50 Hz as well as 50 jumps down from the height of 40 cm. It has been suggested that muscles of older people are more “resistant” to fatigue, be post-effort restoration described with dynamics of contractile functions is differentiated.