

## МЕХАНИЗМЫ ГИПЕРТРОФИИ МУСКУЛАТУРЫ ЧЕЛОВЕКА

**Елдаров Адам Вахитович**

студент Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ), РФ, г. Москва

**Буянова Татьяна Владимировна**

научный руководитель, преподаватель Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ), РФ, г. Москва

Введение. Целью исследования является изучение механизмов гипертрофии мускулатуры человека. Для этого были проведены экспериментальные исследования на добровольцах. Результаты показали, что гипертрофия мускулатуры происходит в результате увеличения объема мышечных волокон. Это связано с увеличением синтеза белка в мышцах. Также было обнаружено, что гипертрофия мускулатуры сопровождается увеличением содержания гликогена в мышцах. Это свидетельствует о том, что гипертрофия мускулатуры является адаптивной реакцией организма на нагрузку. В заключение можно сказать, что гипертрофия мускулатуры человека является сложным процессом, который зависит от многих факторов. Для дальнейшего изучения этого процесса необходимо проведение дополнительных исследований.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 20 добровольцев мужского пола в возрасте 20-30 лет. Они были разделены на две группы: контрольную и экспериментальную. Контрольная группа выполняла обычные физические упражнения, а экспериментальная группа выполняла силовые упражнения с отягощением. Через 4 недели после начала эксперимента были проведены биопсии мышц. Изучались морфологические изменения мышечных волокон, содержание гликогена и белка. Статистический анализ проводился с помощью программы SPSS.

Результаты. В экспериментальной группе наблюдалось значительное увеличение объема мышечных волокон по сравнению с контрольной группой. Также было обнаружено увеличение содержания гликогена в мышцах. Эти изменения свидетельствуют о гипертрофии мускулатуры.

Выводы. Гипертрофия мускулатуры человека происходит в результате увеличения объема мышечных волокон и содержания гликогена в мышцах. Это является адаптивной реакцией организма на нагрузку. Для дальнейшего изучения этого процесса необходимо проведение дополнительных исследований.



???? ?????????? ?????????.

????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ??????: ?????????? (??? I) ?  
????????? (??? II) [2].

????????????? ???????, ??? ?????????? ?????????? ?????????? ??? ??????????  
?????????????, ?? ??? ?? ??????, ??? ??? ?????????????????? ?? ?????????? ? ?????????  
????????????????? ?? ?????????????? ??????? (????????? ?????????????????? ??? ??????????  
?????????????): ??? ?????? ??????????????, ??? ??????? ??????????????. ? ?????????? ?????????  
?????????? ?????????? ?????????? ??????. ? ?????????? ?? ?????? ?????? ?????? ??????????. ??? ??  
????????? ?????????????????? ?? ?????? ??????????????????????????: ?????????????????? ?  
?????????????????????????. ?????????????????? — ??????????, ??? ?????????? ?? ?????? ??????????  
????????? ?????????? ? ?????????? ? ??? ?? ?????????? ?????????????? ??????????, ?  
????????????????????????? ?????????? ?? ?????????????? (??? ?????????? ??????????????) ??????????  
????????????????????? ?????????? ?????? ?????????????? ? ?????????? ?????????, ? ?????????????????????  
?????? ?????????? ?????? ?????????????????? ??????? (?????? ???????), ?? ??????????  
????????????????? ?????????????? ? ?????? ?????????????????? [5, c. 32].

? ?????????? 1 ?????????? ?????? ?????????????????? ?????? ?????????? ? ?????????????????? ??  
????????????????? ?? ??????????. ?????????? ?????? | ?????????? ?????????? ? ??????????, ? IIB ??????  
?????? ?????????? ?????????? ?????????????? ? ?????????????????? ?? ?????????????? ?????????.

**????????? 1.**

**????????????????????? ?????????????? ??????????**

??? ??????????	??? ??????????????????????????????
I	SO
IC	
IIC	FOG
IIAC	
IIA	
IIAB	
IIB	FG

\*SO (*slow-oxidative*) — ??????????????  
?????????????????????, FOG (*fast-oxidative/glycolytic*) — ?????????? ?????????????????????-  
?????????????????????????, FG (*fast-glycolytic*) — ?????????? ?????????????????????????

??? ??, ? ?????? ?????????? ?????????????? ??????????????, ?? ?????? ?????????????? ? ?????????  
?? ?????? ?????????????? ??????. ??? ?????? ?????????? ?????????????? ? ??????, ??? ?????????  
????????? ?????????????? ??????????????. ?????? ?????????? ?????? ?????????????????? ? ??????????????  
????????? | (????????????, ?????? ?? ??????), ?????????????? ?????????? ? ?????????? (????????? ???  
????????? ? ?????????????? ??????????????????). ?????????????? ?????????????? ?????????????? ??????????????????  
?????????????????: ?????????????????????? (????????????? ?????????????????? ?? ?????????????? ??????????????????),  
????????????????? ?????????????????? ? ?????????? ??????????????????. ??? ?????? ??????????????????????, ??? ?????????  
????????????? ?????????????????? ? ?????????? [5, c. 32]. ?????? ?????????????? ?????? ??????????????, ??? ???  
????????????????? ? 75 % ?? 1?? (????????????????? ??????????????) ? ??????, ?????????????? ??? ?????????????, ?  
??? ?????????????? ??????, ?????????????? ? 40 % ?? 1?? [9]. ??? ?? ?????? ?????????? ??????????????????.  
????? ?????????? ??? ?????????????????? (????????????????????? ?? ?????? ?????????????????????? ?????????????????? ??  
????????? ?????????????????????? ??????????????????), ?? ?? ?????????? ?????????????????????? ?????????????????????????  
????????????? (??? ??? ?????? ?????????????? ??? ??????????) ? ?????????????????? ?????? ?????????  
????????????????? ??????????????????????????????, ?????????????? ?????? ?????????????? ? ?????????????? ??????????????.  
????????????????????? ?????????????????? ?????????????????????? ?? ?????? ?????????????????????? (??? ?????? ???, ???  
????????????? ??????????????), ?????????????????????? ?????????????????? ?????????????? ? ??????????????????????  
????????????????????????????? (????????). ?????? ??????????????????, ??? ??? ?????? 20 % 1?? ?  
????????????????????????? ?????????????? ?????? ??????????, ?????????????? ??? ?????????????????????????? ?????????????? [3; 4].

????????????????????? ? ?????????????????????????? ??????????????, ?????????????????? ??? ?????????????  
?????????????????????

**????????????? ??????????????????????**

????????????? ?????????????????????? ?????? ?????? ??????????????????, ??? ?????????????????? ??????????  
????????????? ?? ?????? ?????????????????? ?????????????????????????? ?????? ?? ?????????????????????????? ??????????,  
????????????? ?????????????????? ?? ?????? ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????? ?????????????  
?????????????????, ?????????????? ?????????????? ?????? ??? ?????????????????? ?????? ?????? ??????????????, ??  
????????????? ?????? ?????????? ?????????????????????? ?????????????????????????? [5, c. 33].

????????????????? ??? ?????????????????????????? ?????????????, ?????????????????? ?????????????? ??????????????????????:  
????????????????????????? ??????, ?????????????????????? ? ?????????????????????????????? ?????????? [6, c. 5].

????????????????? ?????????? ?? ?????????????? ?????????????? ??????????????????:

**????????????????????? ?????? (MECHANICAL TENSION).**

????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?? ?????? ???????????  
????? ??? ??? ??????????????. ? ?????????????? ?????? ?????????????????????? ?????? ?? ??????????????  
? ?????????????????? ??????????: ?????????????? ?????????????? (????????????????????????? ?????????? ??????-1,  
????????????????? ?????????? ??????), ?????????? ??????????????????, ?????????????????? ??????????????????  
?????. ?????????? ?????????????????? ?????????? ?????????????? ??????????????  
????????????? AKT mTOR, ??? ?? ?????? ?????????? ?? ?????????? 3. ?????? ??????????, ??? ??????  
????????????????????? ?????????????? ?????????????????????????? ?????????????? ?? ?????? ?????????? ?????????? —  
????????????????? [6, c. 6].

**?????????????????**

????????????????? ?????????????????? ?????? ?????????????? ? ?????????????????? ?????????????????? ??????,  
????????????? ??? ?????????????????????? ?????????????? ?????? ?????????????? ?????????????????????????????? ???????.  
?????? ?????? ?????? ?????????????????? ??? ?????? ?????????????????? ?????????????????????? ??????, ???  
????????????? ? ?????????????? ? ??????????????????, ?????????????? ?????????????? ? ??????????????  
????????????????????????? ?????? ? ?????????????????????? ?????????? ?????????????????????????? ?????????????? ? ??????  
?????????????. ??????????????, ??? ??? ?????????????? ? ?????????????????????????? ?????????????? ?????????????  
?????????????, ?????????? ?????????????????? ?????????????????????? ? ?????????????????????????????? ??????????  
????????????? (????????????????????? — ?????????????? ?????????? ??????????????). ??????????????????  
?????????????????, ??? ?????????????????????????? ??????????, ??? ? ?????????????? [6, c. 6].

????????????????????? ?????????????????? ??? ?????????????????? ?????????????? ? ??????????????????????  
????????????????????? ??????????, ?????????????????????????? ?????????????????? ??????????????????, ??????????????????  
????????? ?????????????????????????? ??????????, ??????????????????. ?????????????????? ?? ?????? ?????????? ??????????.

**????????????????????????? ??????????**

????????????????????????????? ?????????? ?????????????????????? ? ?????????????????????? ??????????????????  
?????????????????????????, ?????????????? ?????????????????????? ?? ?????????????????????? ?????????????????? ??? ??????????????????????????  
???, ? ?????????????????????? ?????? ?????????????????????? ?????????????????????? ??????????????????????, ?????????? ??? ??????????,  
????? ??????????????, ?????????????????????????????? ??????????????, ?????????????????? ?????????????? ? ???. ??????????????  
?????????, ??? ?????? ??????????????, ??????????????????, ?????????? ?????????????????????? ??????????????????????????  
????????????????????????????? ??????????, ? ?????????????????????? ?????????????????????? ?????????????????????????????? ?????????????.



**????????? ?????????????.**

???? ?????????????????? ?????????? ?????? ?????????? ? ?????????? ?????? [6, c. 3; 5, c. 102].

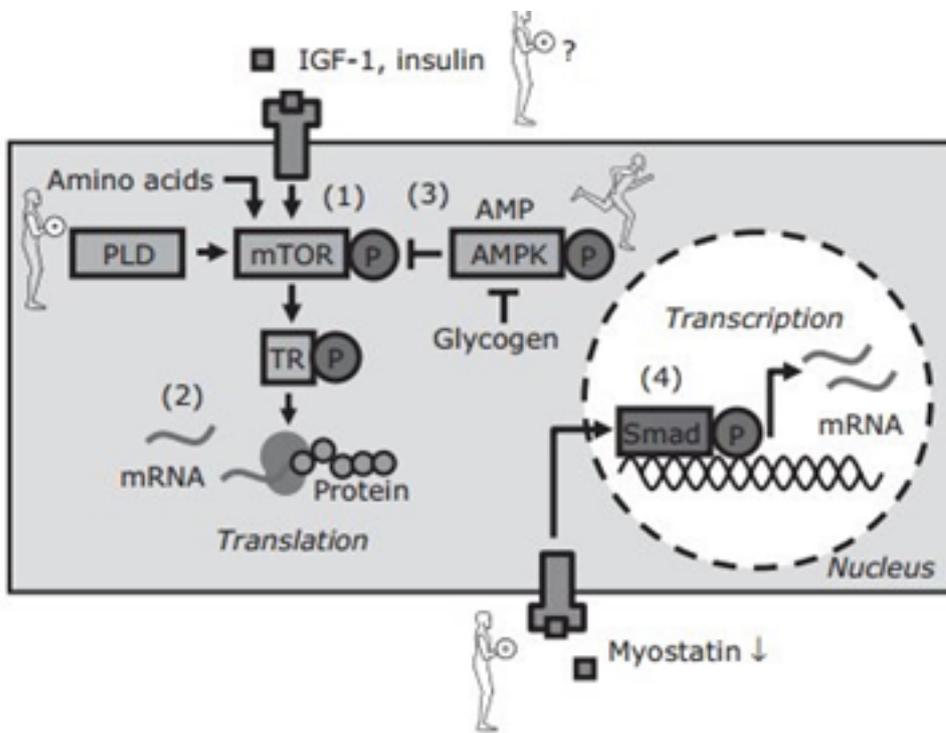
• ?????? ? ? ?????? ?????? ? ?????? ?????????????? ??????????. ?????? ?? ?????? ?????? ??-????????, ?? ? ?????????? ?????? ?????????????? ???????????.

• ??? ?????????????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ??? (???????????????????? ???) ?????? ??????, ?????????? ?????????????????? ?? ?????? ?????????? ???????, ?????? ?????? ??? ??????????????

• ?????? ?????? ?????????????????? ? ?????????? ??????, ?? ? ??, ?????????????????? ?????? ?????????? ?????????????? ??????, ?????????? ?? ?? ??????????????, ?????????? ?????????? ? ??????. ? ?????????? ?????? ?? ?????????? ?????????????? ?????????? ??????

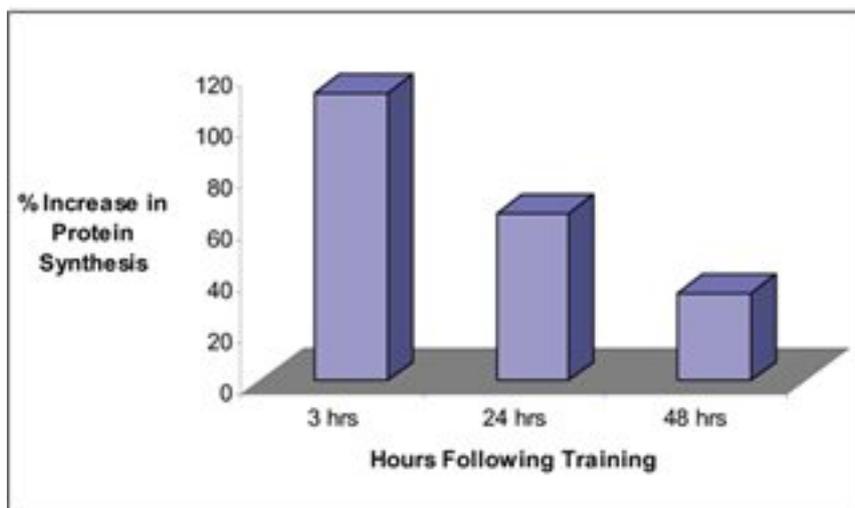
???? ? ??, ?? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? ??????, ? ?????????? ?? ?????? ?????? ?????????????? ?????????????? ? ?????? ?????? ?????? ??????????????, ?? ? ? ??????????, ?? ? ?? ?????????????? ??????????????. ?, ?? ??????????, ?????? ?????????????? ?????? ?????? ?????????? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ?????? ? ?????????????????? ? ?????????? ??????????????, ?? ?????? ?? ?????????? 5 [5, c. 103; 10].

?? ??, ?????????? ?????????????????? ?????? ?????????????????? ? ?????? ?????????????????? ?????????????????????? ??????????, ?????????????????? ?????????????????? ??????????????, ?????????????? ?????????? ? ?????????? ?????, ?? ?????? ? ?????? ?????? ?????? «????????», ? ?? ?????? ?????????????? ?????? ?????????????????? ? ??????????????



???????? 3. ????????????????? ????????????????? ????????????????? ?????????????????

?????? ?????????? ?????????? ?? ??, ??? ?????????????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ? ????????????????? ?? ??????????????, ?? ?????????, ?????????????????? ? ????????? ??????????????, ?????????? ?????????? ?? ?????????? ?????????????????????? ??????????. ??? ?? ?? ?????? ??????????, ??? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????????????????? ?????????????? ? ?????? ?????????, ?????? ? ?????????? ?????? ?????????????????? ??????????, ? ?????????????? ?????????????????? ?????? [5, c. 104; 8].

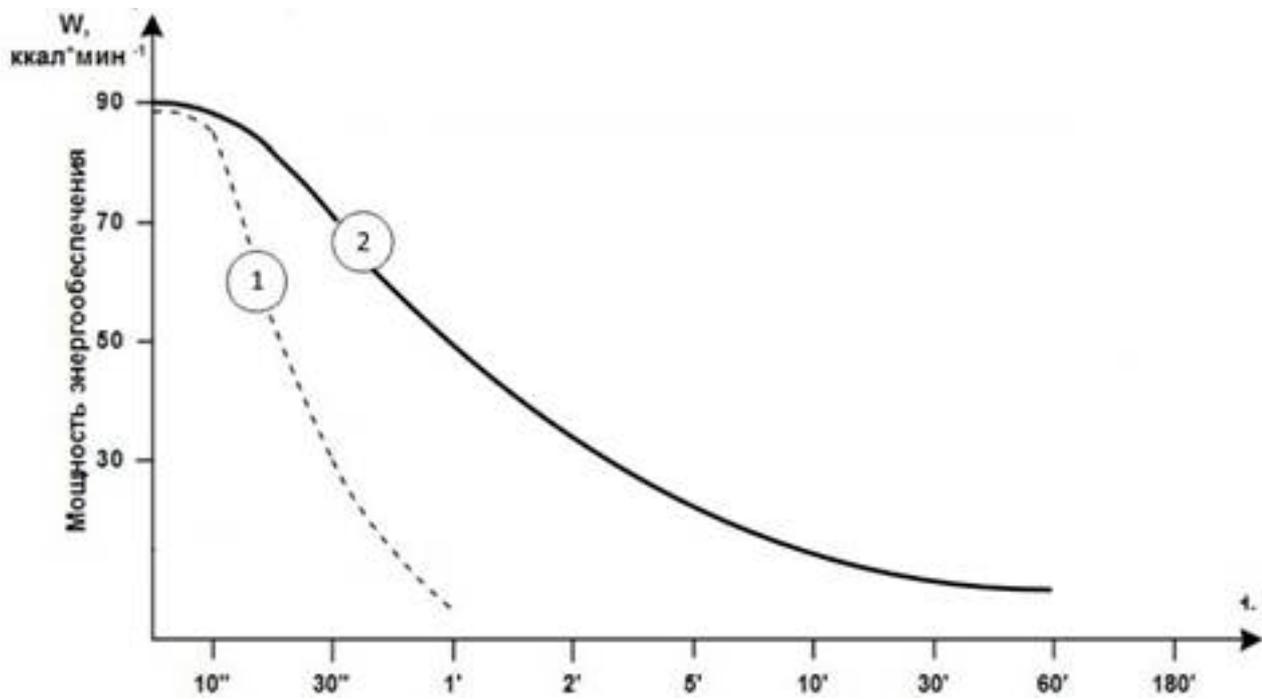


**?????? 5. ????????????? ??????? ????? ? ?????????? ????? ???????  
????????????**

**?????????? ?????????? ????????? (???)**

?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????? ??????????? ?????????? ???-??  
?????. ??? ? ???? — ?????????? ??????????, ?? ?????????????? ??????. ?????? ?? —  
?? ?????????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? (????????????? ???????????) ?? ?  
?????????????, ?????? ????????? ? ?????????????? ?????????? ?? ?????????? ?????????????? ?  
?????? 60 % ?? ? ????. ?????? ?????????????? ?????????? ?????????, ?????? ??, ??  
?? ?????????? ??????, ?? ? ???? ?????????????? ?? ?????????????? ????????????? ?  
????????? ? ?????????? ?????????? ??????? ? ???? ?????????? ?????????? ?????????, ? ???  
?? ?????? 10 ?????? ?????? ? ?????????? ??????? [2]. ?? ????????? 6 ??????, ???  
????????? ??????? ? ?????? ??????? ??????? ????? ? ? ??????????? ? ??????????????  
????????????? ?????????, ? ? ?????????? ?????????? ?? ??????? ?????????????????? ?????? ???????-  
????????????? ?????????????????? ?????????, ?????????? ?????????? ?????????? ? ??????????  
??????????, ?? ???? ?????????? ?????????? ??????????. ??? ? ??????????????????  
?????????????????, ?? ?????????????? ??????. ??? ? ??????? ??????? ?????? (20 % ??) ?????  
?????? ???? ?????????, ? ?????????????????????? ??????? ?????????? [11, c. 69].

? ??? ?????, ?????????????????? ?????????????? [12], ?? ???? ?????????????  
????????????????????? ?? ?????????? ?????????????????? ? 60 % ?? ? ????, ??? ??? ?????? ?  
????????? 2. ?????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ???????,  
????????????????????? ??????-????????????? ? ?????????-????????????? ?????????.



???????? 6. ????????? ??????? ????????? ??? ????????? ????????????? ?????????????????  
 ????????????? «2» ? ??? ?? ????????????? «1»

???????? 2.

???????????? ?????????? (????²) ????????????????? ?????????? ????????????????? ??????? ?  
 ????????????????? ????????????? ????????????

??? ????????????	??? ???????????		
	I	IIA	IIB
3—5 ?????????????? ?? 4 ?????????? ? ??????? 90 % ?? 3 ?????????? ??????????			
??	4869	5615	4926
??????	5475	6903	6171
9—11 ?????????????? ?? 3 ?????????? ? ??????? 75 % ?? 2 ?????????? ??????????			
??	4155	5238	4556
??????	4701	6090	5798
20—28 ?????????????????? ?? ??? ?????????? ? ?????????? ? 1 ?????????? ? ??????? 30 % ??			
??	3894	5217	4564
??????	4297	5633	5181

????????.

? ?????? ?????????? ?? ????????????????? ?????????????????, ??? ?????????? ??????. ???????

????????, ??? ?? ????? ????? ??? ????? ????????? ? ?? ??? ???????, ?? ??????  
???????????? ?????? ????? ?????????????, ?????? ?????????? ????????????????? ??????????  
??? ????????????? ?????????? ?????????????????? ???????????, ?????? ?????????? ??????  
????????? ??????????????, ?? ??? ?????? ??? ?????????? ???????.

**?????? ?????????????:**

1. ????? ?. ????????? ?????????? ?????????????? ? ????????????? ????????????? / ????????? ?., ?????????? ?.?.; ????????? ? ?????????????? — ?????????? ?.? — ?????: ?????????????? ?????????????, 2001 — 148 ?.
2. Scott W., Stevens J., Binder–Macleod S.A. Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications // Physical Therapy November 2001 vol. 81 no. 11 1810—1816.
3. Wernbom M., Järrebring R., Andreasson M.A., Augustsson J. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. // J Strength Cond Res. 2009 Nov; 23 (8): 2389—95.
4. Fry C.S., E.L. Glynn, M.J. Drummond, K.L. Timmerman, S. Fujita, T. Abe, S. Dhanani, E. Volpi, B.B. Rasmussen. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. Journal of Applied Physiology, 2010; 108 (5): 1199 DOI: 10.1152/jappphysiol.01266.2009.
5. Cardinale M. Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications / Cardinale M., Rob Newton R., Kazunori Nosaka.; Oxford: John Wiley & Sons, Ltd, 2011 — 483 ?.
6. Schoenfeld B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. J Strength Cond Res 24 (10): 2857—2872; 2010.
7. Witczak C.A., Sharoff C.G., Goodyear L.J. (September 2008). “AMP-activated protein kinase in skeletal muscle: From structure and localization to its role as a master regulator of cellular metabolism”. Cell. Mol. Life ScD.
8. The mechanism, by which AMPK inhibits protein synthesis potentially depends on down- and up-regulation of mTOR and eEF2 kinase signalling to 4E-BPs and eEF2, respectively (Horman et al. 2002; Inoki et al. 2003; Chan et al. 2004).
9. Enoka R.M. Modulation of motor unit activity in biceps brachii in response to neuromuscular electrical stimulation applied to the contralateral arm // Conference: European College of Sport Science, Amsterdam, 2014.
10. Phillips SM1, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. // Am J Physiol. 1997 Jul; 273 (1 Pt 1):E99 — 107.
11. T. Yasuda, T. Abe, Y. Sato, T. Midorikawa, C.F. Kearns K. Inoue, T. Ryushi, N. Ishii Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training // Int. J. KAATSU Training Res. 2005; 1: 65—70.

12. Gerson E.R. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones // Accepted: 14 June 2002 / Published online: 15 August 2002.