

## ОСОБЕННОСТИ УТОМЛЕНИЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ РАБОТЕ МЫШЦ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ АЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

Т.В. Попова, Ю.И. Корякалов

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

Для связи с авторами: e-mail: tati.popova2010@yandex.ru

### **Аннотация:**

Обследовали 60 студентов обоего пола, занимающихся ациклическими видами спорта, и нетренированных (по 15 человек в группе). Сравнивали показатели локальной работоспособности мышц и электроэнцефалограмм у спортсменов и нетренированных. Результаты исследования выявили, что при локальных нагрузках до утомления на пальцевом эргографе показатели объема работы и выносливости были выше у спортсменов. На электроэнцефалограммах в состоянии покоя у спортсменов преобладала альфа-активность, у нетренированных при локальной работе наблюдалась выраженная активация бета- и тета-активности. Повышение спектральной мощности медленных альфа- и тета-волн при работе, а при развитии утомления их депрессия были больше выражены у нетренированных. Авторы предположили, что связь между общими физическими нагрузками и функциональным состоянием отдельных мышц может быть обнаружена с центральными механизмами. Сделан вывод, что по функциональным свойствам отдельных групп мышц можно судить об уровне общей физической тренированности организма.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, локальная работоспособность, статическая выносливость, студенты, спортсмены.

### **PECULIARITIES OF TREATMENT AT LOCAL WORK OF MUSCLES AT REPRESENTATIVES OF ACYCLIC SPORTS**

Popova T.V., Koryukalov Yu. I.

South Ural State University, Chelyabinsk. Russia

### **Abstract:**

We examined 60 students of both sexes engaged in acyclic sports and untrained (15 people per group). We compared the indices of local working capacity of muscles and electroencephalograms in athletes and untrained. The results of the study revealed that under local loads before fatigue on the finger ergograph, the performance and endurance indicators were higher in athletes. On electroencephalograms, athletes in the initial state were predominated by alpha activity, in untrained patients with local work, pronounced activation of beta and theta activity was observed. The increase in the spectral power of slow alpha and theta waves during work, and with the development of fatigue, their depression was more pronounced in untrained individuals. The authors suggested that the relationship between general physical loads and the functional state of individual muscles can be related to central mechanisms. The conclusion is drawn that according to the functional properties of individual muscle groups, one can estimate the level of general physical fitness of the organism.

**Key words:** electroencephalography, local working capacity, static endurance, students, sportsmen.

Основу работоспособности и тренированности спортсменов составляют процессы утомления и восстановления, которые представляют собой функциональные состояния организма и характеризуются рядом общих физиологических закономерностей. Механизмы развития этих процессов зависят от индивидуальных особенностей человека, характера его деятельности, уровня профессиональной и физической подготовки; их

регуляция осуществляется как нервным, так и гуморальным путем.

В физиологии дискутируется вопрос о роли гуморальных и периферических изменений в развитии утомления при работе различных групп мышц [1, 2], но зачастую высказывается мнение о преимуществе центральных механизмов утомления при работе малых мышечных групп [3, 4]. В научной литературе опубликованы данные об особенностях био-

электрической активности мышц и головного мозга у спортсменов [5]. Морфофункциональные различия мышц у нетренированных лиц и подвергающихся физическим нагрузкам показал Mati Paasuke (2012).

Утомление является одной из главных проблем физиологии спорта и оценки тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов. Знание механизмов утомления позволяет правильно оценить функциональное состояние и работоспособность спортсменов, что важно при разработке мероприятий, направленных на сохранение здоровья и достижение высоких спортивных результатов. Механизмы утомления различаются при разных видах деятельности, например циклического и ациклического характера. Существует, по-видимому, взаимосвязь между механизмами развития утомления и функциональными особенностями мышц, однако вопрос о взаимосвязи характера физических нагрузок и функциональных свойств отдельных мышц до сих пор не изучен.

**Цель** настоящего исследования состояла в изучении функциональных особенностей двигательного аппарата при локальной работе до утомления на эргографе у спортсменов ациклических видов спорта, студентов университета.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытуемыми являлись студенты университета в возрасте от 17 до 22 лет, занимающиеся ациклическими видами спорта (рукопашный бой, бокс, кикбоксинг; от I разряда до МС). Контрольные группы составили испытуемые того же возраста и пола, не занимающиеся спортом. Каждая группа включала 15 человек, всего обследовано 60 испытуемых.

В качестве локальной динамической нагруз-

ки (ЛН) испытуемые выполняли работу по подъему на пальцевом эргографе груза в 1/3 от «среднего» (по Weber) в темпе 60 движений в мин.; в качестве локальных изометрических усилий испытуемые удерживали на эргографе или на кистевом динамометре груз в 1/3 от максимального на заданном уровне до появления утомления (невозможность удержания заданного усилия). Эти условия обеспечивают среднюю интенсивность нагрузки для всех возрастных групп [6]. При динамической работе учитывали объем работы в кгм, выносливость (время работы до утомления) и время появления ощущения усталости. Статическая выносливость (СВ) определялась продолжительностью удержания груза (усилия) на одном уровне, в с. При помощи прибора «Нейрон-Спектр» осуществляли многоканальную регистрацию ЭЭГ с 8 чашечных электродов, соединенных с ушными электродами и локализованных в соответствии с системой 10-20.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что общая спортивная тренировка, начиная со второго года спортивного стажа, сочетается с повышением показателей работоспособности малых групп мышц. Например, статическая выносливость кисти и объем работы на эргографе у студентов университета, занимающихся спортом, были больше, чем у нетренированных испытуемых (таблица 1). Эти данные свидетельствуют, что показатели работоспособности малых групп мышц можно использовать в качестве одного из критериев тренированности двигательного аппарата у лиц разного возраста.

Анализ биоэлектрической активности мозга также выявил определенные различия у спортсменов и испытуемых контрольных групп. Для спортсменов (рисунок 1) в отличие от нетренированных в фоновой записи с открытыми глазами свойственно наличие альфа-волн, характеризующихся значительным индексом в передних отделах полушарий; ЭЭГ-показатели локальной работы характеризовались незначительными изме-

**Таблица 1 – Показатели статической выносливости кисти у студентов**

Группы	Показатели СВ, с
Юноши, спортсмены	50,54±5,01
Девушки, спортсмены	46,42±3,05
Юноши, нетренированные	44,25±2,03*
Девушки, нетренированные	45,35±6,30*

Примечание: \* – достоверные различия между спортсменами и нетренированными испытуемыми; при  $p < 0,05$

нениями альфа- и тета-волн. Напротив, у нетренированных при локальной работе отмечено повышение индекса бета-волн и рост индекса тета-волн при развитии усталости (рисунок 2).

Наши результаты свидетельствуют, что при локальной работе отмечается повышение спектральной мощности медленных альфа- и тета-волн, а при развитии утомления – их депрессия и увеличение частоты биотоков. У спортсменов эти изменения развиваются медленней, чем у нетренированных; а после нагрузки у них наблюдается быстрое восстанов-

ление нейродинамических показателей, что обусловлено повышением функционального уровня двигательного аппарата.

Данные нашего исследования и работ других авторов свидетельствуют, что показатели работоспособности малых групп мышц можно использовать в качестве одного из критериев тренированности двигательного аппарата у лиц разного возраста. Особенно удобным в этом отношении является показатель статической выносливости мышц, который можно измерить при помощи динамометра. У лиц тяжелого физического труда этот показатель

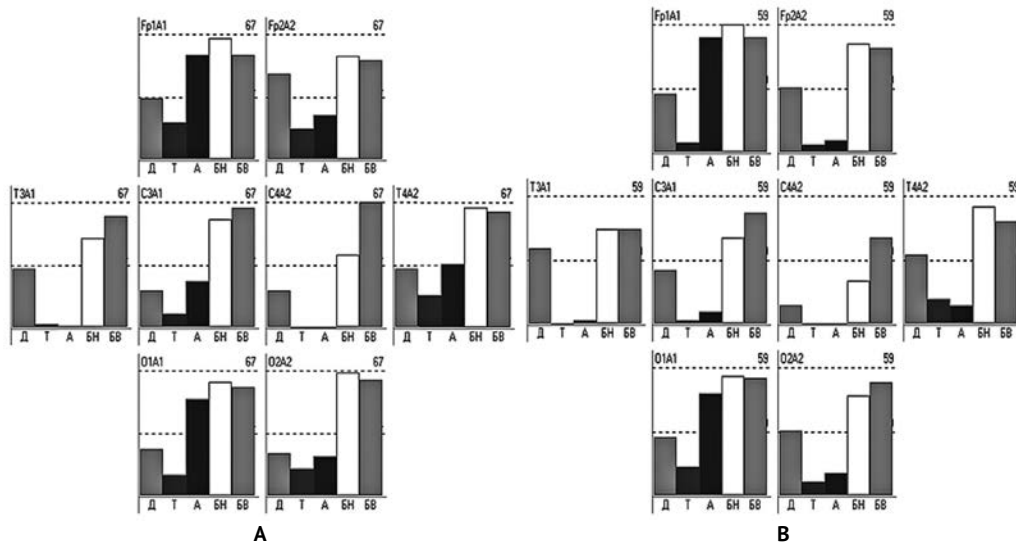


Рисунок 1 – Показатели ЭЭГ у спортсменов при ЛН. (Периодометрия, Индекс ритма, %). Обозначения: А – фоновая запись до ЛН, В – проба с ЛН (время ЛН – 1 мин 55 сек)

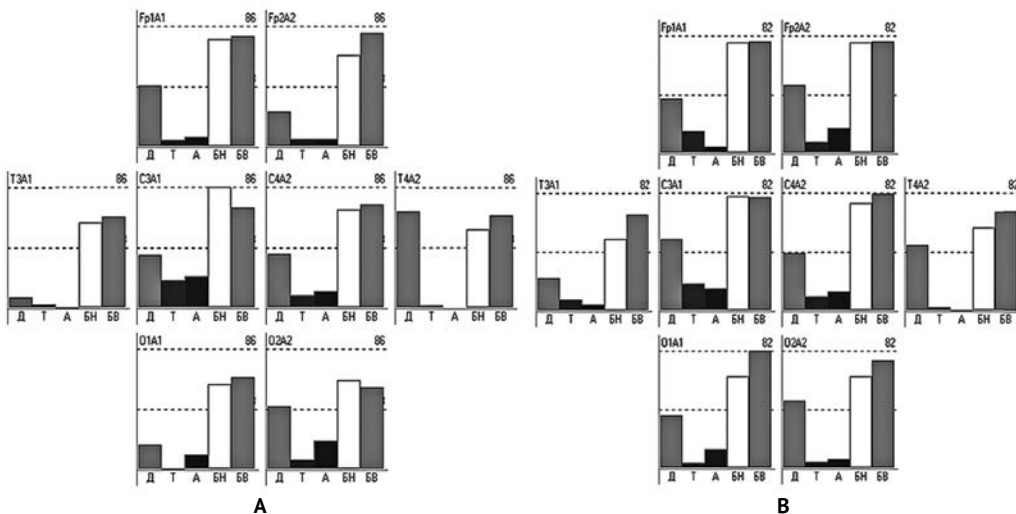


Рисунок 2 – Показатели ЭЭГ у нетренированных при ЛН. (Периодометрия, Индекс ритма, %). Обозначения: А – фоновая запись до ЛН, В – проба с ЛН (время ЛН – 55 сек)

выше, чем у нетренированных, у стайеров – выше, чем у спринтеров [3].

В данном исследовании самые низкие показатели наблюдались у нетренированных девушек, а самые высокие – у тренированных юношей (таблица 2). Виноградова О.А. (2004) также выявила изменения выносливости мышц при физической тренировке. Изменения функциональных свойств двигательного аппарата при физических тренировках объясняют появлением адаптационных изменений, возникающих в ответ на нагрузку и связанных как со специфическими особенностями собственно сократительных свойств мышц (периферический фактор), так и с характером их произвольного центрально-нервного управления (центральный фактор) [7].

Можно предположить, что первичные реакции в коре больших полушарий сопровождаются изменениями афферентных сигналов из ретикулярной формации и гипоталамуса [8], что приводит к усилению тормозного процесса в коре (лобные и центральные отделы) и отказу от работы. Доминирование альфа- и тета-волн в передних отделах полушарий при локальной работе соответствует теории возвратного торможения в цепи нейронов коры, протекающего с участием дienceфальных структур [9, 10].

Показано, что при утомлении по всей коре увеличивается медленноволновая активность в тета-и альфа-1 и 2 полосы, в то же время никаких существенных изменений не найдено в волновой активности дельта-, а также бета-волн в лобных областях [11]. Авторы объясняют, что при утомлении мозг замедляет деятельность, а попытки сохранять оптимальный уровень функций приводят к увеличению бета-волн.

Мы поддерживаем мнения авторов, выделяющих роль центральных механизмов в развитии утомления [12]. Аргумент в пользу центрального утомления привел Bangsbo J., (1996) показав, что накопление молочной кислоты при интенсивных нагрузках не влияет на развитие утомления мышц. Мы согласны с мнением Noakes T.D. о необходимости продолжать исследования утомления при разных типах нагрузок на мышцы [13].

Таким образом, данные, полученные в работе, свидетельствуют, что связь между общими физическими нагрузками и функциональным состоянием отдельных мышц может быть обусловлена центральными механизмами регуляции двигательных функций. При этом центральные нервные изменения сочетаются с морфофункциональными изменениями в мышцах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ortenblad N., Westerblad H., Nielsen J. Muscle glycogen stores and fatigue. *The Journal of Physiology*, Volume 591, Issue 18, pages 4405-4413, 2013.
- Rampinini E., Connolly D. R., Oppici L., Alberti G. et al. Reliability of the assessment of peripheral muscle fatigue induced by high-intensity intermittent exercise. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness*. 2015;55(10):1129-37.
- Розенблат, В. В. Утомление при динамической и статической мышечной деятельности человека / В. В. Розенблат, С. А. Устьянцев // Физиология человека. – 1989. – Т. 15. – № 5. – С. 90.
- Bangsbo J., K. Madsen, B. Kiens and E. A. Richter. Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *Journal of Physiology*, 495:2, pp. 587-596, 1996.
- Баёва, Н.А. Значение «ведущей» репрезентативной сенсорной системы для успешности прохождения ЭЭГ-БОС-тренинга. Н. А. Баёва, В. Г. Тристан // Биоуправление в медицине и спорте: Материалы IV Всероссийской конференции, 8-9 апреля 2002 г. – Омск: ИМББ СО РАМН, СибГАФК, 2002. – С. 43-45.
- Попова, Т.В. Центральные механизмы утомления при локальной мышечной деятельности статического характера / Т. В. Попова, Ю. И. Корюкалов, Д. А. Марокко // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 4. – С. 95-100.
- Коряк, Ю. А. Нейромышечные изменения под влиянием семисуточной механической разгрузки мышечного аппарата у человека / А. Ю. Коряк // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 9. – С. 1-14.
- Карамян, А. И. О сравнительно-физиологических особенностях функциональных взаимоотношений гипоталамуса, обонятельной и лимбической систем мозга / А. И. Карамян, Т. Н. Соллертинская // Физиологический журнал СССР. – 1972. – Т. 58. – С. 974.
- Болдырева, Г. Н. Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека / Г. Н. Болдырева, Е. В. Шарова, И. С. Добронравова // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. – № 5. С. – 19-34.
- Тристан, В. Г. Обоснование метода релаксации при нейробиоуправлении / В. Г. Тристан, Н. А. Фрис, Ю. А. Крикуха // Биоуправление в медицине и спорте: Материалы I Всероссийской конференции 26-27

- апреля 1999 г. – Омск : ИМБК СО РАМН, СибГАФК, 1999. – С. 64-66.
11. Boord P., Craig A., Tran Y., Nguyen H.: Discrimination of left and right leg motor imagery for brain-computer interfaces. *Engineering and Computing* 48 (4): 2010. P. 343-350,
  12. Davis J.M. "Carbohydrates, branched-chain amino acids, and endurance: the central fatigue hypothesis". *Int J Sport Nutr* 5 (Suppl): S 29-38, 1995.
  13. Noakes T.D. Commentary: Role of hydration in health and exercise. *BMJ (British Medical Journal)*, 344: 4171. 2012.
  14. Виноградова, О. Л. Изменения показателей силы и выносливости при физической тренировке различной направленности / О. Л. Виноградова // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 2004. – Т. 90. – № 8. – С. 368-369.
  15. Pääsuke M., Ereline J., Gapeyeva H. Contractile Changes in Knee Extensor Muscles after High-Intensity Isokinetic Exercise in Male Power-Lifters and Untrained Subjects. *Physiological and biochemical basis of educational technology and adaptation to different in magnitude physical stress*. In two volumes. [Volume I]: *Materials of the International Scientific-Practical Conference (29-30 November 2012)*. Kazan Povolzhskaya GAFCS&T, 2012. – 276.
  9. Boldyreva GN, Sharova EV, Dobronravova I. S .. Role of regulatory brain structures in the formation of human EEG / *Human physiology*. 2000. V.26, №5. Pp. 19-34.
  10. Tristan VG, Fries NA, Krikukha Yu.A. Justification of the relaxation method for neurobiourea. *Bioproduction in medicine and sport: Materials of the First All-Russian Conference on April 26 - 27, 1999*. Omsk: IMBK SB RAMS, Siberian State Medical Academy, 1999. P. 64 -66.
  11. Boord P., Craig A., Tran Y., Nguyen H.: Discrimination of left and right leg motor imagery for brain-computer interfaces. *Engineering and Computing* 48 (4): 2010. P. 343-350,
  12. Davis J.M. "Carbohydrates, branched-chain amino acids, and endurance: the central fatigue hypothesis". *Int J Sport Nutr* 5 (Suppl): P.29-38, 1995.
  13. Noakes T.D. Commentary: Role of hydration in health and exercise. *BMJ (British Medical Journal)*, 344: 4171. 2012.
  14. Vinogradova OL Changes in strength and endurance in physical training of various orientations. *Russian Journal of Physiology*. I.M. Sechenov. 2004. V.90, №8. Pp. 368-369.
  15. Pääsuke M., Ereline J., Gapeyeva H. Contractile Changes in Knee Extensor Muscles after High-Intensity Isokinetic Exercise in Male Power-Lifters and Untrained Subjects. *Physiological and biochemical basis of educational technology and adaptation to different in magnitude physical stress*. In two volumes. [V. I]: *Materials of the International Scientific-Practical Conference (29-30 November 2012)*. Kazan Povolzhskaya GAFCS&T, 2012. - 276.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ortenblad N., Westerblad H., Nielsen J. Muscle glycogen stores and fatigue. *The Journal of Physiology*, V. 591, № 18, P. 4405-4413, 2013.
2. Rampinini E., Connolly D. R., Oppici L., Alberti G. et al. Reliability of the assessment of peripheral muscle fatigue induced by high-intensity intermittent exercise. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness*. 2015;55(10):1129-37.
3. Rozenblat V.V., Ustyantsev S.A. Fatigue in the dynamic and static muscular activity of a person. *Human physiology*. 1989. V. 15. № 5. P. 90.
4. Bangsbo J., K. Madsen, B. Kiens and E. A. Richter. Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *Journal of Physiology*, 495:2, Pp.587-596, 1996.
5. Bayev NA, Tristan VG The meaning of the "leading" representative sensory system for the success of EEG-BOS-training. *Bioproduction in medicine and sports: Materials of the IV All-Russian Conference on April 8-9, 2002*. Omsk: IMBB SB RAMS, Siberian State Medical Academy, 2002. Pp. 43 - 45.
6. Popova TV, Koryukalov Yu.I., Morocco D.A. Central mechanisms of fatigue with local muscular activity of a static nature. *Human physiology*. 2007. V. 33. № 4. P. 95-100.
7. Koryak Yu.A. Neuromuscular changes under the influence of seven-day mechanical unloading of the muscular apparatus in humans. *Fundamental research*. 2008. № 9. Pp.1-14.
8. Karamyan AI, Sollertinskaya TN About comparative-physiological features of functional relationships of the hypothalamus, olfactory and limbic brain systems. *Physiological Journal of the USSR*. 1972. V. 58. P. 974.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

Попова Татьяна Владимировна – доктор биологических наук, профессор, ведущий эксперт ИСТИС ЮУрГУ, e-mail: tati.porova2010@yandex.ru.  
 Корюкалов Юрий Игоревич – кандидат биологических наук, докторант ИСТИС ЮУрГУ, e-mail: arhy82@mail.ru.