

Самсонова А.В. Характеристика суммарной электрической активности мышц при выполнении силовых упражнений //Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Випуск 81. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт.- Чернігів, 2010.- 427-431.

**УДК 612.76**

**Самсонова А.В.**

## **ХАРАКТЕРИСТИКА СУММАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ**

Проведенные исследования свидетельствуют, что при выполнении силовых упражнений увеличение внешней нагрузки и работа мышц в последнем «отказном» цикле характеризуются уменьшением доли суммарной электрической активности четырехглавой мышцы бедра, соответствующей эксцентрическому режиму.

**Ключевые слова:** режимы работы мышц, метод развития силы до «отказа», электромиография, четырехглавая мышца бедра.

**Samsonova A.V.**

## **THE CHARACTERIC OF MUSCLES TOTAL ELECTRIC ACTIVITY OF PERFORMING POWER EXERCISES**

The research done testifies increasing external loading and muscles work at the last “refusal” cycle is characterized by decreasing a portion of total electrical activity by quadriceps femoris muscle, corresponding with an eccentric mode.

**Key words:** operating muscles modes, method of development force to “refusal”, electromiography, quadriceps femoris muscle.

Известно, что силовая тренировка оказывает различное воздействие на силу и гипертрофию скелетных мышц в зависимости от режима сокращения. Тренировка в эксцентрическом (уступающем) режиме способствует большему приросту мышечной массы по сравнению с тренировкой в концентрическом (преодолевающем) и изометрическом режимах (M.J.Gibala et al., 1995; E. Hagbie et al., 1996; J.Y.Seger, B.Arvidsson, A.Thorstensson, 1998; M.J.Gibala et al.,

2000). Показано, что работа в эксцентрическом режиме обладает более низкой метаболической стоимостью по сравнению с работой мышц в concentрическом режиме (B.Katz, 1939; B.C.Abbott, B.Bigland, J.M.Ritchie, 1952; N.Curtin, R.E.Davies, 1973; S.L.Lindstedt, P.C.LaStayo, T.E.Reich, 2001). Данные электромиографических исследований подтверждают этот вывод: во время эксцентрических сокращений суммарная электрическая активность мышц (СЭАМ) на 40% меньше, чем во время concentрических (M.J.Gibala et al., 1995).

Однако до настоящего времени отсутствуют сведения о влиянии величины внешней нагрузки и характера выполнения силовых упражнений (стандартное или до «отказа») на значения СЭАМ, которые соответствуют различным режимам работы мышц.

**ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ** являлось изучение электрической активности мышц при выполнении силовых упражнений.

#### **ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:**

1. Определить влияние внешнего отягощения на величину СЭАМ в различных режимах сокращения мышцы.
2. Оценить влияние характера работы при выполнении силовых упражнений на величину СЭАМ в различных режимах сокращения мышцы.

#### **ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ.** Предполагалось что:

1. При увеличении внешней нагрузки доля СЭАМ, приходящейся на эксцентрический режим будет уменьшаться.
2. В «отказном» цикле движения доля СЭАМ, соответствующей эксцентрическому режиму сокращения будет меньше, чем в стандартном цикле.

#### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:**

Электрическая активность мышц регистрировалась посредством стандартного программно-аппаратного комплекса (разработчик ОКБ Ритм, г. Таганрог), включающего в себя накожные электроды, устройство регистрации ЭМГ и компьютерную программу обработки ЭМГ. После наклейки на латеральную широкую мышцу бедра электрод тщательно закреплялся посредством лейкопластыря и эластичного бинта. После этого выполнялась пробная

запись ЭМГ, и устанавливалось нулевое значение. Все записанные ЭМГ сохранялись в специализированных базах данных.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.** В эксперименте приняли участие 7 спортсменов: четыре начинающих бодибилдера (ББ) и четыре тяжелоатлета (ТА) высокой квалификации, табл.1.

После разминки спортсмены выполняли разгибание ног на силовом тренажере. Регистрировалась ЭМГ широкой латеральной мышцы бедра. Эксцентрическому режиму работы мышцы соответствовало опускание штанги вниз (рис.1), концентрическому режиму – поднятие штанги вверх. Начало цикла движения всегда начиналось с опускания штанги вниз, то есть вначале мышца работала в эксцентрическом, а затем – концентрическом режимах.

Таблица 1

Сведения об исследуемых

| Исследуемый | Вид атлетизма | квалификация | возраст, лет | Рост, см | Вес, кг |
|-------------|---------------|--------------|--------------|----------|---------|
| М.М.        | ББ            | -            | 19           | 172      | 70      |
| М.И.        | ББ            | -            | 19           | 174      | 100     |
| Б.А.        | ББ            | -            | 20           | 187      | 75      |
| И.Д.        | ББ            | -            | 19           | 180      | 82      |
| В.А.        | ТА            | МС           | 20           | 170      | 67      |
| Т.А.        | ТА            | КМС          | 20           | 172      | 76      |
| К.А.        | ТА            | КМС          | 19           | 170      | 65      |

Протокол исследований был следующим. Вначале все спортсмены выполняли разминку и пробовали выполнить исследуемое двигательное действие с внешней нагрузкой, соответствующей 20% от 1ПМ<sup>1</sup> (масса штанги соответствовала 50 кг) 15 раз. Затем внешняя нагрузка увеличивалась до 60% от 1ПМ (масса штанги для разных исследуемых варьировала от 140 до 180 кг) и исследуемые выполняли три подхода жима ногами штанги лежа на тренажере, в каждом из которых двигательное действие выполнялось до «отказа». В последнем подходе нагрузка уменьшалась до 20 % от 1ПМ и двигательное действие также выполнялось до «отказа». Между каждым подходом интервал

<sup>1</sup> 1ПМ – масса штанги, которую спортсмен может поднять один раз.

отдыха составлял 5 минут.



Рис.1. Момент проведения эксперимента

**Статистическая обработка.** Обработка данных проводилась с использованием пакета STATGRAPHICS plus for Windows. Вначале для каждого исследуемого подсчитывалась суммарная электрическая активность мышц соответствующая эксцентрическому и концентрическому режимам сокращения в цикле движения при стандартном выполнении двигательного действия и во время последнего, «отказного» цикла. После этого вычислялась доля *СЭАМ* в цикле сокращения, приходящаяся на эксцентрический режим (*EX%*). С этой целью использовалась формула (1).

$$EX\% = \frac{СЭАМ(EX)}{СЭАМ(K)} \quad (1),$$

где: *СЭАМ (EX)* – суммарная электрическая активность мышц, приходящаяся на эксцентрический режим мышечного сокращения, мВс; *СЭАМ (K)*– суммарная электрическая активность мышц, приходящаяся на концентрический режим мышечного сокращения, мВс.

Затем рассчитывались числовые характеристики (среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического) для значений, характеризующих

долю эксцентрического режима ( $EX\%$ ) по выборке бодибилдеров (4 испытуемых) и по выборке тяжелоатлетов (3 исследуемых). Проверка статистических гипотез о различиях в значениях показателя  $EX\%$  при выполнении стандартного и «отказного» движения осуществлялась посредством критерия Вилкоксона для связанных выборок. Был принят уровень значимости равный 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Первая задача исследования заключалась в определении влияния величины внешнего отягощения на значение суммарной электрической активности мышц в различных режимах их функционирования. В таблице 2 представлены индивидуальные данные об изменении СЭА широкой латеральной мышцы бедра при выполнении силового упражнения с различными отягощениями в стандартном и «отказном» циклах.

Таблица 2

Значения суммарной электрической активности (мВ с) широкой латеральной мышцы бедра при выполнении жима штанги лежа на тренажере с различными отягощениями

| Испыт. | Масса штанги, кг | Стандартный цикл |             |             |      | Последний «отказной» цикл |             |            |      |
|--------|------------------|------------------|-------------|-------------|------|---------------------------|-------------|------------|------|
|        |                  | n                | эксцентр.   | концентр.   | EX,% | n                         | эксцентр.   | концентр.  | EX,% |
| М.М.   | 50               | 43               | 0,255±0,006 | 0,411±0,010 | 62   | 1                         | 0,26        | 0,73       | 35   |
|        | 180              | 12               | 0,654±0,026 | 1,295±0,044 | 50   | 3                         | 0,696±0,024 | 2,2±0,11   | 31   |
| М.И.   | 50               | 16               | 0,058±0,003 | 0,169±0,005 | 34   | -                         | -           | -          | -    |
|        | 180              | 91               | 0,183±0,006 | 0,411±0,009 | 45   | 3                         | 0,373±0,163 | 0,87±0,075 | 43   |
| Б.А.   | 50               | 52               | 0,071±0,003 | 0,154±0,004 | 46   | 1                         | 0,1         | 0,41       | 24   |
|        | 140              | 22               | 0,225±0,02  | 0,543±0,017 | 41   | 3                         | 0,25±0,015  | 0,77±0,03  | 32   |
| И.Д.   | 50               | 40               | 0,085±0,004 | 0,172±0,005 | 49   | 1                         | 0,89        | 1,55       | 57   |
|        | 180              | 73               | 0,168±0,007 | 0,414±0,08  | 41   | 3                         | 0,35±0,09   | 2,35±0,164 | 15   |
| Т.А.   | 50               | 38               | 0,196±0,004 | 0,325±0,005 | 60   | 1                         | 0,18        | 0,34       | 52   |
|        | 180              | 58               | 0,211±0,004 | 0,537±0,011 | 39   | 3                         | 0,25±0,011  | 0,83±0,032 | 30   |
| К.А.   | 50               | 59               | 0,255±0,009 | 0,553±0,013 | 46   | 1                         | 0,26        | 0,77       | 34   |
|        | 140              | 61               | 0,486±0,011 | 1,184±0,021 | 41   | 3                         | 0,616±0,02  | 2,15±0,057 | 29   |
| В.А.   | 50               | 49               | 0,124±0,003 | 0,241±0,005 | 51   | 1                         | 0,17        | 0,56       | 30   |
|        | 160              | 18               | 0,283±0,006 | 0,685±0,017 | 41   | 3                         | 0,270±0,015 | 0,936±0,06 | 29   |

Примечание: в таблице приведены значения среднего арифметического и ошибки среднего арифметического, n – количество циклов, подвергнутых обработке.

Из таблицы 2 следует, что увеличение внешней нагрузки приводит к

достоверному ( $P \leq 0,05$ ) увеличению СЭА широкой латеральной мышцы как в эксцентрическом, так и концентрическом режимах. Однако доля СЭАМ, приходящейся на эксцентрический режим, уменьшается как в стандартном, так и в «отказном» циклах практически у всех исследуемых. Исключением являются данные исследуемых: М.И. (стандартный цикл) и Б.А. («отказной» цикл).

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что *увеличение внешней нагрузки приводит к уменьшению в цикле движения доли СЭАМ, приходящейся на эксцентрический режим.*

Второй задачей исследования являлась оценка влияния характера работы при выполнении силовых упражнений на величину СЭАМ. Из таблицы 2 следует, что при выполнении двигательного действия с внешней нагрузкой в 20% и 60% от 1ПМ практически у всех исследуемых (кроме исследуемого И.Д.) доля эксцентрического режима ( $EX\%$ ) при выполнении «отказного» цикла уменьшилась. Однако по абсолютной величине СЭАМ, приходящаяся на эксцентрический режим, достоверно не изменилась. Уменьшение показателя  $EX\%$  связано с тем, что по абсолютной величине СЭАМ, приходящаяся на концентрический режим, значительно увеличилась ( $P \leq 0,05$ ). Таким образом, уменьшение доли эксцентрического режима в цикле связано со значительным возрастанием СЭАМ при работе в концентрическом режиме. В таблице 3 представлена доля СЭАМ, приходящейся на эксцентрический режим ( $EX\%$ ) при выполнении жима штанги лежа на тренажере различного веса при стандартном и «отказном» движениях для групп бодибилдеров и тяжелоатлетов. Из таблицы 3 следует, что показатель  $EX\%$  в стандартном цикле *с увеличением отягощения* уменьшается с 48% до 44% в группе бодибилдеров и 52 до 40,3% в группе тяжелоатлетов. В «отказном» цикле показатель  $EX\%$  с увеличением отягощения уменьшается с 37 до 30% (группа бодибилдеров) и с 39 до 29,3 (группа тяжелоатлетов). Однако из-за небольшого объема выборки различия статистически недостоверны ( $P > 0,05$ ).

Доля эксцентрического режима ( $EX\%$ ) по отношению к концентрическому в стандартном и «отказном» циклах

| Вид атлетизма | n | % от 1ПМ | стандартный цикл | «отказной» цикл | P     |
|---------------|---|----------|------------------|-----------------|-------|
| ББ            | 4 | 20       | 48±5             | 37±9            | >0,05 |
|               |   | 60       | 44±2             | 30±5            | >0,05 |
| ТА            | 3 | 20       | 52±4             | 39±12           | >0,05 |
|               |   | 60       | 40,3±0,6         | 29,3±0,6        | >0,05 |

Работа до «отказа» влияет на показатель ( $EX\%$ ) аналогично увеличению нагрузки (табл.3). Как в группе бодибилдеров, так и в группе тяжелоатлетов, показатель  $EX\%$  значительно меньше при выполнении «отказного» цикла дви-

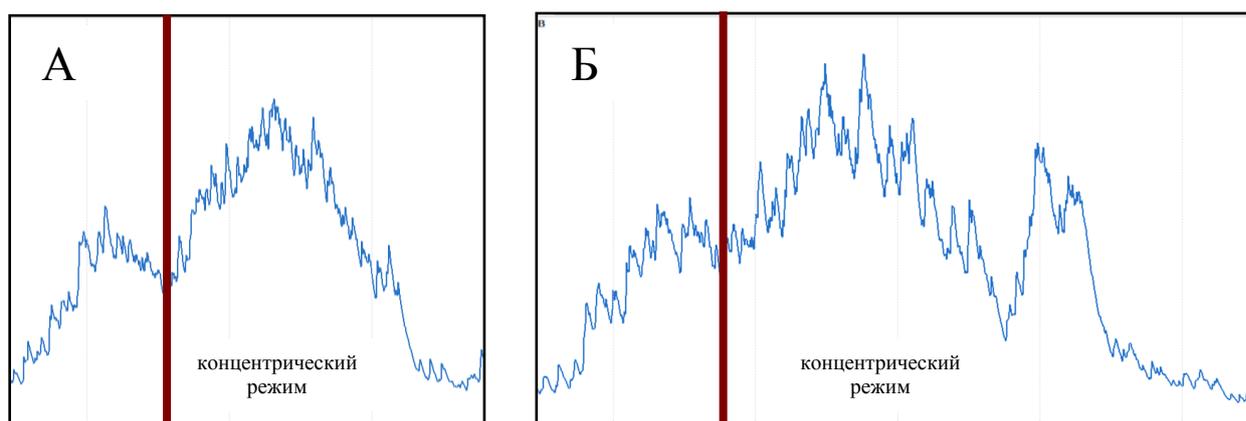


Рис.2. ЭМГ широкой латеральной мышцы бедра при выполнении силового упражнения жим штанги лежа на тренажере. Масса штанги 180 кг (60% от 1ПМ). Испыт. М.М.

Обозначения: А – стандартный (второй цикл движения), Б – последний («отказной») цикл движения. Жирная вертикальная линия отделяет фазу движения соответствующую эксцентрическому режиму от фазы, соответствующей концентрическому режиму. Ось абсцисс – время, с, ось ординат – амплитуда ЭАМ, мВ.

жения по сравнению со стандартным. Уменьшение этого показателя связано с резким возрастанием фазы двигательного действия, приходящейся на концентрический режим (рис.2). То есть, возрастание СЭАМ, приходящейся на концентрический режим связано с увеличением длительности электрической

активности мышцы. Амплитуда ЭАМ при этом не изменяется.

## **ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Известно, что работа «до отказа» приводит к значительному уменьшению энергетических запасов в мышечных волокнах. Вследствие этого при выполнении «отказного» цикла уменьшается количество активных мышечных волокон. Поэтому чтобы сообщить ОЦМ штанги определенную скорость (в крайнем нижнем положении скорость штанги равна нулю), то есть передать ей определенное количество движения, мышце необходимо развить достаточный импульс силы. При резком падении уровня силы мышцы, из-за уменьшения количества активных мышечных волокон развитие необходимого импульса силы возможно только за счет увеличения времени приложения усилий. Именно с этим связано повышение длительности фазы концентрической работы мышцы при увеличении внешней нагрузки и при выполнении работы «до отказа». Это в конечном итоге сказывается на увеличении доли суммарной электрической активности мышцы, приходящейся на фазу концентрического сокращения мышцы и, как следствие – уменьшению параметра  $EX\%$ , характеризующего долю СЭАМ, приходящейся на эксцентрический режим.

## **ВЫВОДЫ**

1. При выполнении силового упражнения увеличение массы внешнего отягощения приводит к уменьшению доли суммарной электрической активности четырехглавой мышцы бедра (СЭАМ), соответствующей эксцентрическому режиму ( $EX\%$ ).
2. В «отказном» цикле движения доля СЭАМ, соответствующая эксцентрическому режиму ( $EX\%$ ), меньше, чем в стандартном.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Abbott, B.C. The physiological cost of negative work [Text]. /B.C. Abbott, B. Bigland, J.M Ritchie //Journal of Physiology, 1952. – V. 117. – P. 380-390.
2. Curtin, N. Chemical and mechanical changes during stretching of activated frog skeletal muscle [Text] /N. Curtin, R. E. Davies //Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology, 1973. – V. – 37. – P. 619-626.
3. Gibala, M.J. Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength-trained men [Text] /M.J., S. A. Interisano, M.

A. Tarnopolsky, B. D. Roy, J.R. MacDonald, K.E. Yarasheski, and J. D. MacDougall // *Can Journal of Physiology and Pharmacology*, 2000.– V.78.– N8.– P.656–661.

4. Gibala, M.J. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise [Text] / M.J.Gibala, J. D.MacDougall, M.A.Tarnopolsky, W.T.Stauber, A.Elorriaga // *Journal of Applied Physiology*, 1995.– V.78.– P. 702-708.

5. Higbie, E.J. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation [Text] / E.J.Higbie, K.J.Cureton, G.L.III Warren., B.M.Prior // *Journal of Applied Physiology*, 1996.- V.81.- N 5.- P. 2173-2181.

6. Katz, B. The relation between force and speed in muscular contraction /B Katz // *Journal of Physiology*, 1939 –V. 96.– P. 45-64.

7. Lindstedt, S.L. When Active muscles Lengthen: Properties and consequences of Eccentric Contractions [Text] /S.L.Lindstedt, P.C.LaStayo, T.E.Reich // *News in Physiological Scienses*, 2001.– V. 16.– N.6.–P. 256-261.

8. Seger J.Y. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans [Text] /J.Y.Seger, B.Arvidsson, A.Thorsten-son // *European Journal of Applied Physiology*, 1998 .– V. 79 .–N 1.– P. 49-57.