Самсонова, А.В. Влияние силовой тренировки на параметры, определяющие объем скелетных мышц человека /А.В. Самсонова, И.Э. Барникова //Культура физическая и здоровье, 2013.- № 4 (46).- С. 35-38

АННОТАЦИЯ

Введение. Долгое время проблема гипертрофии скелетных мышц являлась предметом изучения анатомии и гистологии. В настоящее время назрела необходимость в формализации параметров, определяющих объем скелетных мышц, возрастание которых приводит к мышечной гипертрофии. **Результаты.** В статье рассмотрены четыре параметра, определяющие объем скелетных мышц человека: площадь поперечного сечения мышечного волокна (МВ), длина МВ, количество мышечных волокон, а также объем несократительной части мышцы. Мышечные волокна моделируются цилиндрами. Площадь основания цилиндра соответствует площади поперечного сечения МВ, а высота цилиндра – длине МВ. Предложена формула, описывающая объем скелетной мышцы с использованием этих параметров. Описаны факторы, влияющие на каждый параметр. Дан анализ влияния силовой и гипертрофической силовой тренировок на параметры, определяющие объем скелетной мышцы. Показано, что под влиянием силовой и гипертрофической силовой тренировок происходят адаптационные изменения в площади поперечного сечения МВ, длине МВ и объеме несократительной части скелетной мышцы. Не доказано влияние силовой тренировки на увеличение количества мышечных волокон (гиперплазию мышечных волокон). Однако из-за большой вариативности количества мышечных волокон у людей в одной и той же мышце, для занятий атлетизмом необходимо отбирать спортсменов, имеющих мезоморфный тип телосложения, который характеризуется большим количеством мышечных волокон в скелетных мышцах. **Обсуждение и заключение.** Формализация понятий, определяющих объем скелетных мышц, позволяет выделить основные параметры, на которые воздействует силовая тренировка и целенаправленно на них влиять.

Ключевые слова: гипертрофия скелетных мышц человека, гипертрофия и гиперплазия мышечных волокон, силовая тренировка, атлетизм.

EFFECT OF STRENGTH TRAINING ON THE PARAMETERS WHICH DETERMINE THE VOLUME HUMAN SKELETAL MUSCLE

Samsonova A.V. Ph.D., Professor,

Barnikova I. E. Docent

ABSTRACT

For a long time the problem of skeletal muscle hypertrophy was the subject of a study in anatomy and histology. Currently, there is a need to formalize the parameters that determine the volume of skeletal muscle, which leads to a muscle hypertrophy. **Results.** In article considers four parameters which determine the volume of human skeletal muscle: cross-sectional area of muscle fiber (CF), the length of CF, the number of muscle fibers, as well as the volume non-contractile part of the muscle. Muscle fibers are modeled as cylinders. The basal area of the cylinder corresponds to the cross sectional area of CF and the height of the cylinder equal the length of the CF. A formula, describing the volume of skeletal muscle with the use of these parameters is offered. Factors influencing on every parameter are described. The analysis is given by the influence of workout in power and hypertrophy strength on the parameters that determine the volume of skeletal muscle. It is shown that under influence of workout in power and hypertrophy strength there are adaptation changes in the area of the cross-sectional area CF, CF length and volume non-contractile part of skeletal muscle. Influence of the power training is not proven on the increase of amount of muscular fibers (hyperplasia of muscle fibers). However, because of the great variability of muscle fibers in the same muscle in humans, training for athleticism necessary to select athletes with mesomorphic body type, which is characterized by a large number of muscle fibers in skeletal muscle. **Discussion and conclusion.** Formalization of concepts that responsible for a volume of skeletal muscles, allows to identify the main parameters that are affected by strength training and purposefully to influence them.

Keywords: Skeletal muscle, human skeletal muscle hypertrophy, muscle fiber hypertrophy and hyperplasia, strength training, athleticism, bodybuilding.

ВВЕДЕНИЕ

Под **гипертрофией скелетных мышц** понимается увеличение их объема или массы. В настоящей статье под гипертрофией понимается увеличение объема скелетных мышц. Долгое время гипертрофия скелетных мышц человека и механизмы, ее определяющие, оставались предметом изучения таких наук, как анатомия и гистология, в связи с этим, в основном использовался только описательный подход. В настоящее время гипертрофия скелетных мышц становится междисциплинарной проблемой, поэтому необходима формализация некоторых понятий, широко используемых в этой области.

Целью настоящего исследования является разработка подхода к формализации параметров, влияющих на объем скелетной мышцы человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Известно, что скелетная мышца человека состоит из нескольких компонентов. Основным компонентом мышцы являются мышечные волокна, которые составляют приблизительно 85% от ее объема [14]. Этот компонент мышцы называют сократительным, так как сокращение мышечных волокон позволяет мышце изменять свою длину и перемещать звенья опорно-двигательного аппарата, осуществляя движение звеньев тела человека. Остальной объем мышцы занимают несократительные элементы (соединительно-тканые образования, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, тканевая жидкость и др.).

В первом приближении мышечное волокно может быть представлено в виде цилиндра. Так как объем цилиндра равен произведению площади его основания на высоту, то объем мышечного волокна (V_{mv}) будет равен произведению площади его поперечного сечения (S_{mv}) на его длину (l_{mv}) (1):

$$V_{mv} = S_{mv} l_{mv} \quad (1).$$

Если обозначить количество мышечных волокон в мышце через n_{mv} , то объем всей мышцы (V_m) можно выразить формулой (2):

$$V_m = S_{mv} l_{mv} n_{mv} + V_{nc} \quad (2),$$

где: V_{nc} – объем несократительной части мышцы (то есть тот объем, который

занимают все компоненты мышцы, кроме мышечных волокон). Таким образом, можно выделить четыре параметра: площадь поперечного сечения мышечного волокна, длину мышечного волокна, количество мышечных волокон и объем несократительной части мышцы, возрастание которых позволит увеличить объем мышцы, то есть будет иметь место ее гипертрофия.

1. Площадь поперечного сечения мышечного волокна (S_{mv}) является основным параметром, влияющим на увеличение объема скелетной мышцы. Показано [9], что между площадью поперечного сечения МВ и площадью поперечного сечения двуглавой мышцы плеча существует высокая положительная корреляция ($r=0,75$ $p\leq 0,05$). То есть, чем больше площадь поперечного сечения МВ, тем больше площадь поперечного сечения всей мышцы.

Площадь поперечного сечения мышечных волокон варьирует от нескольких десятков мкм^2 до десятков тысяч мкм^2 [9]. Такая вариативность этого параметра вызвана постоянным обновлением мышечных волокон в скелетной мышце и появлением новых мышечных волокон, имеющих незначительную площадь поперечного сечения.

На значение площади поперечного сечения МВ влияют: пол, стаж занятий силовой тренировкой, а также тип мышечных волокон.

Влияние пола. У мужчин, не занимающихся спортом, площадь поперечного сечения мышечных волокон в среднем больше, чем у женщин (табл.1). При этом у мужчин вариативность площади поперечного сечения МВ значительно больше, чем у женщин.

Таблица 1

Средняя площадь поперечного сечения мышечных волокон двуглавой мышцы плеча S_{mv} у не тренирующихся мужчин и женщин

Автор, год	Пол	N	$S_{mv}, \text{мкм}^2$
J.D. MacDougall et al., 1984 [14]	м	13	6700±196
D.J. Sale et al., 1987 [16]		13	6248±359
G.E. MacCall et al., 1996 [13]		12	5348±1104
D.J. Sale et al., 1987 [16]	ж	8	4112±232

Влияние силовой тренировки. Доказано, что силовая тренировка и ее

разновидность – гипертрофическая силовая тренировка существенно влияют на увеличение площади поперечного сечения мышечного волокна. Под воздействием силовой тренировки этот параметр может увеличиться *более чем в полтора раза*. Исследованиями J.D. MacDougall et al. [14] показано, что средние значения площади поперечного сечения мышечного волокна двуглавой мышцы плеча у нетренирующихся мужчин составляют 6700 мкм², а у элитных бодибилдеров – 10500 мкм² и более.

Влияние типа МВ. Известно, что скелетные мышцы человека являются смешанными и состоят из МВ различных типов. МВ I типа являются медленными, устойчивыми к утомлению, МВ II типа – быстрые и сильные. Установлено, что площадь поперечного сечения мышечных волокон II типа больше, чем I типа [17, 9, 13]. Так, по данным G.E. MacCall et al. [13] у мужчин не занимающихся физической культурой и спортом, площадь поперечного сечения МВ I типа составляет 4200 мкм², а МВ II типа – 6400 мкм². Из этого следует, что для занятий атлетизмом необходимо отбирать спортсменов, имеющих большое количество МВ II типа.

2. Длина мышечных волокон (l_{mv}) в скелетных мышцах человека сильно варьирует и во многом определяется типом мышцы. Так, в тонкой мышце, обладающей параллельным ходом пучков мышечных волокон, длина мышечного волокна равна 26,4 см, а в латеральной широкой мышце бедра (перистой) – 7,2 см. В медиальной головке икроножной мышцы длина мышечных волокон равна 3,7 см, латеральной – 5,5 см. У камбаловидной мышцы, имеющей самый большой угол перистости (27 град.), длина мышечных волокон составляет 2,5 см [8].

Исследования показывают, что различные методы силовой тренировки способны по-разному воздействовать на длину мышечных волокон. Так, под воздействием силовой тренировки с использованием изометрического режима происходит долговременная адаптация, при этом длина мышечного волокна укорачивается, а длина сухожилия удлиняется. Наоборот, динамический режим сокращения мышц (преодолевающий или уступающий) способствуют долговременному увеличению длины мышечных волокон и долговременному уменьшению длины сухожильной части мышцы [2]. Следова-

тельно, использование динамического режима мышечного сокращения может привести к дополнительному возрастанию объема скелетных мышц за счет увеличения длины мышечных волокон. Напротив, использование в тренировке преимущественно статического режима работы мышц может привести к небольшому уменьшению их объема из-за укорочения длины мышечных волокон.

Один из методов тренировки бодибилдеров – «флашинг» приводит к временной гипертрофии мышцы. Увеличение объема мышцы происходит из-за возрастания объема мышечных волокон, вследствие увеличения содержания в них воды [10].

3. Количество мышечных волокон (n_{mv}). В скелетных мышцах человека насчитывается от нескольких десятков тысяч до миллиона мышечных волокон. Так, в прямой мышце бедра содержится около 30 тысяч мышечных волокон, а в икроножной – более миллиона [3]. Количество МВ в скелетных мышцах человека задается генетически [6, 3]. Как и площадь поперечного сечения мышечного волокна, у людей этот параметр очень сильно варьирует. Например, количество мышечных волокон в двуглавой мышце плеча может изменяться от 172 тыс. до 418 тыс. [14], то есть более, чем в два раза. Естественно, что объем мышцы у людей, имеющих большое количество мышечных волокон, будет большим. В связи с этим, для занятий атлетизмом нужно отбирать спортсменов, имеющих большое количество мышечных волокон. Чаще всего это люди, относящиеся к мезоморфному типу телосложения. У представителей этого соматотипа абсолютная масса мышц больше, чем у эндоморфов и эктоморфов. Поэтому мезоморфы характеризуются высокими значениями максимальной силы мышц, а также значениями силовой выносливости в диапазоне 30-75% от максимума [7]. По внешнему виду они отличаются мускулатурой, которая от природы сильна и заметна, и почти полным отсутствием жира, крепким туловищем, объемными мышцами. Стюарт МакРоберт [4] относит показатель, характеризующий количество волокон в скелетных мышцах человека, к одному из важнейших показателей генетической одаренности бодибилдера.

Феномен увеличения количества мышечных волокон в скелетной

мышце получил название **гиперплазия**. Существуют противоречивые мнения о влиянии силовой тренировки на гиперплазию мышечных волокон [15]. Доказано, что у животных под воздействием тренировки силовой направленности наблюдается гиперплазия мышечных волокон [1, 12, 11]. Однако достоверных доказательств гиперплазии мышечных волокон у человека до сих пор не получено [14, 3].

4. Объем несократительной части мышцы ($V_{нс}$). Объем, занимаемый соединительными тканями и другими несократительными компонентами мышцы составляет приблизительно 15% от общего объема мышцы [14]. Этот параметр мышцы также можно увеличить. Показано, что силовая тренировка приводит к увеличению количества капилляров, окружающих мышечные волокна, что способствует увеличению параметра $V_{нс}$. Кроме того, некоторые бодибилдеры для увеличения объема скелетных мышц вводят в них определенные препараты, например, синтол [5]. Введение большого количества этих препаратов, также увеличивает объем несократительной части мышцы.

Таким образом, существующие в настоящее время методы силовой тренировки позволяют целенаправленно воздействовать на три из четырех параметров, определяющих объем скелетной мышцы: площадь поперечного сечения мышечного волокна, длину мышечного волокна и объем несократительной части мышцы. Влияние силовой тренировки на увеличение количества мышечных волокон не доказано. Однако возможен отбор спортсменов, имеющих большое количество МВ. Такими спортсменами являются люди, имеющие мезоморфный тип телосложения.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье сделана попытка формализовать некоторые понятия, используемые для описания объема скелетных мышц человека. Это позволяет выделить основные параметры, на которые воздействует силовая тренировка и описать их адаптивные изменения. Более четкое обозначение получает понятие гиперплазии мышечных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудзь, П.З. О морфологических изменениях скелетных мышц в условиях повышенной и пониженной физической деятельности организма животных / П.З. Гудзь // Теория и практика физической культуры, 1963. – № 11. – С. 39-43.
2. Козлов, В.И. Основы спортивной морфологии: учебное пособие для ин-тов физической культуры / В.И. Козлов, А.А. Гладышева. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 103 с.
3. МакКомас, А. Дж. Скелетные мышцы. Строение и функции / А. Дж. Мак-Комас. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 407 с.
4. МакРоберт, С. Думай! Бодибилдинг без стероидов / С. МакРоберт. – М.: Уайлер спорт, 1997. – 223 с.
5. Петров, М.Н. Бодибилдинг: новые методы тренинга / М.Н. Петров. – Минск: Харвест, 2009. – 240 с. ил.
6. Хартманн, Ю. Современная силовая тренировка / Ю. Хартманн, Х. Тюнеманн. – Берлин: Шпортферлаг, 1988. – 335 с.
7. Шутов, К.Ф. Развитие силовой выносливости культуристов 16 – 18 лет с учетом их морфологических особенностей / К.Ф. Шутов: Автореф. дис...канд. пед. наук. – СПб, 1997. – 24 с.
8. Энока, Р. Основы кинезиологии / Р. Энока. – Киев: Олимпийская литература, 1998. – 399 с.
9. Alway, S.E. Contrasts in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders / S.E. Alway, W.H. Grumbt, W.J. Gonyea, J. Stray-Gundersen // Journal of Applied Physiology, 1989. – V. 67. – P. 24-31.
10. Fleck, S.L. Designing Resistance Training Programs / S.L. Fleck, W.J. Kraemer. – 2004: Human Kinetics. – 337 p.
11. Gollnick, P.D. Muscular enlargement and number fibers in skeletal muscles of rats / P.D. Gollnick, B.F. Timson, R.L. Moore, M. Riedy // Journal of Applied Physiology, 1981. – V. 50. – № 5. – P. 936-943
12. Gonyea, W. Skeletal muscle fiber splitting induced by weight-lifting exercise in cats / W. Gonyea, G.C. Ericson, F. Bonde-Petersen // Acta Physiologica

Scandinavica, 1977. – V. 99. – N.1. – P. 105-109.

13. MacCall, G.E. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia and capillary density in college men after resistance training / G.E. MacCall, W.C. Byrnes, A. Dickinson, P.M. Pattany, S.J. Fleck // Journal of Applied Physiology, 1996. – V. 81.– № 5. – P. 2004-2012.

14. MacDougall, J.D. Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects / J.D. MacDougal, D.G. Sale, S.E. Alway, J.R. Sutton // Journal of Applied Physiology, 1984. – V 57.– № 5. – P. 1399-1403.

15. Reggianni, C. Hyperplasia in Exercise-Indused Muscle Growth? /C. Reggianni, T. Kronnie // Basic Applied Myology, 1999. – V.9. – N 6. – P. 289-292.

16. Sale, D.J. Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and male bodybuilders / D.J. Sale, J.D. MacDougall, S.E. Always J.R. Sutton // Journal of Applied Physiology, 1987. – V.62. – № 5. – P. 1786-1793.

17. Tesch, P.A. Muscle fiber types and size in trained and untrained muscles of elite athletes / P.A. Tesch, J. Karlsson // Journal of Applied Physiology, 1985. – V. 59. – N.6. – P. 1716-1720.

BIBLIOGRAPHY:

1. Gudzy, P.Z. About morphological changes of skeletal muscles in the conditions of the increased and lowered physical activity of an organism of animals / P.Z. Gudzy //Theory and practice of physical culture, 1963. – No. 11. – P. 39-43.

2. Kozlov V.I. Osnovy of sports morphology: the manual for in-tov physical culture / V.I. Kozlov, A.A. Gladysheva. – M: Physical culture and sports, 1977. – 103 p.

3. MacComas, A.J. Skeletal muscles. Structure and functions / A.J. MacComas. – Kiev: Olympic literature, 2001. – 407 p.

4. MacRobert, S. Sinks! Bodybuilding without steroids / S. MacRobert. – M: Uayler sports, 1997. – 223 p.

5. Petrov, M.N. Bodibilding: new methods of training /M. N. Petrov. – Minsk: Harvest, 2009. – 240 pt.
6. Hartmann, Y. Modern power training / Y. Hartmann, X. Tunemann. – Berlin: Sportferlag, 1988. – 335 p.
7. Shutov, K.F. The development of strength endurance bodybuilders 16 - 18 years based on their morphological features / K.F. Shutov: Author. dis ... Candidate. ped. Science. – St. Petersburg, 1997. – 24 p.
8. Enoka, R. Neuromechanical Basis of kinesiology/ R. Enoka.– Kiev: Olimpiyskaya literatura, 1998. – 399 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Самсонова Алла Владимировна – заведующая кафедрой биомеханики НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург, докт. пед. наук, профессор.

Дом. Адрес: 195426 Санкт-Петербург, ул. Ленская дом 3 корп. 2 кв. 606.

e-mail: alla_samsonova@rambler.ru

тел. 8-911-294-78-78

Барникова Ирина Эдуардовна – доцент кафедры биомеханики НГУ им. П.Ф.Лесгафта, канд. пед. наук, Санкт-Петербург, ул. Маршала Новикова, дом.8, корп.1, кв.54

e-mail: barnikova@hotmail.com

тел. 8(911)2892527