

УДК 612.741.91

## **ВЗАМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЕМ МПК И КОМПОЗИЦИЕЙ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА**

**Самсонова Алла Владимировна**, д.п.н., профессор, заведующая кафедрой

**Крестинина Анна Алексеевна**, аспирант

Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, кафедра биомеханики

**Аннотация.** На основе статистического анализа данных, опубликованных в статьях П.Д. Голлник (P.D. Gollnik) [8] и Р.С. Старон (R.S. Staron) [11] установлена взаимосвязь между уровнем максимального потребления кислорода (МПК) и процентом мышечных волокон (МВ) I типа в латеральной широкой мышце бедра (*m. vastus lateralis*) у мужчин, не занимающихся физической культурой и спортом и спортсменов низкой квалификации, а также у спортсменов высокой квалификации, занимающихся различными видами спорта. Выявлено, что зависимость между уровнем МПК и процентом МВ I типа в *m. vastus lateralis* близка к линейной. Коэффициент корреляции между МПК и процентом МВ I типа в *m. vastus lateralis* имеют следующие значения:  $r=0,807$ ,  $p\leq 0,001$  (мужчины, не занимающиеся физической культурой и спортом и спортсмены низкой квалификации),  $r=0,888$ ,  $p\leq 0,01$  (спортсмены высокой квалификации).

**Ключевые слова:** композиция мышечных волокон, МПК, спортсмены различной квалификации

## **THE RELATIONSHIP BETWEEN THE $Vo_2MAX$ LEVEL AND THE MUSCLE FIBER COMPOSITION OF HUMAN SKELETAL MUSCLES**

**Alla V. Samsonova**, PhD, Professor, Head of Department

**Anna A. Krestinina**, Postgraduate Student

Lesgaft National State University of Physical Culture, Sports and Health, St. Petersburg, Department of Biomechanics

**Abstract.** According to the statistical analysis of the data published in P.D. Gollnik [8] and R.S. Staron's articles [11] there was found an association between the level of maximal oxygen uptake ( $Vo_2max$ ) and the percentage of muscle fibers type I in the vastus lateralis (*m. vastus lateralis*) for men not engaged in physical training and sports and athletes of low qualification, as well as for highly skilled athletes involved in various sports. It was revealed that the relationship between the  $Vo_2max$  level and the percentage of muscle fibers type I *m. vastus lateralis* is close to a linear one. The correlation coefficient between the  $Vo_2max$  and the percentage of muscle fibers type I in the *m. vastus lateralis* is as follows:  $r=0,807$ ,  $p\leq 0,001$  (men not engaged in physical training and sports and unskilled athletes),  $r=0,888$ ,  $p\leq 0,01$  (highly skilled athletes).

**Keywords:** muscle fiber composition,  $Vo_2max$ , athletes of varying skill

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для оценки аэробной производительности спортсменов используется значение максимального потребления кислорода (МПК), так как величина потребляемого мышцами кислорода пропорциональна производимой ими работе. Значение МПК зависит от двух функциональных систем: кислород-транспортной и системы утилизации кислорода, главным образом – мышечной. Известно, что медленные мышечные волокна (МВ I типа) обладают лучшим кровоснабжением по сравнению с быстрыми мышечными волокнами (МВ II типа). В них больше миоглобина – основного переносчика кислорода. В связи с этим можно предположить, что чем больше процентное содержание в скелетных мышцах МВ I типа, тем выше будет уровень МПК.

Существует ряд исследований [5, 6, 10], в которых изучалась взаимосвязь между уровнем МПК и результатом, показанным спортсменами. Также имеются публикации, в которых изучалась взаимосвязь между композицией МВ в скелетных мышцах человека и спортивным результатом [4, 7]. Однако исследований, посвященных изучению взаимосвязи между уровнем МПК и процентом МВ I типа в скелетных мышцах человека, недостаточно.

П.Д. Голлник (P.D. Gollnik) и соавторы [8] одними из первых изучили окислительную способность и морфометрические показатели (диаметр, площадь, композицию) МВ различных типов, а также значения МПК спортсменов – представителей различных видов спорта, однако попытка установить зависимость МПК от процента медленных МВ не была предпринята.

К. Фостер (C. Foster) и соавторы [5] установили высокую положительную корреляцию ( $r=0,67$ ) между процентом МВ I типа в *m. gastrocnemius* хорошо тренированных бегунов ( $n=26$ ) на длинные дистанции и уровнем МПК.

Р.С. Старон (R.S. Staron) и соавторы [11] изучали адаптацию различных типов МВ к физическим нагрузкам противоположной направленности: на силу и на выносливость. Была установлена отрицательная корреляция ( $r=-0,728$ ,  $p\leq 0,01$ ) между процентом МВ II типа и значениями МПК.

С.А. Бойцов с соавторами [1] установили высокие коэффициенты корреляции между процентом МВ I типа и уровнем МПК у здоровых мужчин ( $n=34$ ) в возрасте  $22,2\pm 3,4$  года. Для *m. biceps brachii* коэффициент корреляции был равен  $0,92$ ; *m. triceps brachii* –  $0,70$ ; *m. quadriceps femoris* –  $0,85$ ; *m. gastrocnemius* –  $0,70$ .

Показано также [2], что при одинаковом проценте медленных МВ, уровень МПК у спортсменов выше, чем у не спортсменов. Также установлено [1], что у здоровых мужчин ( $n=34$ ) в возрасте  $22,2\pm 3,4$  года между уровнем МПК и процентом МВ I типа существует корреляционная зависимость, в то время как у мужчин более старшего возраста ( $60,2\pm 13,3$  лет), такая зависимость отсутствует.

Целью настоящего исследования является установление формы зависимости между значением МПК и процентным содержанием медленных МВ в *m. vastus lateralis* у не спортсменов, и спортсменов низкой и высокой квалификации – представителей различных видов спорта на основе анализа данных, представленных в литературных источниках.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью установления формы зависимости между значением МПК и процентным содержанием в мышцах медленных волокон I типа был проведен корреляционный и регрессионный анализ данных, представленных в литера-

турных источниках. В статье Р.С. Старон (R.S. Staron) [11] приведены исходные данные о возрасте и антропометрических характеристиках исследуемых, проценте жира, уровне МПК и процентном содержании мышечных волокон I типа в m. vastus lateralis у лиц, ведущих малоподвижный образ жизни (n=4), шести тяжелоатлетов и семи бегунов (таблица 1). В статье П.Д. Голлник (P.D. Gollnik) [8] представлены исходные данные об уровне МПК, квалификации и процентном содержании МВ I типа в m. vastus lateralis у семи элитных спортсменов (таблица 2). Исходные данные о проценте МВ I типа в m. vastus lateralis получены на основе биопсии и последующего гистохимического анализа по методике Падикула-Херман (Padikula & Herman) [8, 9] и Брук-Кайзер (Brooke & Kaiser) [3, 11].

Таблица 1.

**Антропометрические, морфометрические и метаболические данные исследуемых [11]**

Испытуемый	Возраст, лет	Рост, см	Вес, кг	% BF*	% МВ типа	МПК, мл/кг мин
Контроль						
1	20	178,0	82,9	18,1	34,7	46,1
2	36	176,5	72,5	20,3	15,0	31,6
3	19	175,7	65,0	9,0	23,3	47,3
4	32	184,0	86,5	25,7	28,8	40,6
Тяжелоатлеты						
1	20	181,5	84,1	11,7	31,5	45,7
2	21	169,0	72,6	11,7	45,6	46,9
3	21	182,0	94,6	13,3	37,9	51,1
4	31	170,0	86,5	10,9	59,3	44,5
5	21	168,0	102,0	25,5	20,7	39,3
6	28	176,5	92,5	21,9	42,1	34,9
Бегуны						
1	25	175,0	62,0	10,9	70,5	65,0
2	26	170,5	61,3	11,3	76,7	63,1
3	22	165,5	58,5	5,5	58,0	61,2
4	27	173,5	70,6	6,2	59,2	59,5
5	37	186,7	67,6	10,1	77,1	55,4
6	26	177,8	65,5	9,0	71,7	56,9
7	31	163,0	60,9	11,3	72,7	56,2

\* % BF – процент жира

Данные о значениях МПК в обеих статьях получены посредством прямой спирометрии при выполнении ступенчатой нагрузки на беговой дорожке или велоэргометре.

**Рост, вес, процент МВ I типа и уровень МПК у спортсменов  
высокой квалификации [8]**

Ф.И. испытуемого, возраст, рост, вес	МВ I типа, %	МПК, л/мин	МПК, мл/ кг мин*	Комментарии
J.R. 33 года, 175 см, 75 кг	52,1	5,50	73,3	Велосипедист, пятикратный чемпион Швеции
C.S. 26 лет, 189 см, 74 кг	72,5	5,6	75,6	Велосипедист, трехкратный чемпион мира, 1969 г.; 5-ти кратный чемпион Швеции
R.P. 27 лет, 186 см, 79 кг	45,0	4,55	57,5	Байдарочник; олимпийская золотая медаль, 1964 г.; серебряная медаль на Олимпийских играх 1968 г.; пятикратный чемпион мира, последний раз в 1971 г.
A.B. 19 лет, 175 см, 70 кг	66,4	5,20	74,3	Пловец; 400 м – 4.05,8; 1500м – 16.33,4
D.M. 20 лет, 170 см, 62 кг	75,0	4,95	79,8	Бегун; 4-е место в национальном чемпионате по кроссу, 1971 г.; 28.15 (6 миль)
D.F. 21 год, 178 см, 69 кг	55,0	4,78	69,3	Бегун на средние дистанции; 1.51 – 880 ярдов; 4.04 – 1 миля
N.P. 22 года, 165 см, 61 кг	26,0	3,59	58,8	Спринтер; 9,3 – 100 ярдов

\* Столбец пересчитан на основе данных [8]

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что между процентным содержанием МВ I типа в *m. vastus lateralis* и МПК существует достоверная корреляционная зависимость ( $r=0,807$ ,  $p\leq 0,001$ ). Наиболее адекватной моделью, описывающей исходные данные, является линейная (рис.1). Коэффициенты регрессии достоверны ( $p\leq 0,001$ ), стандартная ошибка предсказания равна 6,0, уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 31,2733 + 0,380279x, \quad (1)$$

где  $x$  – процент медленных МВ в *m. vastus lateralis*,  $Y$  – МПК, мл/кг мин.

Для элитных спортсменов, представителей разных видов спорта также существует высокая корреляционная зависимость между значением МПК и процентом содержания в мышцах МВ I типа ( $r=0,888$ ,  $p\leq 0,01$ ), (рис.2). Коэффициенты регрессии достоверны, ( $p\leq 0,01$ ), стандартная ошибка предсказания равна 4,3. Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 45,0952 + 0,441157x, \quad (2)$$

где  $x$  – процент медленных МВ в *m. vastus lateralis*,  $Y$  – МПК, мл/кг мин.

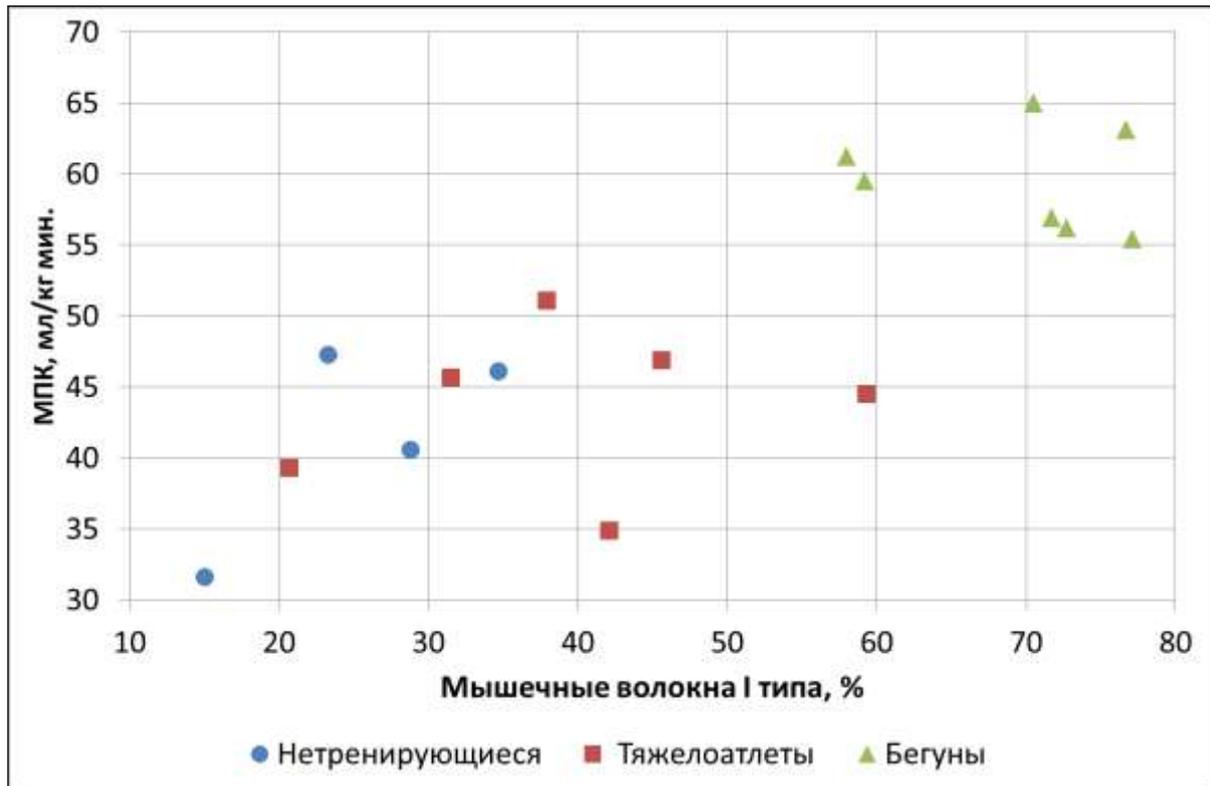


Рис. 1. Корреляционное поле зависимости МПК от процента МВ I типа в *m. vastus lateralis* у мужчин, не занимающихся спортом и спортсменов низкой квалификации (исходные данные [11])

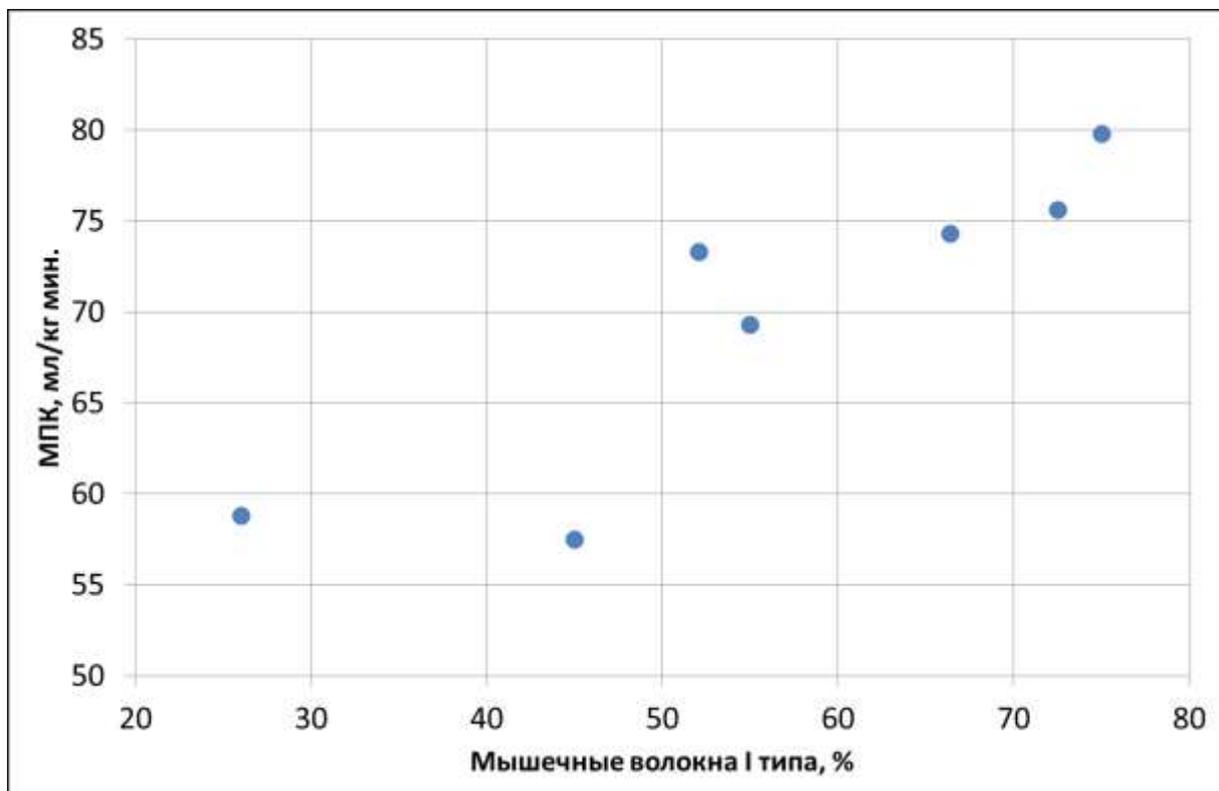


Рис. 2. Корреляционное поле зависимости МПК от процента МВ I типа в *m. vastus lateralis* у элитных спортсменов различных видов спорта (мужчины) (исходные данные [8])

## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами данные о коэффициенте корреляции между уровнем МПК и процентом МВ I типа в *m. vastus lateralis* у лиц, не занимающихся спортом и спортсменов, имеющих невысокую квалификацию ( $r=0,807$ ,  $p\leq 0,001$ ), а также у элитных спортсменов ( $r=0,888$ ,  $p\leq 0,001$ ) хорошо согласуются с данными, полученными С.А. Бойцовым [1]. У людей, не занимающихся спортом коэффициент корреляции между МПК и процентом МВ I типа в *m. vastus lateralis* равен 0,85. Латеральная широкая мышца бедра (*m. vastus lateralis*) тяжелоатлетов содержит низкий процент МВ I типа, эти спортсмены не тренируются на выносливость, поэтому уровень их МПК низкий.

Отличительной особенностью композиции мышц у представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, является относительно высокий процент МВ I типа [4]. Высокая положительная корреляционная зависимость между МПК и процентом МВ I типа свидетельствует о высоком уровне функционирования системы утилизации кислорода у спортсменов, тренирующихся на выносливость. Однако эта система не является фактором, ограничивающим МПК. Как предполагают П.Д. Голлник (P.D. Gollnik) и соавторы [8], уровень МПК ограничивают возможности сердечно-сосудистой системы.

Тем не менее, процент медленных мышечных волокон в *m. vastus lateralis* человека имеет высокую корреляцию с уровнем МПК. Это позволяет отнести МПК к переменным, посредством которых проявляется влияние внутреннего фактора – композиции МВ в *m. vastus lateralis* человека.

## ВЫВОДЫ

1. Зависимость между МПК и процентом МВ I типа у не спортсменов, а также спортсменов низкой квалификации, занимающихся тяжелой атлетикой и бегом, может быть описана линейной функцией. Значение коэффициента корреляции  $r=0,807$ ,  $p\leq 0,001$ .
2. Зависимость между МПК и процентом МВ I типа у элитных спортсменов-мужчин, представителей различных видов спорта также может быть описана линейной функцией. Значение коэффициента корреляции  $r=0,888$ ,  $p\leq 0,001$ .
3. МПК является внешним признаком, отражающим композицию МВ в скелетных мышцах человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов С.А., Кириченко П.Ю., Пинегин А.Н., Кузнецов А.Е., Корзун А.И., Рыжман Н.Н. Структурно-функциональное состояние поперечно-полосатой мускулатуры у больных хронической сердечной недостаточностью различных функциональных классов // Сердечная недостаточность. – 2003. – Т. 4. – № 4 (20). – С. 194-198.
2. Коц Я.М. Спортивная физиология: учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1998. – 200 с.
3. Brooke M.H., Kaiser K.K. Three «myosin ATPase» systems: the nature of their pH lability and sulfhydryl dependence // Journal of Histochemistry & Cytochemistry. – 1970. – Vol. 18. – No 9. – P. 670-672.
4. Costill D.L., Fink W.J., Pollock M.L. Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 1976. – Vol. 8. – No. 2. – P. 96-100.
5. Foster C., Costill D.L., Daniels J.T., Fink W.J. Skeletal muscle enzyme ac-

tivity, fiber composition and VO<sub>2</sub> max in relation to distance running performance // European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. – 1978. – Vol. – 15. – No. 39 (2). – P. 73-80.

6. Joiner J., Coyle F. Endurance exercise performance: the physiology of champions // Journal Physiology. – 2008. – Vol. 586. 1. – No. 2. – P. 35-44.

7. Horowitz J.F., Sidossis, L.S., Coyle E.F. High Efficiency of Type I Muscle Fibers Improves Performance // International Journal Sports Medicine. – 1994. – Vol. 15. – No. 3. – P. 152-157.

8. Gollnick P.D., Armstrong R.B., Saubert C.W., Piehl K., Saltin B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men // Journal of Applied Physiology. – 1972. – Vol. 33. – No.3. – P. 312-319.

9. Padykula H.A., Herman E. The specificity of the histochemical method for adenosine triphosphatase // Journal of Histochemistry & Cytochemistry. – 1955. – No. 3. – P. 170-195.

10. Thomas T.R., Zebas C.J., Bahrke M.S., Araujo J., Etheridge G.L. Physiological and psychological correlates of success in track and field athletes // British Journal of Sports Medicine. – 1983. – Vol. 17. – No. 2. – P. 102-109.

11. Staron R.S., Hikida R.S., Hagerman F.C., Dudley G.A., Murray T.F. Human Skeletal Muscle fiber Type Adaptability to Various Workloads // Journal of Histochemistry and Cytochemistry. – 1984. – Vol. 32. – No. 2. – P. 146-152.