

## ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.2

DOI: 10.26456/vtbio368

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЕЧНОЙ МАССЫ ТЕЛА У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ МОРФОТИПОВ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ**

**Н.Ю. Арепина, Т.И. Гужова, О.Ю. Джорджевич, О.О. Копкарева**  
Тверской государственной университет, Тверь

Общий анализ результатов показал, что величина потребления кислорода в условиях покоя статистически значимо и положительно связана с общей массой тела и ее мышечным компонентом и статистически не значима с жировым компонентом массы тела. В целом выявленная тенденция сохраняется и в отдельных группах спортсменов с разной степенью выраженности мышечной массы тела. Указывается, что выявленные закономерности в дальнейшем позволят определить достоверные критерии показателей потребления кислорода при разработке морфофункциональных моделей для спортсменов разных морфотипов в соответствии со спецификой вида спорта.

***Ключевые слова:** соматотипы (морфотипы) спортсменов, динамические компоненты массы тела, кислородный запрос, потребление кислорода.*

**Введение.** Современные тенденции в спорте высших достижений таковы, что все большую значимость приобретает определение у спортсменов модельных соматотипических характеристик, наиболее оптимально соответствующих особенностям не только конкретному виду спорта, но и внутренней специализации внутри него (Дорохов, Губа, 2002; Мартиросов и др., 2006; Грабельников и др., 2018; Арепина и др., 2022). Речь уже идет не только о модельных характеристиках, базирующихся на росто-весовых показателях, но и на особенностях энергетического обеспечения физической нагрузки в ряду от микросомных до макросомных конституциональных вариантов соматотипирования у спортсменов (Дорохов и др., 2002; Таймазов, марьянович, 2002; Губа, Чесноков, 2008). Поэтому, концентрация внимания не только на морфологических моделях спортивного соматотипирования, но и их

функциональных составляющих, является актуальной (Грабельников и др., 2017).

В предыдущей работе рассматривались особенности аэробного обеспечения по показателям внешнего дыхания у спортсменов разных ростовых групп и с разной степенью выраженности динамических компонентов массы тела в условиях покоя (Арепина и др., 2022). Было выявлено, что увеличение габитуса спортсменов приводит к закономерному усилению внешнего дыхания в целях удовлетворения энергетических запросов организма, позволяющих обеспечить соответствующий уровень метаболизма в условиях мышечного покоя.

Однако в стороне остался вопрос об оценке характера взаимосвязи основного показателя аэробного обеспечения – величины потребления кислорода - с общей массой тела и его динамическими компонентами (мышечной и жировой массой), что и составило цель данной работы.

**Методика.** Участниками эксперимента являлись 64 спортсмена в возрасте 20-26 лет, с квалификацией не ниже 1-го разряда. Испытуемые представляли циклические (лыжные гонки, плавание, легкая атлетика, гребля), игровые (баскетбол, футбол, волейбол) и скоростно-силовые (единоборства) виды спорта. С учетом цели и задач данного исследования испытуемые распределялись на три группы по показателю мышечной массы тела («ММТ-группы»): 1-я «ММТ-группа» – спортсмены с мышечной массой до 34,9 кг (13 спортсменов), 2-я «ММТ-группа» – мышечная масса составляла 35-44.9 кг (33 спортсмена), 3-я «ММТ-группа» – мышечная масса составляла 45 кг и более (18 спортсменов). Расчет компонентов масс тела – мышечной массы (ММТ) и жировой массы (ЖМТ) - осуществляли по методике J. Mateika (Мартыросов и др., 2006). Основные морфометрические показатели участников исследования приведены в таблице 1. Исследование проводилось в лабораторных условиях по завершении спортсменами основного подготовительного периода. Показатели потребления кислорода у участников исследования регистрировали в состоянии покоя при помощи аппаратно-программного комплекса «Метаболограф VO2000».

**Результаты и обсуждение.** Средние значения морфологических показателей и величины потребления кислорода в состоянии покоя в группах спортсменов с разной мышечной массой тела представлены в таблице 1.

Как видим у испытуемых выявлено последовательное увеличение показателя общей массы тела и ее динамических компонентов (мышечного и жирового) от 1-й к 3-ей «ММТ-группам» (табл.1). Эта же тенденция отмечается и для средних значений показателя величины потребления кислорода (табл. 1).

Более детальный анализ характера взаимосвязей между показателями потребления кислорода и динамическими компонентами массы тела по всем испытуемым выявил определенные особенности (рис. 1). Приведенные графики показывают, что величина потребления кислорода аппроксимируется умеренной прямой линейной зависимостью с ростовым показателем ( $R^2=0,530$ , рис. 1А). Между показателями потребления кислорода и жировым компонентом массы тела также отмечается прямая линейная зависимость, но с низкой статистической значимостью ( $R^2 = 0,201$ , рис. 1Г).

Таблица 1  
Средние значения морфометрических показателей и величины потребления кислорода в состоянии покоя у спортсменов с разной мышечной массой тела ( $M \pm m$ )

	ММТ (кг)	Рост (см)	ОМТ (кг)	ЖМТ (кг)	Vo2 (мл/мин)
Все испытуемые	41,4±0,9	184,1±1,3	78,6±1,5	8,8±0,5	286,3±68,6
1-я ММТ-группа (N=13)	33,0±0,5	175,3±1,6	65,6±0,9	6,9±0,6	230,6±6,4
2-я ММТ-группа (N=33) P*	40,0±0,5 <0,01	183,2±1,5 <0,01	76,2±1,2 <0,01	8,5±0,5 <0,05	266,2±8,0 <0,01
2-я ММТ-группа (N=18) P** P***	50,1±1,4 <0,01 <0,01	192,1±2,5 <0,01 <0,01	92,4±2,3 <0,01 <0,01	10,8±1,3 <0,05 <0,01	363,4±14,2 <0,01 <0,01

Примечание. P\* – достоверность различий между 1-ой и 2-ой ММТ-группами, P\*\* - достоверность различий между 3-ей и 2-ой ММТ- группами, P\*\*\* достоверность различий между 3-ей и 1-ой ММТ- группами.

Между показателями потребления кислорода и общей массой тела, а также между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела проявляются зависимости, аппроксимируемые не линейным уравнением, а полиномиальным уравнением третьей степени (рис. 1Б, В).

Приведенный анализ подчеркивает, что величина потребления кислорода в условиях покоя статистически значимо детерминируется общей массой тела, равно как и ее мышечным компонентом, в меньшей степени связана с жировым компонентом массы тела. Указанные тенденции отражают общие закономерности повышения кислородного запроса в условиях покоя в ряду от микросомных до макросомных конституций исследуемых групп спортсменов, обусловленные увеличением, так называемой активной массы тела (Волков, Савельев, 2002; Таймазов, Марьянович, 2002; Губа, Чесноков, 2008).

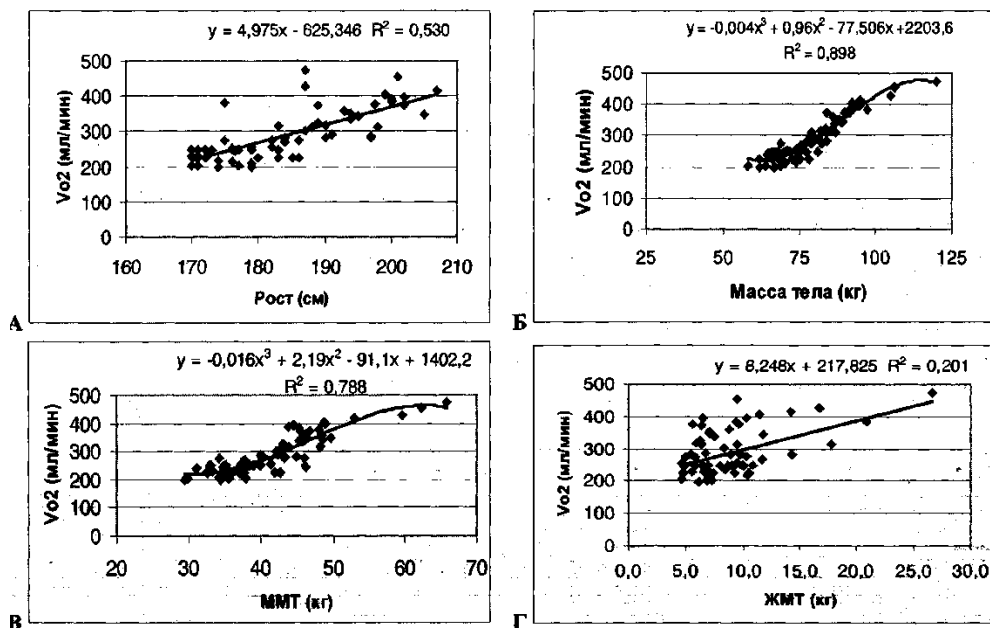


Рис. 1. Графики зависимости показателей потребления кислорода и роста (А), потребления кислорода и общей массы тела (Б), потребления кислорода и мышечной массы тела (В), потребления кислорода и жировой массы тела (Г). Значимость коэффициента достоверности аппроксимации R:  $R^2_{xy} \leq 0,3$  – слабая связь;  $0,3 < R^2_{xy} \leq 0,7$  – умеренная связь;  $R^2_{xy} > 0,7$  – сильная связь.

В частности, анализируя графики на рисунке 1Б, В, имеющих характерную S-образной форму, можно выделить три участка – нижний, средний и верхний. Формально, каждый из них характеризует особенности кислородного запроса в группах спортсменов в ряду от микросомных до макросомных вариантов соматотипов. Например, нижняя часть S-образного графика (рис. 1В, диапазон до 34,9 кг мышечной массы) указывает на нижнюю границу потребления кислорода, которая необходима для обеспечения оптимальной интенсивности метаболических процессов в условиях относительного мышечного покоя у спортсменов данного морфотипа. При этом возможности кардио-респираторной системы для обеспечения кислородного запроса у спортсменов с таким морфотипом являются достаточными. Верхняя часть графика (рис.1В, диапазон свыше 45 кг мышечной массы) указывает, что потребление кислорода при повышении мышечной массы достигает определенного предела, обусловленного ограниченными возможностями кардио-

респираторной системы по обеспечению кислородного запроса у спортсменов с таким морфотипом (Таймазов, Марьянович, 2002).

В целом это подтверждается графиками зависимости между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела по отдельным «ММТ-группам» (рис. 2А, Б, В) за исключением 1-ой «ММТ-группы». Подчеркнем, что при оценке характера взаимосвязи между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела в разных «ММТ-группах» следует учитывать как уменьшение численного значения выборки, так и установленные границы диапазона значений мышечной массы тела для каждой из исследуемых групп спортсменов.

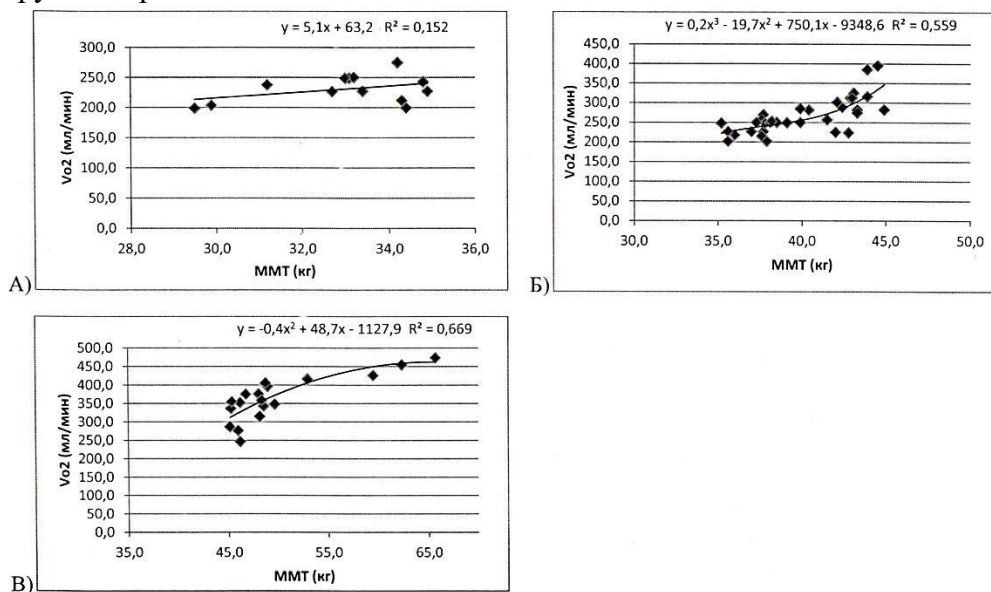


Рис. 2. Графики зависимости показателей потребления кислорода и мышечной массы тела у спортсменов 1-ой «ММТ-группы» (А), 2-ой «ММТ-группы» (Б), 3-ей «ММТ-группы» (В). Значимость коэффициента достоверности аппроксимации R:  $R^2_{xy} \leq 0,3$  – слабая связь;  $0,3 < R^2_{xy} \leq 0,7$  – умеренная связь;  $R^2_{xy} > 0,7$  – сильная связь.

Для первой «ММТ-группы» зависимость между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела, по факту, определяется как прямая линейная со слабой степенью статистической значимости ( $R^2=0,152$ , рис. 2А). Однако, на графике рисунка 1В, то есть по всей совокупности выборки в диапазоне мышечной массы до 34,9 кг, такая зависимость не наблюдается. Указанное противоречие обусловлено, прежде всего, недостаточной выборкой в первой «ММТ-группе». Возможно, это и явилось причиной низкой варибельности показателя потребления кислорода ( $\Delta Vo_2 = Vo_{2max} - Vo_{2min}$ ) у

испытуемых данной группы – 76,4 мл/мин ( $\Delta V_{O_2}=274,9\text{мл/мин}-198,5\text{мл/мин}=76,4\text{мл/мин}$ ). Выявленная по факту в данной группе линейная зависимость между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела, не точно отражает взаимосвязь показателей, если рассматривать ее вне контекста от всей выборки.

Во второй «ММТ-группе» зависимость величины потребления кислорода от мышечного компонента массы тела характеризуется умеренной степенью статистической значимости ( $R^2=0,559$ , рис. 2Б). Из особенностей характера взаимосвязи между указанными показателями в данной группе выделим следующее. Зависимость между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела аппроксимируется полиномиальным уравнением третьей степени (рис. 2Б). Следует также отметить, что данная исследуемая группа представлена спортсменами с разными вариантами габитуса, а, следовательно, с широким варьированием соматотипических признаков. В связи с этим, отмечаем увеличение (по сравнению с 1-ой «ММТ-группой») вариабельности значений величины потребления кислорода до 192,7мл/мин ( $\Delta V_{O_2}=394,8\text{мл/мин}-202,1\text{мл/мин}=192,7\text{мл/мин}$ ). Выявленный характер зависимости отражает естественный переход от 1-ой «ММТ-группы» к третьей группе и полностью соответствует средней части графика на рисунке 1В в диапазоне 35-44.9 кг мышечной массы тела.

У спортсменов третьей «ММТ-группы» зависимость величины потребления кислорода от мышечного компонента массы тела аппроксимируется полиномиальным уравнением второй степени и характеризуется умеренной степенью статистической значимости ( $R^2=0,669$ , рис. 2 В). Вариабельность значений величины потребления кислорода в данной группе участников исследования составила 227,4мл/мин ( $\Delta V_{O_2}=473,8\text{мл/мин}-246,4\text{мл/мин}=227,4\text{мл/мин}$ ). В целом характер взаимосвязи в данной группе между величиной потребления кислорода и мышечной массой тела не противоречит выявленной зависимости относительно всей совокупности выборки. В тоже время, выявленная зависимость указывает на потенциальное достижение определенного плато величины потребления кислорода при дальнейшем увеличении, как общей, так и мышечной массы тела. Иными словами, с увеличением общей и мышечной масс тела, повышается и кислородный запрос на их энергетическое обеспечение, которое не может быть удовлетворено в полном объеме из-за ограниченных возможностей кардио-респираторной системы по доставке кислорода (Таймазов, Марьянович, 2002). Примером тому – одышка, возникающая у людей с избыточным весом, в том числе и в состоянии относительного мышечного покоя.

**Заключение.** Результаты анализа полученных данных показывают, что величина потребления кислорода в условиях покоя по всей совокупности выборки статистически значимо и положительно связана общей массой тела и ее мышечным компонентом. При этом значимая связь с жировым компонентом массы тела у участников исследования не выявлена. Указанная тенденция взаимосвязи сохраняется и в отдельных группах спортсменов с разной степенью выраженности мышечной массы тела.

Определение закономерностей взаимосвязи величины потребления кислорода с общей массой тела и ее мышечным компонентом является важным. В последующем это позволит определить достоверные критерии показателей потребления кислорода при разработке морфофункциональных моделей для спортсменов разных морфотипов в соответствии со спецификой вида спорта.

### **Список литературы**

- Арепина Н.Ю., Голоулина Е.А., Лисицына Ю.Н., Резаева А.В.* 2022. Особенности аэробного обеспечения в условиях покоя у спортсменов с разными конституциональными признаками // Вестник ТвГУ. Сер.: Биология и экология. № 1(65). С. 33-38.
- Волков Н.И., Савельев И.А.* 2002. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности человека // Физиология человека. Т. 28. № 4. С. 80-93.
- Грабельников С.А., Демин А.С., Белоусова Е.В., Вирский П.Е., Джорджевич О.Ю., Куликов И.А., Савкин В.П.* 2018. Влияние многолетнего тренировочного процесса на формирование основных соматотипических признаков у спортсменов разных ростовых групп // Вестник ТвГУ. Сер.: Биология и экология. №2. С. 42-54.
- Грабельников С.А., Смирнова М.А., Хохлов Д.Ю.* 2017. Применение технологии морфофункционального профиля в целях оценки уровня подготовленности спортсмена и корректировки тренировочного процесса // Физическая культура и спорт Верхневолжья. № 10. С. 111-114.
- Губа В.П., Чесноков Н.Н.* 2008. Резервные возможности спортсменов. М.: Физическая культура. 146 с.
- Дорохов Р.Н., Губа В.П.* 2002. Спортивная морфология. М.: СпортАкадемПресс. 236 с.
- Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г.* 2006. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука. 248 с.
- Таймазов В.А., Марьянович А.Т.* 2002. Биоэнергетика спорта. СПб.: Шатон. 119 с.

## **NATURE OF THE RELATIONSHIP BETWEEN OXYGEN CONSUMPTION AND MUSCLE MASS INDICATORS IN ATHLETES OF DIFFERENT MORPHOTYPES AT REST**

**N.Yu. Arepina, T.I. Guzhova, O.Yu. Dzhordzhevich, O.O. Kopkareva**  
Tver State University, Tver

The general analysis showed that the amount of oxygen consumption at rest is statistically significantly and positively related to the total body weight and its muscle component and is not statistically significant with the fat component of body weight. In general, the revealed trend persists in certain groups of athletes with varying degrees of muscle mass. The revealed patterns will further allow determining reliable criteria for oxygen consumption indicators in the development of morphofunctional models for athletes of different morphotypes in accordance with the specifics of the sport.

**Keywords:** *somatotypes (morphotypes) of athletes, dynamic components of body weight, oxygen demand, oxygen consumption.*

*Об авторах:*

АРЕПИНА Наталья Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Arepina N.Y.@tversu.ru.

ГУЖОВА Татьяна Ивановна – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Guzhova T.I.@tversu.ru.

ДЖОРДЖЕВИЧ Ольга Юрьевна – старший преподаватель кафедры физического воспитания, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Dzhordzhevich O.Y.@tversu.ru.

КОПКАРЕВА Ольга Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры математического и естественного образования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, email: Kopkareva.OO@mail.ru.

Арепина Н.Ю. Определение характера взаимосвязи потребления кислорода и показателей мышечной массы тела у спортсменов разных морфотипов в состоянии покоя / Н.Ю. Арепина, Т.И. Гужова, О.Ю. Джорджевич, О.О. Копкарева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2024. № 3(75). С. 7-14.

Дата поступления рукописи в редакцию: 06.08.24

Дата подписания рукописи в печать: 01.09.24