

# УРОВЕНЬ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ПОРОГА АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА У НИЗКО- И ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Е.Ю. Андриянова, С.А. Моисеев

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия

## Аннотация

**Цель** – по величине максимального потребления кислорода (МПК) изучить уровень общей физической работоспособности (ОФР), а также особенности достижения порога анаэробного обмена (ПАНО) у низко- и высококвалифицированных представителей различных видов спорта.

**Методы и организация исследования.** Для определения ОФР спортсменов высокой и низкой квалификации ряда видов спорта (женщин и мужчин) в лабораторных условиях применены следующие тесты с возмущающим воздействием в виде физической нагрузки: прямой метод определения МПК (при использовании тредмила) и методика определения величины МПК ( $VO_2 \max$ ) при использовании номограммы Астранда (с применением велоэргометрической или степ-тестовой нагрузки).

**Результаты и их обсуждение.** Применение прямого метода определения МПК сопровождается получением статистически более однородных показателей по сравнению с другой опосредованной методикой измерения того же показателя. Высокая спортивная квалификация закономерно сопровождается значимым повышением ОФР по сравнению с таковой у менее опытных представителей спорта. Высококлассные спортсмены при достижении ПАНО демонстрируют тенденцию более индивидуализированной стратегии в деятельности кардиореспираторной системы по сравнению с новичками.

**Заключение.** В статье проанализированы результаты применения двух видов тестов по оценке ОФР у спортсменов низкой и высокой квалификации. Произведён анализ величин МПК, ПАНО, проанализированы условия достижения последнего показателя со стороны сердечнососудистой системы. Это позволило определить ряд общих закономерностей изменения ОФР и особенностей функционирования организма человека по мере повышения спортивной квалификации.

**Ключевые слова:** общая физическая работоспособность, прямой и непрямой методы определения максимального потребления кислорода, порог анаэробного обмена.

## PHYSICAL WORKING CAPACITY AND PECULARITIES OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM FUNCTION AT ANAEROBIC THRESHOLD IN LOW AND HIGHLY QUALIFIED ATHLETES

E.Yu. Andriyanova, e-mail: vlgafc@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8417-1701

S.A Moiseev, e-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru, ORCID: 0000-0003-3923-3285

Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports, Velikiye Luki, Russia

## Abstract

**The research purpose** – is to assess the level of physical working capacity using maximal oxygen consumption ( $VO_2 \max$ ), as well as to evaluate the features of reaching the anaerobic threshold (AT), in low and highly qualified representatives of various sports (females and males).

**Methods and organization of the research.** The following tests were held in laboratory conditions - a direct method for determining  $VO_2 \max$  (i) and  $VO_2 \max$  according to the Astrand nomogram (ii) – to assess the level of physical working capacity of low and highly qualified representatives of various sports (females and males).

**Results and their discussion.** The direct method for determining  $VO_2 \max$  allows to get the statistically more homogeneous indicators in comparison with indirect ones (by using Astrand nomogram). High sports quali-

fications are accompanied by a significant increase in physical working capacity level in comparison with less experienced sports representatives. High-quality athletes, when achieving the AT, demonstrate a tendency to a more individualized strategy in the cardio respiratory system activity unlike the beginners.

**Conclusion.** The article analyses the results of the use of two types of tests to assess the physical working capacity in athletes of low and high qualifications. The analysis of VO<sub>2</sub>max and AT values, as well as the heart rate data at reaching AT-indicator, was performed. The results identify the main changes in the physical working capacity and some peculiarities of the athletes' bodies functioning in accordance with the increasing level of sport professionalism.

**Keywords:** physical working capacity, direct and indirect methods for determining maximal oxygen consumption, anaerobic threshold.

## ВВЕДЕНИЕ

Общая физическая или аэробная работоспособность – потенциальная возможность человека выполнять высокоинтенсивную физическую нагрузку, энергообеспечение которой осуществляется преимущественно аэробным путём [6]. Поскольку длительная работа мышц, помимо прочего, лимитируется доставкой к ним кислорода, ОФР в значительной мере определяется производительностью кардиореспираторной системы и способностью скелетных мышц усваивать поступающий кислород, то есть, в последнем случае, зависит от объёмной плотности митохондрий и активности окислительных ферментов в них [5]. В ряде видов спорта (связанных с развитием выносливости) понятия общей и специальной физической работоспособности тождественны, в других ОФР напрямую может быть не связана со спортивными достижениями конкретного атлета, но опосредованно влияет на его спортивный результат [7]. ОФР является интегральным показателем физических возможностей человека, а показатели, позволяющие её охарактеризовать, широко востребованы в физиологии спорта. Настоящая статья затрагивает вопросы непосредственного изучения уровня ОФР у ряда категорий спортсменов.

## МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве испытуемых, участвующих в исследовании, привлекались 50 обучающихся обоих полов ФГБОУ ВО «ВЛАГАФК» направлений 49.03.01 Физическая культура, 49.03.02 Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура) и 49.03.04 Спорт, часть из которых являлись высококвалифицированными спортсменами (от 1-го взрослого спортивного разряда до КМС) – 10 мужчин-марафонцев, а другая – спортсме-

нами низкой квалификации (25 мужчин и 15 женщин), которые представляли различные виды спорта, по большей части игровые, легкоатлетические, спортивную гимнастику, лыжи и ряд других. Возраст испытуемых составлял 20-30 лет, а антропометрические параметры соответствовали средним в популяции, например, масса тела мужчин, которых среди испытуемых было подавляющее большинство, находилась в диапазоне от 63 до 75 кг. Все участники соответствующим образом были информированы о цели исследования, при необходимости (при применении прямого метода определения МПК) предоставляли письменное информированное согласие.

Для определения уровня ОФР в кабинете спортивной медицины и на базе научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры ФГБОУ ВО «ВЛАГАФК» применены следующие тесты с возмущающим воздействием в виде физической нагрузки: прямой метод определения МПК (при использовании тредмила) и определение МПК по номограмме Астранда (при использовании велоэргометра или степ-тестовой нагрузки). Выражение уровня ОФР в данных тестах позволяет делать это в цифровых показателях, что способствует объективизации изучаемого медико-педагогического понятия, а неинвазивность каждой из использованных методик выступает в качестве неоспоримого преимущества. Для определения МПК прямым методом использовался тредмил «hp Cosmos» и аппаратура для эргоспирометрических исследований «Quark», позволяющая регистрировать параметры газообмена за каждый дыхательный цикл, определять параметры вентиляции и деятельности сердечнососудистой системы (VO<sub>2</sub>, ПАНО и ЧСС при его достижении). Вышеуказанный программно-аппаратный комплекс позволяет проводить нагрузочное тестирование с приме-

нением типовых протоколов, в том числе с автоматическим расчетом параметров дозирования нагрузки. В качестве переменных контроля используются показатели скорости вращения ленты тредмила, угол наклона и время. Расчет параметров нагрузки осуществляется в системе автоматически с учетом весо-ростовых показателей конкретного испытуемого.

Сама методика сводилась к выполнению обследуемыми мужского пола (женщины не были вовлечены в определение МПК прямым методом) на тредмиле работы, мощность которой ступенчато нарастала – в среднем на 300 кг/м/мин (50 Вт) каждые 2-3 минуты. На первой ступени мощность работы составляла около 1 Вт на каждый килограмм массы тела, что соответствовало средней скорости движения 6-7 км/ч, на более поздних ступенях таковая достигала в среднем 9, 11, 13 км/ч. На последней ступени (около 15 км/ч), которой достигали не все испытуемые, дальнейшее увеличение мощности производилось с помощью подъема угла дорожки на 1 градус каждые две минуты. Одновременно на каждой ступени работы определялась величина поглощения кислорода и выделения углекислого газа. В диапазоне ЧСС от 170 до 200 уд/мин, несмотря на нарастание мощности, величина поглощения кислорода ( $VO_2$ ) переставала увеличиваться. В этот момент и начиналась регистрация МПК прямым путем. Не исключено, что в ряде случаев вместо МПК фиксировалось пиковое потребление кислорода.

Такой методикой были охвачены лица мужского пола – 10 высококвалифицированных бегунов-марафонцев и 14 низкоквалифицированных спортсменов – представителей ряда видов спорта, в тренировке которых выносливость играет относительно важную роль (игровые виды спорта, лыжи и др.). Модель физической нагрузки в виде бега применялась с целью повышения точности оценочных суждений об уровне их ОФР, поскольку при её выполнении задействуются те же мышечные группы, что и в соревновательных движениях вышеуказанных атлетов.

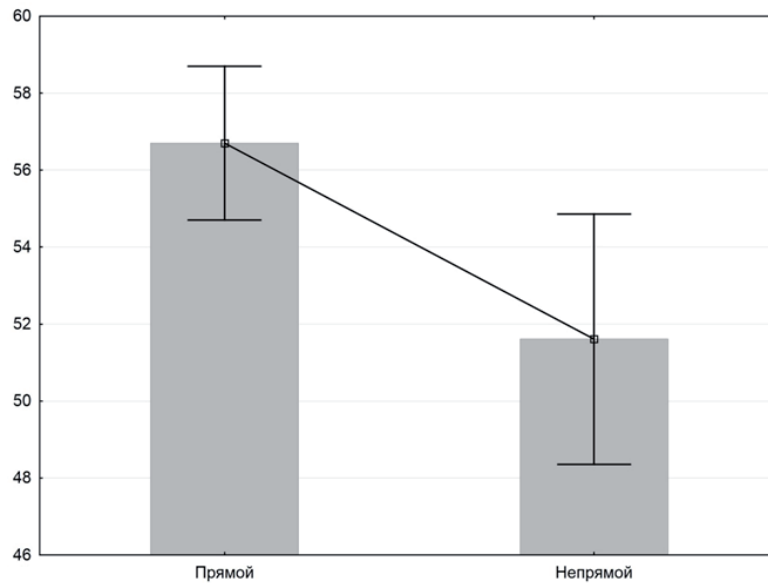
Ограниченная доступность прямого измерения  $VO_2$  max не позволяет применять данную методику часто, например, в клинических условиях или в спортивных центрах, не имеющих соответствующего оборудования [9]. При определении МПК по номограмме Астранда не требуется

сложная аппаратура, а применяемая физическая нагрузка является неопределяемой. Относительная простота и доступность тестовой процедуры позволила без осложнений применить её для исследования низкоквалифицированных спортсменов мужского и женского пола, 11 и 15 человек соответственно. При определении МПК по номограмме Астранда каждый испытуемый выполнял пятиминутную физическую нагрузку неопределяемой мощности либо на велоэргометре (величина нагрузки подбиралась с расчетом, чтобы частота пульса в конце работы достигала 140-160 уд/мин, что у мужчин соответствовало работе в 1000-1200 кгм/мин  $\approx$  200 Вт, а для женщин – не выше 140 Вт), либо в виде восхождения на ступеньку высотой 40 см для мужчин и 33 см для женщин, со скоростью 22,5 цикла в 1 минуту (метроном устанавливался на 90 уд/мин). В конце нагрузки определялась ЧСС, а затем по номограмме Астранда – величина МПК. Точность исследования повышали путём индивидуального подбора физической нагрузки таким образом, чтобы в конце пятой минуты работы значение ЧСС испытуемого стремилось к верхнему диапазону, учтённому в номограмме. Возможность же расчёта относительного интегрального показателя ОФР (величины МПК) и возможность её оценки с учётом индивидуальных факторов позволили произвести сравнительный анализ данных различных групп испытуемых между собой.

Велоэргометрическая нагрузка во всех случаях выполнялась на велоэргометрах Monark 874 E и Monark 894 E, а бег – на беговой дорожке (трекмиле) h/p/cosmos venus. ЧСС регистрировалась беспроводным способом с помощью устройства «Suunto Team POD Memory Belt» или пульсометра Polar S 810. Исследования проводились в первой половине дня. В день тестирования предшествующая физическая нагрузка отсутствовала у всех испытуемых.

Прямой метод определения МПК включал разминку, позволяющую подготовить организм к выполнению работы, близкой к максимальной. Определение же МПК по номограмме Астранда проводилось без разминки, выполнение которой способно существенным образом исказить результаты тестов с применением неопределяемой физической нагрузки и искусственно занижить результаты оценки [1].

Статистическая обработка результатов произ-



**Рисунок 1 – Значения относительной величины МПК, определённые прямым и непрямым способами, у низкоквалифицированных спортсменов мужского пола**

**Примечание:** по оси абсцисс – названия способов определения МПК, по оси ординат – VO2 max в мл/мин/кг

**Figure 1 – Values of the relative value of VO2 max, determined by direct and indirect methods, in low-qualified male athletes**  
**Note:** on the abscissa axis - the names of methods for determining VO2 max, on the ordinate axis - VO2 max in ml/min/kg

водилась при использовании компьютерной программы STATISTICA 10.0. Статистические данные представлены в виде среднего значения, медианы, стандартного отклонения, коэффициента вариации. Средние арифметические значения измерений сравнивались с использованием непараметрического критерия Фишера (ANOVA, post-hoc analysis LSD test). Уровень значимости был установлен равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показало, выход на плато VO2 при определении МПК прямым путём наблюдался у испытуемых в довольно широком диапазоне ЧСС – от 170 до 200 уд/мин и мог занимать у некоторых испытуемых-марафонцев до 15 и более минут. Факт существенного возрастания периода времени, требуемого для достижения МПК, у высокотренированных бегунов по сравнению с менее адаптированными к бегу спортсменами (игровые виды) наблюдала группа других исследователей [4]. Дополнительным критерием (помимо ЧСС), указывающим на близость момента достижения МПК (или пика потребления кислорода в конкретном эксперименте), выступал момент, когда выделение углекислого газа начинало превышать потребление кислорода (ПАНО), то есть точка изменения наклона соотношения скоростей потребления

кислорода и выделения углекислоты [10].

Проведённое исследование не выявило достоверных отличий ( $p > 0,05$ ) в показателях величины МПК, определённых прямым и непрямым способами, у низкоквалифицированных спортсменов мужского пола (рисунок 1). Не исключено, что причиной этого оказалось то, что вариативность показателя в группе измерения МПК с помощью номограммы Астранда значительно превышала таковую, зафиксированную в группе определения искомой величины прямым способом – коэффициенты вариации – 20,9 и 13,2 соответственно.

Примерно такая же ситуация имела место и при сравнении величин МПК, определённых у низкоквалифицированных спортсменов мужского (51,6 мл/мин/кг) и женского пола (53,3 мл/мин/кг) непрямой метод – показатели в этих группах не имели статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ), а коэффициент вариации в женской группе (23,1) даже превысил таковой в мужской (20,9), уже упомянутой выше. Значительный разброс показателей потребления кислорода у спортсменов, отличающихся разнообразием функциональной готовности, отмечали и другие исследователи [3]. Следует также отметить, отсутствие значимых отличий между мужчинами и женщинами ( $p = 0,263$ ) по тому же показателю обнаружилось в недавнем исследовании [8], авторы которого отмечают:

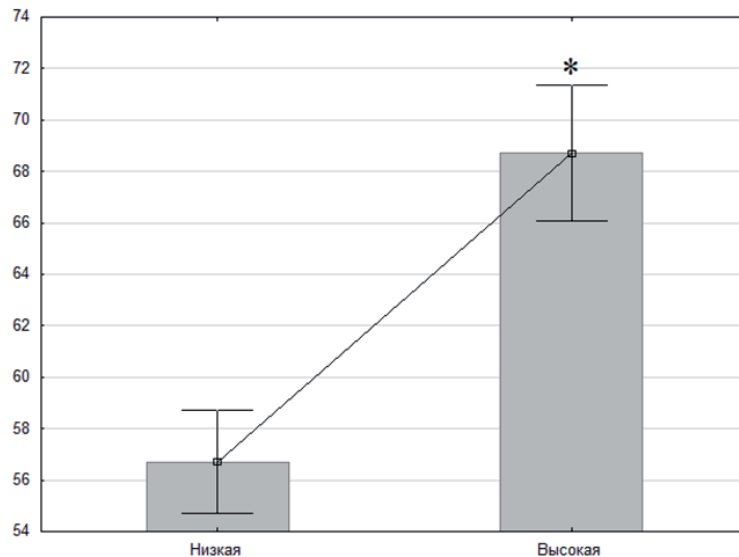


Рисунок 2 – Значения относительной величины МПК, определённые прямым методом, у спортсменов мужского пола различной квалификации

Примечание: (по оси абсцисс – спортивная квалификация испытуемых, по оси ординат – VO2 max в мл/мин/кг)

Figure 2 – Values of the relative value of VO2 max, determined by the direct method, for male athletes of various qualifications  
Note: (the x-axis is the sports qualification of the subjects, the y-axis is VO2 max in ml/min/kg)

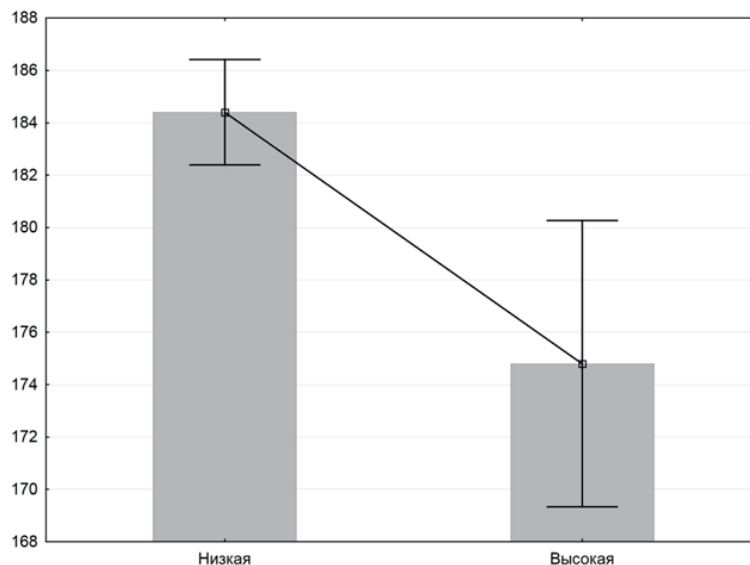


Рисунок 3 – Значения ЧСС спортсменов мужского пола различной квалификации при достижении ПАНО

Примечание: по оси абсцисс – спортивная квалификация испытуемых, по оси ординат – ЧСС в уд/мин

Figure 3 – Heart rate values of male athletes of various qualifications when achieving the anaerobic threshold (AT)  
Note: the x-axis is the sports qualification of the subjects, the y-axis is heart rate in beats/min.

несмотря на половые различия в кардиореспираторной и гемодинамической реакции на физическую нагрузку, объясняющиеся различиями в размерах сердца, объеме крови и массе гемоглобина, результаты исследования не обнаружили различий в пиковых относительных значениях потребления кислорода между атлетами мужского и женского пола.

Описанные выше собственные наблюдения свидетельствуют в пользу более высокой точности прямого метода измерения величины МПК по сравнению с непрямым, о чём эмпирическим путём и со ссылками на литературные источники сообщалось в опубликованной ранее статье на тему тестов по оценке ОФР [1]. Полученные опытным путём результаты показывают: в сопоставимых по степени квалификации (в данном случае низкой) группах спортсменов именно прямой метод позволяет



получить величины МПК с меньшим разбросом значений (высокая степень однородности получаемого показателя) по сравнению со значениями МПК, полученными при использовании непрямого метода.

Анализ выявил достоверно значимые различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении величин МПК в двух группах мужчин-спортсменов, имеющих высокую и низкую спортивную квалификацию, при использовании прямого метода измерения искомого показателя. Так, среднегрупповая величина МПК и стандартное отклонение, соответственно, в группе высококвалифицированных марафонцев составили  $68,7 \pm 8,3$  мл/мин/кг, а в группе низкоквалифицированных участников исследования –  $56,7 \pm 7,4$  мл/мин/кг (рисунок 2) при сопоставимых коэффициентах вариации – 13,2 и 12,2 соответственно.

Указанное наблюдение вполне ожидаемо. Сопоставление выявленных нами величин МПК у марафонцев (в среднем по группе –  $68,7$  мл/мин/кг), обучающихся в ФГБОУ ВО «ВГАФК», с таковыми у представителей того же вида спорта, но уровня спортсменов международного класса ( $80-84$  мл/мин/кг) [11] позволило убедиться в том, что группа, исследованная нами, была отнесена к высококвалифицированной обоснованно. Среди доступной нам научной литературы упоминание о наиболее высоком значении МПК было зафиксировано у чемпиона Норвегии по лыжным гонкам –  $94$  мл/мин/кг [11]. К слову, среди женщин самое высокое значение этого показателя отмечено в том же источнике у представительницы лыжных гонок из нашей страны –  $77$  мл/мин/кг.

Исследование продемонстрировало, все испытуемые в процессе измерения МПК прямым методом достигали порога анаэробного обмена при ЧСС, превышающей  $170$  уд/мин. Однако, несмотря на отсутствие значимых различий по этому показателю между группами ( $p > 0,05$ ), высококвалифицированным испытуемым это удавалось на более низких величинах (рисунок 3), хотя именно в этой группе величина стандартного отклонения среднегруппового показателя ЧСС ( $17,3$ ) более чем в два раза превышала такое значение, установленное в низкоквалифицированной группе ( $6,4$ ), что подтверждалось и сопоставимыми между указанными категориями испытуемых отличиями коэффициента вариации этого параметра –  $9,9$  у высококвалифици-

рованных и  $3,4$  у спортсменов низкой квалификации.

Это, в свою очередь, указывает на большую степень индивидуализированного способа достижения лактатного порога сердечно-сосудистой системой конкретного спортсмена высокой квалификации по сравнению с более типовой динамикой прироста ЧСС при достижении ПАНО у низкоквалифицированных лиц. Подобные наблюдения отмечались исследователями в ряде литературных источников [2, 11]. В частности, приводится следующий пример [11]. У одного из рекордсменов мира в марафоне величина МПК составляла всего  $70$  мл/мин/кг, что в среднем ниже, чем у большинства бегунов на длинные дистанции мирового класса ( $80-84$  мл/мин/кг). Однако он был способен пробежать дистанцию на уровне  $86\%$  от МПК при том что большинство высококвалифицированных марафонцев преодолевают  $42$ -километровую дистанцию со средней скоростью, соответствующей  $75-80\%$  от величины МПК. Этим и объяснялись его высокие спортивные результаты. Таким образом, наши наблюдения позволяют отметить, что именно соответствующая индивидуальная настройка «рабочей аппаратуры» помогает наилучшим образом использовать ресурсы организма, что достигается в процессе многолетнего тренировочного процесса и повышает шансы на успешное выполнение соревновательного упражнения, в данном случае – на выносливость.

Выявление текущего уровня ПАНО конкретного спортсмена при превышении пределов которого быстро наступает утомление, а следовательно, невозможность эффективного выполнения соревновательной нагрузки на выносливость, важно, поскольку позволяет выстраивать тренировочный процесс с его учетом, а также целенаправленно работать над повышением его уровня для достижения высокого тренировочного эффекта. Результаты проведенного исследования продемонстрировали, что показатели анаэробного порога в тех же мужских группах, то есть вовлеченных в процесс измерения МПК прямым путём, также не обнаружили существенных различий ( $p > 0,05$ ). Однако таковые были выявлены у них, но в разрезе спортивных специализаций. Как свидетельствует рисунок 4, наиболее низкое среднегрупповое значение ПАНО обнаружилось у футболистов низкой квалификации,

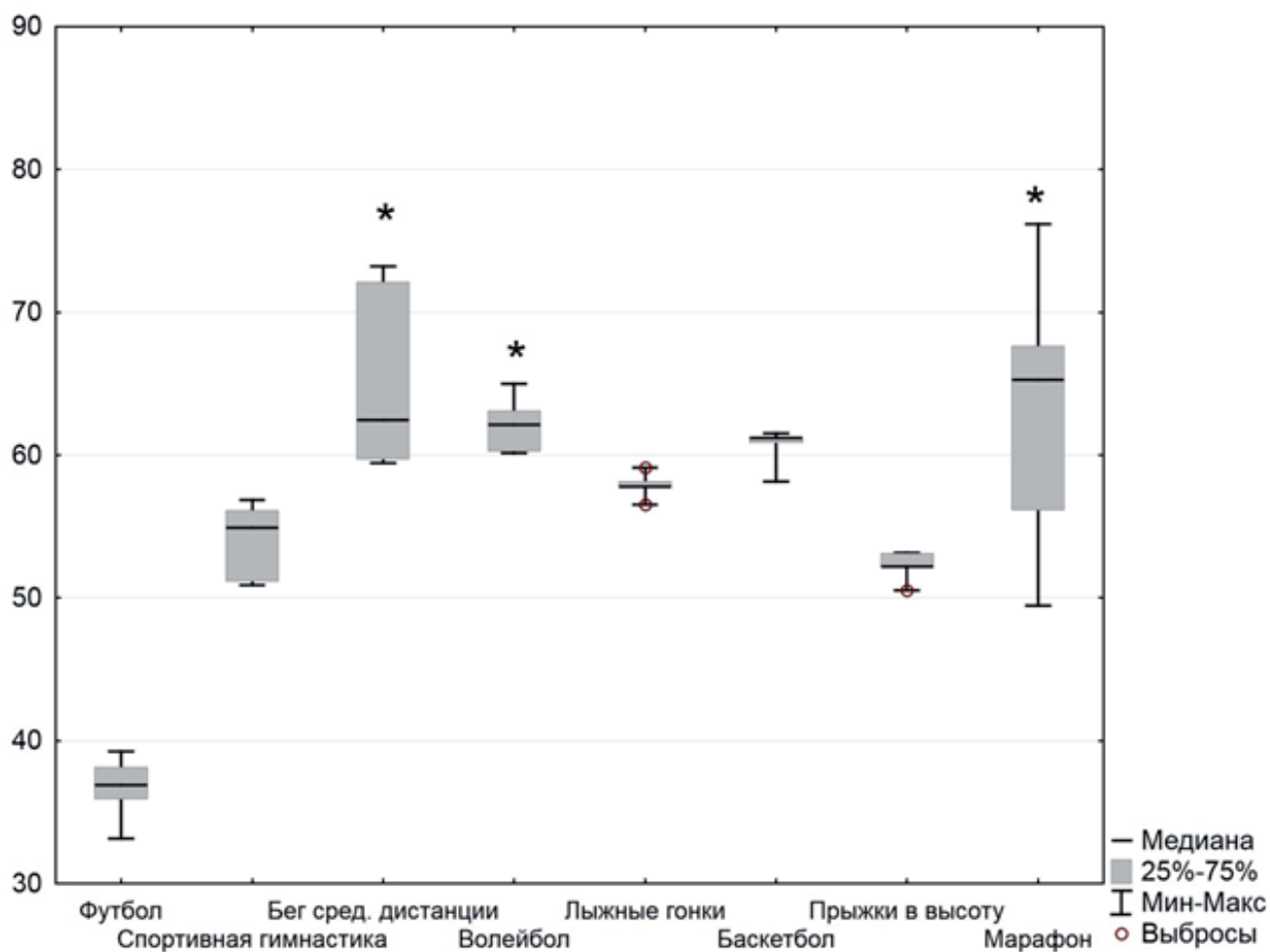


Рисунок 4 – Величины ПАНО спортсменов мужского пола различных видов спорта

Примечание: по оси абсцисс – спортивная специализация испытуемых, по оси ординат – ПАНО в мл/мин/кг; \* – достоверность различий относительно специализации «футбол»

Figure 4 – Anaerobic threshold values of male athletes of various sports

Note: the x-axis is the sports specialization of the subjects, the y-axis is anaerobic threshold in ml/min/kg; \* – reliability of differences regarding the specialization “football”

и по величине данного критерия у них обнаружены статистически значимые отличия ( $p < 0,05$ ) не только с высококвалифицированными марафонцами, что вполне ожидаемо, но также с их низкоквалифицированными одногруппниками по исследованию – представителями волейбола и бега на средние дистанции. Следует заметить, что и при сравнении величин МПК (в тех же группах прямого определения данного показателя) были выявлены статистически значимые различия в разрезе спортивных специализаций – вновь те же представители футбола демонстрировали величины МПК, статистически значимо низкие ( $p < 0,05$ ) по сравнению не только с показателями высококвалифицированных бегунов-марафонцев, но и с показателями низкоквалифицированных волейболистов, бегунов на

средние дистанции и лыжников-гонщиков (рисунок 5). Дополнительно рисунок 5 демонстрирует и достоверность различий ( $p < 0,05$ ) величины МПК марафонцев высокого класса с таковой низкоквалифицированных представителей всех видов спорта, участвовавших в исследовании, кроме волейболистов и средневикиков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование было нацелено на определение величины МПК и оценку ОФР низко- и высококвалифицированных спортсменов, представителей различных видов спорта. Результаты исследования показали, что, несмотря на то что ОФР исследованных марафонцев высокой квалификации не достигала значений, характерных для представителей того же вида спорта, но уровня

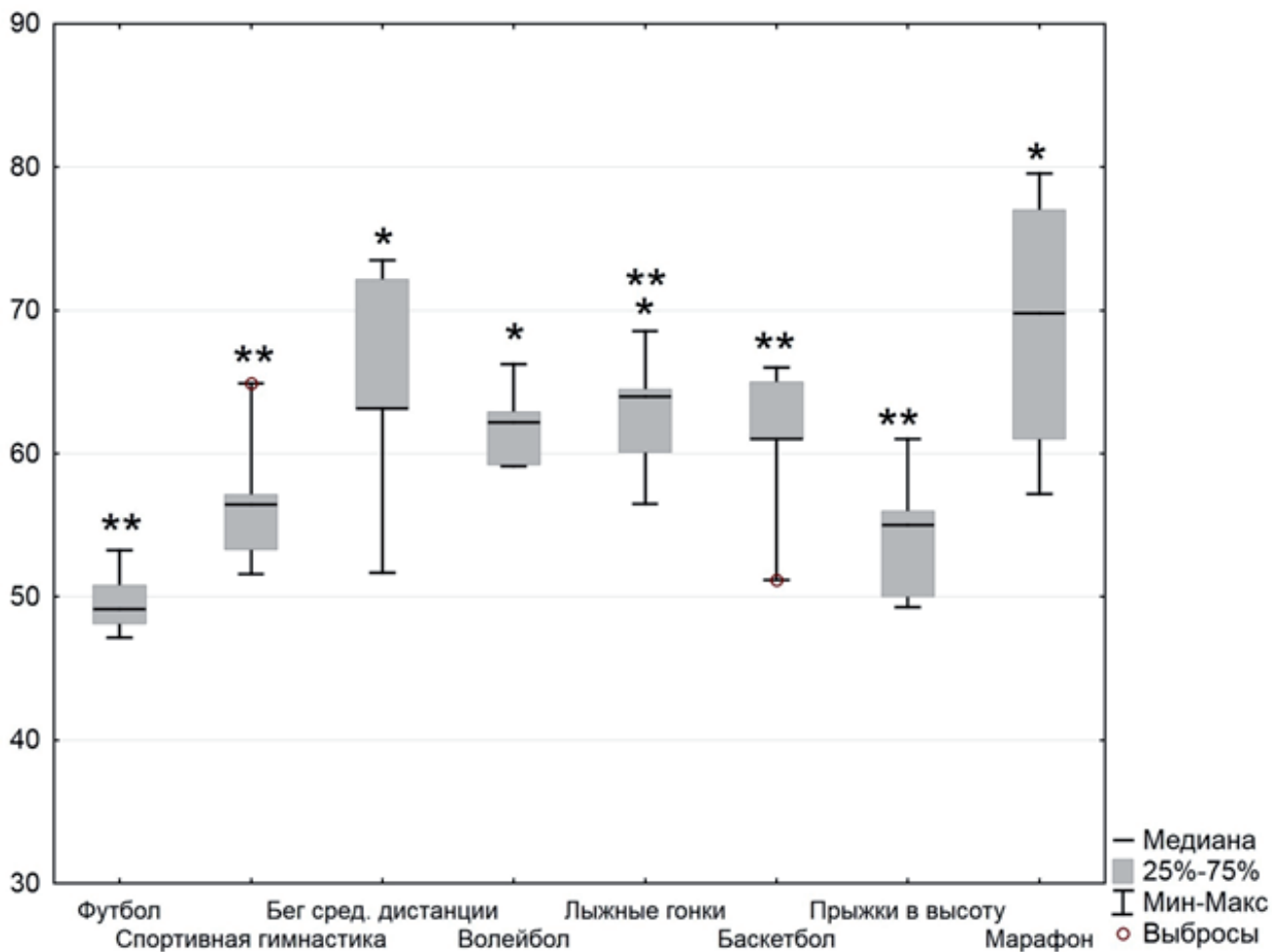


Рисунок 5 – Значения относительной величины МПК, определённые прямым методом, у спортсменов мужского пола различных видов спорта

Примечание: по оси абсцисс – спортивная специализация испытуемых, по оси ординат –  $VO_2 \max$  в мл/мин/кг; \* – достоверность различий относительно специализации «футбол», \*\* – достоверность различий относительно специализации «марафон»

Figure 5 – Values of the relative indicator of  $VO_2 \max$ , determined by the direct method, for male athletes of various sports  
Note: the x-axis is the sports specialization of the subjects, the y-axis is  $VO_2 \max$  in ml/min/kg; \* – reliability of differences regarding the specialization “football”, \*\* – reliability of differences regarding the specialization “marathon”

спортсменов международного класса, она могла быть оценена как относительно высокая. Такое условие является одним из обязательных составляющих успеха в видах спорта, требующих проявления выносливости, но не единственным. Спорт обнаруживает важным и способность выполнения физической нагрузки на относительно высоком уровне потребления кислорода (приближающемся к уровню МПК), что, как продемонстрировали результаты, у спортсменов

высокой квалификации достигается путём большей индивидуализации гемодинамической реакции организма (по данным ЧСС), и эта характеристика менее типична для новичков. В целом, аэробная работоспособность спортсменов низкой квалификации, вне зависимости от способа её определения и даже половой принадлежности, закономерно обнаруживает более низкий уровень по сравнению с таковой более опытных высококвалифицированных представителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андриянова, Е. Ю. Преимущества и недостатки тестов по оценке уровня общей физической работоспособности спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой / Е. Ю. Андриянова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 6-12.
2. Демидов, В. А. Кардиореспираторные предикторы, обуславливающие аэробную производительность / В. А. Демидов, А. С. Назаренко, В. В. Демидова и др. // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 6-14.
3. Мавлиев, Ф. А. Аэробная работоспособность юных



- гребцов / Ф. А. Мавлиев, А. О. Васильев, А. С. Назаренко // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 18. № 1 (18). С. 95-100.
4. Мавлиев, Ф. А. Показатели аэробной работоспособности у спортсменов игровых видов спорта / Ф. А. Мавлиев, А. Х. Валиахметов, Ш. Р. Еникеев и др. // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2018. – 1 (155). – С. 150-153.
  5. Набатов, А. А. Капилляры, эндотелий и аэробная тренировка / А. А. Набатов, А. С. Назаренко, Н. Х. Давлетова, Ф. А. Мавлиев // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 21. № 4 (21). С. 30-36.
  6. Попов, Д. В. Аэробная работоспособность человека / Д. В. Попов, О. Л. Виноградова, А. И. Григорьев // Ин-т медико-биологических проблем РАН. – М. : Наука, 2012. – С. 9-15.
  7. Aleksandravičienė, R. Assessment of Physical Working Capacity of Differently Trained and Aged Female Aerobic Gymnasts/ R. Aleksandravičienė, J. Liaudeneckaitė, R. Liaugminienė, A. Siaurodinās, L. & Stasiulevičienė // Baltic Journal of Sport and Health Sciences. – 2012. – 3(86) [Электронный ресурс]. – Режим доступа - <https://doi.org/10.33607/bjshs.v3i86.261> (дата обращения 31.01.2024).
  8. Coe, L.N. Sex differences in hemodynamic response to high-intensity interval exercise / Leah Noël Coe, Todd Anthony Astorino // Scand J Med Sci Sports. – 2023, Sep 19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37724816/> (дата обращения 31.01.2024).
  9. Dugas, M. Comparison of VO<sub>2</sub>max Estimations for Maximal and Submaximal Exercise Tests in Apparently Healthy Adults / Marc-Olivier Dugas, Pénélope Paradis-Deschênes, Laurie Simard, Tommy Chevrette, Patricia Blackburn, Martin Lavallière // Sports (Basel). – 2023, Nov 27;11(12):235 [Электронный ресурс]. – Режим доступа - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38133102/> (дата обращения 31.01.2024).
  10. Poole, D.C. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy / David C. Poole, Harry B. Rossiter, George A. Brooks, L. Bruce Gladden // The Journal of Physiology. – November 2020. – 599(3) [Электронный ресурс]. – Режим доступа - [https://www.researchgate.net/publication/347352857\\_The\\_anaerobic\\_threshold\\_50\\_years\\_of\\_controversy](https://www.researchgate.net/publication/347352857_The_anaerobic_threshold_50_years_of_controversy) (дата обращения 31.01.2024).
  11. Wilmore, J. H. Physiology of sport and exercise (Human Kinetics) / Jack H. Wilmore, David L. Costill. – 5th Edition. – 2011. – 208-241, 273-299 p.
- R.L. iaugminienė, A. Siaurodinās, L. & Stasiulevičienė // Baltic Journal of Sport and Health Sciences. – 2012. – 3(86) [Electronic resource]. – Access mode - <https://doi.org/10.33607/bjshs.v3i86.261> (date of reference 31.01.2024).
- 8.Coe, L.N. Sex differences in hemodynamic response to high-intensity interval exercise / Leah Noël Coe, Todd Anthony Astorino // Scand J Med Sci Sports. - 2023 Sep 19 [Electronic resource]. – Access mode – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37724816/> (date of reference 31.01.2024).
  - 9.Dugas, M. Comparison of VO<sub>2</sub>max Estimations for Maximal and Submaximal Exercise Tests in Apparently Healthy Adults / Marc-Olivier Dugas, Pénélope Paradis-Deschênes, Laurie Simard, Tommy Chevrette, Patricia Blackburn, Martin Lavallière // Sports (Basel). – 2023 Nov 27;11(12):235 [Electronic resource]. – Access mode – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38133102/> (date of reference 31.01.2024).
  10. Poole, D.C. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy / David C. Poole, Harry B. Rossiter, George A. Brooks, L. Bruce Gladden // The Journal of Physiology. – November 2020. – 599(3) [Electronic resource]. – Access mode. – [https://www.researchgate.net/publication/347352857\\_The\\_anaerobic\\_threshold\\_50\\_years\\_of\\_controversy](https://www.researchgate.net/publication/347352857_The_anaerobic_threshold_50_years_of_controversy) (date of reference 31.01.2024).
  11. Wilmore, J. H. Physiology of sport and exercise (Human Kinetics) / Jack H. Wilmore, David L. Costill - 5th Edition. - 2011. – pp. 208-241, 273-299.

## REFERENCES

- 1.Andriyanov, E. Yu. Advantages and disadvantages of practical tests to assess the level of physical working capacity of athletes and persons engaged in physical activity / E. Yu. Andriyanova // Science and sports: current trends. – 2022. – Vol. 10, № 3. – pp. 6-12.
- 2.Demidov, V. A. Cardiorespiratory predictors for aerobic performance / V. A. Demidov, A. S. Nazarenko, V. V. Demidova, et al. // Science and sport: current trends. – 2022. – Vol. 10, No. 2. – pp. 6-14.
- 3.Mavliev, F. A. Aerobic performance of young rowers / F. A. Mavliev, A. O. Vasilyev, A. S. Nazarenko // Science and sport: current trends. 2018. Vol. 18. No. 1 (18). – pp. 95-100.
- 4.Mavliev, F. A. Indicators of aerobic performance in athletes of team sports / F. A. Mavliev, A. H. Valiakhmetov, Sh. R. Enikeev et al. // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2018. – 1 (155). – pp. 150-153.
- 5.Nabatov, A. A. Capillaries, endothelium and aerobic exercise / A. A. Nabatov, A. S. Nazarenko, N. H. Davletova, F. A. Mavliev // Science and sport: current trends. 2018. Vol. 21. No. 4 (21). – pp. 30-36.
- 6.Popov, D. V. Human aerobic physical working capacity / D. V. Popov, O. L. Vinogradova, A. I. Grigoriev // Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences. – М. : Nauka, 2012. – pp. 9-15.
- 7.Aleksandravičienė, R. Assessment of Physical Working Capacity of Differently Trained and Aged Female Aerobic Gymnasts/ R. Aleksandravičienė, J. Liaudeneckaitė, ,

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

Андриянова Екатерина Юрьевна (Andriyanova Ekaterina Yur'evna) – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, проректор по учебной работе; Великолукская государственная академия физической культуры и спорта; 182105, Псковская область, г. Великие Луки, пл. Юбилейная д. 4; e-mail: vlgafc@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8417-1701.

Моисеев Сергей Александрович (Moiseev Sergey Aleksandrovich) – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и спортивной медицины; Великолукская государственная академия физической культуры и спорта; 182105, Псковская область, г. Великие Луки, пл. Юбилейная д. 4; e-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru; ORCID: 0000-0003-3923-3285.

Поступила в редакцию 18 января 2024 г.

Принята к публикации 12 февраля 2024 г.

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Андриянова, Е.Ю. Уровень общей физической работоспособности и особенности деятельности кардиореспираторной системы при достижении порога анаэробного обмена у низко- и высококвалифицированных спортсменов/ Е.Ю. Андриянова, С.А. Моисеев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № 1 – С. 6-15. DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-1-6-15

**FOR CITATION**

Andriyanova E.Yu., Moiseev S.A. Physical working capacity and peculiarities of the cardiorespiratory system function at anaerobic threshold in low and highly qualified athletes. Science and sport: current trends., 2024, vol. 12, no. 1. – pp. 6-15 DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-1-6-15

---