

КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫЕ ПРЕДИКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ АЭРОБНУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

В.А. Демидов¹, А.С. Назаренко¹, В.В. Демидова², А.Ш. Абдрахманова¹, Ф.А. Мавлиев¹

¹Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

²НМИЦ эндокринологии Минздрава России, Москва, Россия

Аннотация

Цель исследования – выявить некоторые потенциальные предикторы аэробной производительности организма.

Методы и организация исследования. Были обследованы 23 мужчины и 8 женщин, занимающихся любительским бегом, и 15 мужчин и 14 женщин, занимающихся бегом профессионально, имеющих спортивную квалификацию от II разряда до мастера спорта международного класса РФ. Для оценки аэробной производительности применялось нагрузочное тестирование на тредбане Cosmos Quasar и газоанализаторе Metalyzer 3В (Германия) с повышающейся нагрузкой: двухминутная разминка, тестовая нагрузка с динамикой возрастания 1 км/ч в минуту, начиная с 7 км/ч. Косвенным способом, используя алгоритмы расчета, заложенные в программном обеспечении Metalyzer 3В, были рассчитаны ударный и минутный объем крови.

Результаты исследования и их обсуждение. При рассмотрении корреляционной матрицы в общей совокупности исследуемых выявлено, что кардиореспираторные показатели (в т.ч. и их динамика) имеют разнонаправленные корреляции с показателями аэробной производительности атлета. Реакция на нагрузку со стороны кардиореспираторной системы в значительной степени определяется также типом кровообращения. Потребление кислорода на одинаковых скоростях бега определяется техническими аспектами и морфологическими особенностями атлета.

Заключение. Исследование показало, что некоторые параметры кардиореспираторной системы, в том числе и их динамика, в ходе нагрузочного тестирования оказывали влияние на максимальную аэробную производительность атлетов и на потребление кислорода на вентиляторных порогах. К наиболее информативным факторам можно отнести динамику артериального и пульсового давления, минутного объема дыхания и ударного объема крови. Увеличение диастолического артериального давления является негативным фактором для роста максимального потребления кислорода.

Ключевые слова: аэробная производительность, кардиореспираторные предикторы, адаптация, морфологические показатели, любители бега, спортсмены.

CARDIORESPIRATORY PREDICTORS FOR AEROBIC PERFORMANCE

V.A. Demidov¹, e-mail: va-demidov@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9216-0428

A.S. Nazarenko¹, e-mail: hard@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-3067-8395

V.V. Demidova², e-mail: dimidova@gmail.ru, ORCID: 0000-0002-8070-2322

A.Sh. Abdrakhmanova¹, e-mail: adeliaabd@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4971-7822

F.A. Mavliev¹, e-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583

¹Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

²Endocrinology Research Centre of the Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

Abstract

The purpose of the research is to identify some potential predictors of the human body's aerobic performance.

Methods and organization of the research. We examined 23 men and 8 women involved in amateur jogging, 15 men and 14 women involved in jogging professionally, with sports qualifications from the 2 category to the master of sport of international class of the Russian Federation. To assess the aerobic performance, we used load testing on a Cosmos Quasar treadmill and a Metalyzer 3B gas analyzer (Germany) with an increasing load: a two-minute warm-up, test load with an increase of 1 km/h per minute, starting from 7 km/h. Stroke and minute blood volume were calculated indirectly using the calculation algorithms embedded in the Metalyzer 3B software.

Results and their discussion. It was revealed that the cardiorespiratory indicators (including their dynamics) have multidirectional correlations with the indicators of the athlete's aerobic performance, when considering the correlation matrix in the general population of the subjects. The response to load on the part of the cardiorespiratory system is largely determined by the type of blood circulation. Oxygen consumption at the same running speed is determined by the technical aspects and morphological characteristics of an athlete.

Conclusion. The study showed that a number of parameters of the cardiorespiratory system, including their dynamics, during exercise testing influenced the maximum aerobic performance of athletes and oxygen consumption at the ventilation thresholds. The most informative factors include the dynamics of arterial and pulse pressure, respiratory minute volume and stroke blood volume. An increase in diastolic blood pressure is a negative factor in the growth of maximum oxygen consumption.

Key words: aerobic performance, cardiorespiratory predictors, adaptation, morphological indicators, runners, athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Кардиореспираторная система (КРС) является основной системой в становлении и развитии аэробной производительности атлетов. Кроме того, она является системой, способной адаптироваться к условиям тренировочного процесса, что отмечается даже у юных атлетов [8, 11, 12]. При этом работа КРС во многом обусловлена индивидуально-типологическими особенностями (возраст, пол, стаж занятий), что в различной степени может сказываться на конечном результате – максимальном потреблении кислорода (МПК), и на потреблении кислорода (ПК) на уровне порога анаэробного обмена. В нашей работе деятельность КРС оценивалась по гемодинамическим показателям и по показателям системы внешнего дыхания.

Гемодинамические показатели:

- ударный объем крови (УОК, мл) – показатель определяет эффективность работы сердца и зависит от тренированности атлета (особенно в видах спорта на выносливость) и от его тотальных размеров. В этой связи необходимо определять относительные величины УОК, сопоставленные, например, с весом тела атлета;

- минутный объем крови (МОК, л) – показатель работы транспортной системы, который так же, как и УОК, зависит от тотальных размеров тела. Доставка кислорода может напрямую зависеть как от динамики изменения МОК, так и от способности крови транспортировать достаточное количество кислорода, что определяется уровнем гемоглобина и количеством эритроцитов;

- частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) – является результатом и показателем тренированности, напрямую зависящим от объема аэробной работы. У высоко-тренированных спортсменов ЧСС может быть 40 уд/мин и ниже [7, 10].

Показатели внешнего дыхания:

- минутный объем дыхания (МОД, л) – имеет прямую зависимость от уровня физической активности, а также косвенно отражает потребность работающих мышц в кислороде при физической нагрузке;

- глубина дыхания (ГД, л) – напрямую зависит от условий спортивной деятельности, особенно это проявляется в видах спорта, где из-за специфики среды атлет вынужден задерживать дыхание, например, в плавании;

• частота дыхания (ЧД, кол/мин) – отражает как реакцию на физическую нагрузку, так и степень тренированности. Дыхание в покое у атлетов реже, чем у не занимающихся спортом, урежение ЧД связано и с повышением уровня спортивного мастерства [6, 7].

В настоящее время практически нет работ, рассматривающих функционирование КРС с позиции комплексной оценки сопряжения временных параметров с показателями деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) и системы дыхания (СД) в ходе выполнения предельных аэробных нагрузок лицами, занимающимися и не занимающимися профессиональным спортом. Такой «динамический» подход в условиях возрастающей нагрузки до уровня предельного потребления кислорода и потребления его на анаэробном пороге позволит выявить некоторые потенциальные предикторы аэробной производительности и тем самым может способствовать спортивному отбору, оценке и прогнозированию результатов атлетов.

Цель работы – в ходе выполнения тестирования на предельных нагрузках выявить некоторые потенциальные предикторы аэробной производительности.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 23 мужчины и 8 женщин, занимающихся любительским бегом; 15 мужчин и 14 женщин, занимающихся бегом профессионально, имеющих спортивную квалификацию от II разряда до мастера спорта международного класса. Возраст обследованных – 18-34 года. Исследования проходили в Учебно-научном центре подготовки спортивного резерва Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма (г. Казань).

Применялось нагрузочное тестирование с повышающейся нагрузкой: двухминутная разминка, тестовая нагрузка с динамической возрастания 1 км/ч в минуту, начиная

с 7 км/ч. В конце проводилась двухминутная заминка. Тестовый стенд представлял собой тредбан Cosmos Quasar и газоанализатор Metalyzer 3В (Германия). Регистрировались абсолютные и относительные показатели МПК; вентиляционный порог 1 и 2 (ВП1 и ВП2) как косвенные показатели аэробно-анаэробного перехода; ПК во время достижения ВП; дыхательный коэффициент (RER); ГД; ЧД; МОД.

Косвенным способом, используя алгоритмы расчета, заложенные в программном обеспечении Metalyzer 3В (Германия), были рассчитаны показатели гемодинамики – МОК, УОК, которые определяли по формулам:

$$\text{МОК} = \frac{\text{ПК}}{\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2} \quad (1)$$

где CaO_2 – содержание кислорода в артериальной крови;

CvO_2 – содержание кислорода в венозной крови.

$$\text{УОК} = \frac{\text{МОК}}{\text{ЧСС}} \quad (2)$$

где УОК – ударный объем крови, мл;

МОК – минутный объем крови, л;

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

Учитывая неоднородность гемодинамической нормы [2, 4, 9], по величине сердечного индекса (СИ) определяли принадлежность испытуемых к гипокинетическому (ГПКТ) или гиперкинетическому (ГРКТ) типу кровообращения. СИ (л/мин/м²) определяли по формуле:

$$\text{СИ} = \frac{\text{МОК, л}}{\text{ППТ, м}^2} \quad (3)$$

где ППТ – площадь поверхности тела, м².

$$\text{МОК} = \frac{\sqrt{\text{рост, см} \times \text{вес, кг}}}{60} \quad (4)$$

Артериальное давление (АД) определяли в положении сидя при помощи тонометра AND UA-779 (Япония) до начала исследования и на второй минуте после

окончания нагрузочного теста. Кроме этого рассчитывалось значение пульсового давления (ПД):

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД}, \quad (5)$$

САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.;

ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле:

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{Вес, кг}}{\text{Рост, м}^2} \quad (6)$$

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы SPSS 20. Все данные были проверены на нормальность распределения с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для определения статистически значимых различий использовались Ткритерий Стьюдента (для связанных и несвязанных выборок с нормальным распределением), критерий Колмогорова-Смирнова (для несвязанных выборок с ненормальным распределением) и критерий Уилкоксона (для связанных выборок с ненормальным распределением). При нормальном распределении значений использовался корреляционный анализ Брауэ-Пирсона, при ненормальном – Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При рассмотрении корреляционной матрицы в общей совокупности исследуемых выявлено, что кардиореспираторные показатели (в т. ч. и их динамика) имеют разнонаправленные корреляции с показателями аэробной производительности атлета (потребление кислорода на вентиляторных порогах и МПК). Использование в данном случае недифференцированной базы данных обусловлено тем, что наличие выявленных корреляций проявлялось тем выше, чем выше был разброс исследуемых параметров. Вероятно, основной механизм, приводящий к появлению кор-

реляций, лежит в транспортной функции КРС, которая в разной степени вносит свой вклад в потребление кислорода. Из всего разнообразия корреляций, представленных в матрице, можно выделить отрицательные (негативные факторы) и положительные (позитивные факторы).

Негативные факторы:

- динамика посленагрузочного диастолического давления – высоко-значимо коррелирует с уровнем ПК на вентиляторных порогах ($r = -0,48$, $p < 0,0001$ и $r = -0,45$, $p < 0,0001$) и имеет сходные корреляции с величиной МПК ($-0,38$, $p = 0,004$). Механизм данных связей, при допущении их наличия, можно объяснить «неадекватностью» периферической сосудистой реакции на нагрузку, сопровождающейся повышением ДАД и, как следствие, низким значением аэробной работоспособности. Затрудненная доставка кислорода при данной сосудистой реакции, несомненно, будет сказываться на величине напряжения кислорода в миоплазме активных мышц.

- «реактивность» респираторной системы, под которой мы понимаем степень увеличения МОД при его сравнении с начальным этапом нагрузки – первые 20 сек с величинами МОД на 400 секунде. Данная динамика изменения МОД косвенно отражает уровень образования углекислого газа, стимулирующего хеморецепторы, усиливающие вентиляцию легких, а с другой стороны, является показателем метаболических потребностей рабочих мышц. Чем интенсивнее динамика в исследуемом отрезке (20-400 сек), тем, по всей видимости, ниже тренированность. Это следует из того, что тестируемые протоколы всегда одинаковые, а тренированность исследуемых разная. Кроме того, данное предположение подтверждается и при сравнении динамики показателей девушек, занимающихся любительским и профессиональным бегом. У девушек в исследуемом отрезке времени наблюдается $2,3 \pm 0,2$ кратный прирост ЧСС, тогда как у занимающихся профессиональным бегом –

$1,8 \pm 0,4$ ($p < 0,014$), а динамика МОД – $6,3 \pm 0,2$ у любителей и $4,3 \pm 0,8$ у профессионалов ($p < 0,003$).

- повышение ИМТ – хотя и не относится к показателям КРС, но имеет слабые статистически значимые корреляции со всеми тремя описанными выше показателями аэробной производительности – с показателями ПК на вентиляторных порогах ($r = -0,365$, $p = 0,004$; $r = -0,366$, $p = 0,004$) и с МПК ($r = -0,33$, $p = 0,01$).

- показатель УО по отношению к массе тела (УО/кг) является фактором, повышающим МПК (рисунок 1). Например, деление исследуемых по категориям – высокие (от 1,4 мл/кг и выше, группа 3), средние (от 1 до 1,4 мл/кг, группа 2) и низкие (до 1 мл/кг, группа 1) значения относительного УО, демонстрирует отличия МПК в каждой из подгрупп ($p < 0,05$). Чем выше относительные величины УО, тем выше величины ПК на вентиляторных порогах 1 и 2, а также

МПК, что подтверждается наличием заметных корреляций ($r = 0,474$, $r = 0,507$ и $r = 0,537$ соответственно, при $p < 0,001$). Но в то же время вариативность (стандартные отклонения) говорит о наличии и других, не менее важных факторов, оказывающих влияние на аэробную производительность атлета. Безусловно, сама тренировочная деятельность, направленная на развитие выносливости, способствует возникновению дилатации полостей сердца, повышая тем самым как абсолютный показатель УО, так и относительный. В нашем случае прирост МПК в исследуемых группах, сформированных по величинам относительного УО, довольно существенный: 1-я группа – $50,1 \pm 9,2$ мл/кг/мин; 2-я группа – $57,2 \pm 10,9$ мл/кг/мин; 3-я группа – $65,1 \pm 7,3$ мл/кг/мин (рисунок 1, $p < 0,05$). Можно предположить, что более высокие исходные значения относительного УО способствуют улучшению транспортной функции ССС.

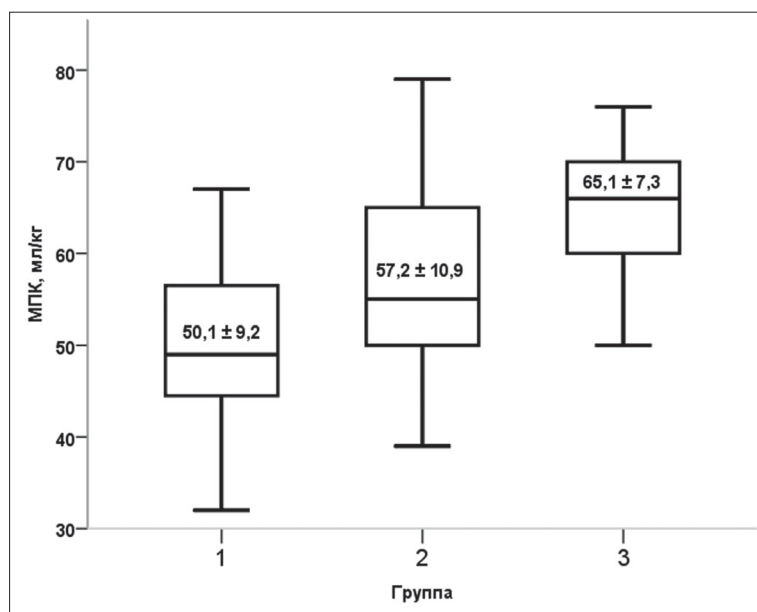


Рисунок 1 – Отличия максимального потребления кислорода у исследуемых с различными относительными показателями ударного объема крови

Примечание: данные представлены как максимальные и минимальные значения, 25 и 75 перцентили, медиана и средние значения (числа)

Figure 1 – Differences in maximum oxygen consumption in subjects with different relative indicators of stroke blood volume

Note: data are presented as maximum and minimum values, 25th and 75th percentiles, median and average values (numbers)

• пульсовое давление после нагрузки (ПДПН): чем оно выше, тем выше уровень ПК на ВП и МПК. Корреляции ПДПН с аэробной производительностью – 0,41, 0,46 и 0,49 соответственно, при $p \leq 0,001$ (рисунок 2). При этом ПДПН обеспечивается приростом САД при относительно постоянных величинах ДАД. Увеличение же ДАД, как было отмечено выше, является негативным фактором роста МПК. При оценке деятельности КРС с позиции неоднородности гемодинамической нормы следует, что представители с ГПКТ кровообращения в отличие от представителей с ГРКТ имеют меньший прирост дыхания в ходе теста (рисунок 3). Это проявляется в меньшей динамике как ГД, так и МОД ($r = -0,56$ и $-0,65$ при $p < 0,0001$). При этом каких-либо типологических зависимостей (т.е. корреляций СИ и аэробной работоспособности) с показателями аэробной производительности не наблюдается – нет корреляций как с показателями ПК,

так и с временными параметрами выполнения теста. Это с большей вероятностью свидетельствует о том, что у лиц с ГРКТ создаются лучшие условия для транспорта кислорода в малом круге кровообращения, тогда как у лиц с ГПКТ с целью компенсации большие требования предъявляются к системе внешнего дыхания (рисунок 3). При оценке зависимости скорости бега и ПК (рисунок 4) показано, что коэффициент корреляции между ними равен 0,91 (детерминация 0,83), что позволяет судить о разной физиологической «стоимости» работы. Так, разброс ПК на одинаковых скоростях бега, с одной стороны, определяется техническими аспектами бега (где наименее низкие значения МПК могут говорить о большей эффективности), а с другой стороны, полученные различия обусловлены морфологическими особенностями атлета. Известно, что лучшие бегуны имеют ряд морфологических особенностей, дающих преимущество над

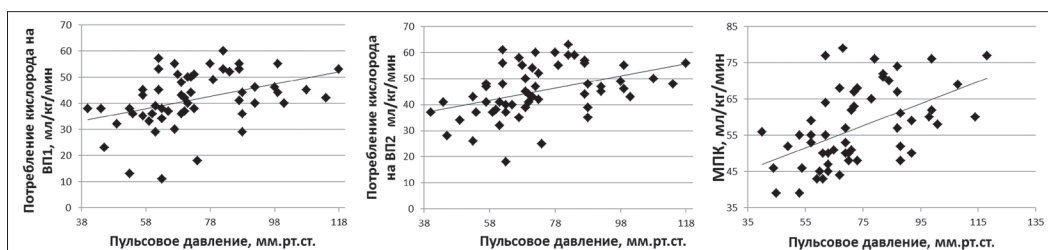


Рисунок 2 – Влияние пульсового давления на показатели потребления кислорода
 Figure 2 – Influence of pulse pressure on indicators of oxygen consumption

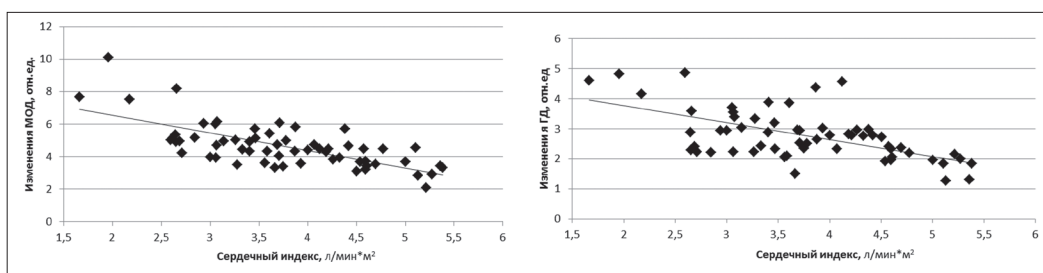


Рисунок 3 – Сердечный индекс и динамика показателей дыхания

Примечание: показатели минутного объема дыхания и глубины дыхания представлены в относительных единицах – отражена кратность изменений к 400-й секунде по отношению к исходным значениям 20 сек.

Figure 3 – Heart index and dynamics of respiratory indicators

Note: the indicators of the minute volume of respiration and the depth of respiration are presented in relative units – the multiplicity of changes by 400 seconds is reflected in relation to the initial values of 20 seconds

остальными, в связи с чем зависимость «скорость-потребление» будет наиболее точной при градации атлетов по морфологическому профилю, в том числе и по топографии распределения масс и длин звеньев тела. Например, общеизвестный факт – оптимальная длина ног по отношению к длине туловища [5], более длинные икроножно-ахилловы сухожилия [13], а также специфичность композиции тела [1].

В ходе настоящего исследования для прогнозирования МПК нами были апробированы многокомпонентные и однокомпонентные модели. Базировались модели на многочисленных абсолютных и относительных

величинах показателей, по которым и оценивалась деятельность КРС. Как показал анализ, уровень прогностической значимости многокомпонентных моделей не выше, чем у представленной в данной работе однокомпонентной модели.

При рассмотрении отличительных особенностей динамики исследуемых показателей (рисунок 5) показано, что процесс вработывания КРС по данным ЧСС и МОД в большей степени отличается у девушек, занимающихся любительским и профессиональным бегом. У первых прирост ЧСС составляет $2,25 \pm 0,24$ раза, тогда как у вторых – $1,85 \pm 0,42$, а по показателю

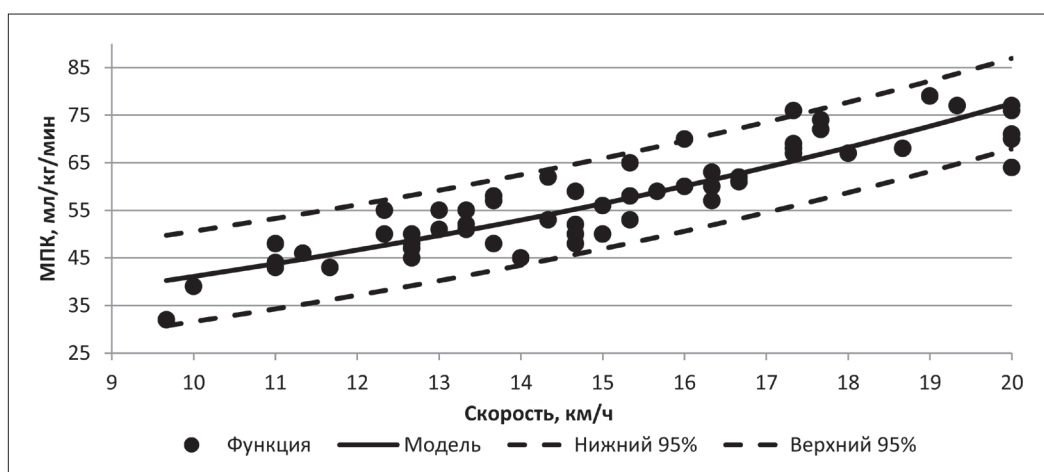


Рисунок 4 – Зависимость скорости бега и максимального потребления кислорода

Примечание: пунктирные линии – 95% доверительный интервал

Figure 4 – Dependence of running speed and maximum oxygen consumption

Note: dotted lines - 95% confidence interval

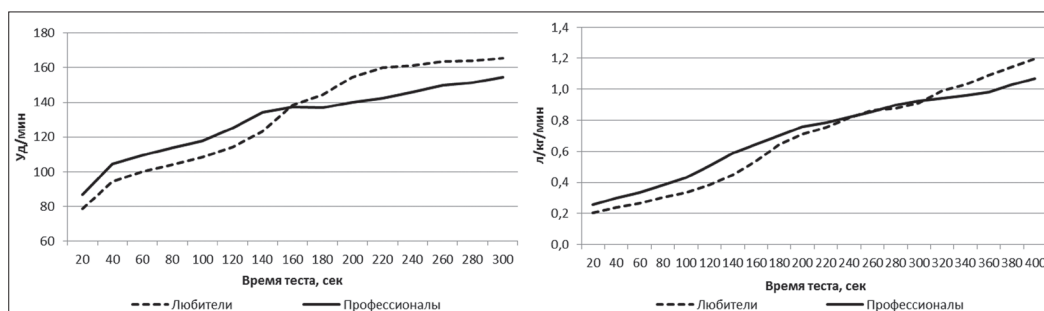


Рисунок 5 – Динамика частоты сердечных сокращений и минутного объема дыхания у девушек, занимающихся любительским и профессиональным бегом

Figure 5 – Dynamics of heart rate and respiratory minute volume in women engaged in amateur and professional running

МОД – $6,31 \pm 1,96$ и $4,3 \pm 0,8$ соответственно ($p=0,005$ и $p<0,001$). У юношей же статистически значимых отличий не выявлено. Как следует из графика (рисунок 6), по динамике ЧСС отличия между любителями и профессионалами отмечаются уже на начальных стадиях теста – низкие значения у любителей. К третьей минуте (при скорости 8 км/ч) характер этих отличий меняется на противоположный. Подобное происходит и с МОД, где смена характера различий отмечается после пятой минуты теста (после 10 км/ч). Отличия между исследуемыми группами и их изменение через определенное время на «противоположные», по всей видимости, объясняются своеобразным предстартовым состоянием девушек-атлетов и дальнейшей своевременной адаптацией КРС к предъявляемой нагрузке до отказа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что ряд параметров КРС, в том числе и их динамика,

ка, в ходе нагрузочного тестирования оказывал влияние на максимальную аэробную производительность атлетов и на потребление кислорода на вентиляторных порогах. К наиболее информативным факторам можно отнести динамику артериального давления, в том числе и пульсового, минутного объема дыхания и ударного объема крови. Особенности долговременной адаптации наиболее ярко проявляются у девушек, занимающихся профессиональным бегом (при сравнении с любительницами), что особенно заметно в динамике ЧСС и МОД.

Следует отметить, что реакция на нагрузку со стороны КРС в значительной степени определяется и типами кровообращения, определяемыми как по соотношению минутного объема крови к площади поверхности тела (сердечный индекс), так и по соотношению ударного объема крови к массе тела (ударный индекс).

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов, В. А. Некоторые аспекты оценки эффективности бега / В. А. Демидов, Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко, В. В. Демидова // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 7-13.
2. Демидов, В. А. Типологический анализ кардиогемодинамики у юношей и девушек в покое и в условиях эмоционального напряжения / В. А. Демидов, Ф. П. Ведяев, Ю. Гаевский // Физиология человека. – 1990. – Т. 16, №. 6. – С. 113-118.
3. Демидов, В. А. Вариабельность комплекса параметров гемодинамики у юношей и девушек, занимающихся и не занимающихся спортом / В. А. Демидов, Ф. А. Мавлиев, Н. Ш. Хаснутдинов // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №. 1. – С. 84-89.
4. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н. Н. Савицкий. – М.: Медицина. – 1974. – 313 с.
5. Сергиенко Л. П. Спортивный отбор: теория и практика / Л. П. Сергиенко. – М.: Советский спорт. – 2013. – 1048 с.
6. Солопов, И. Н. Соотношение объемно-временных параметров внешнего дыхания у спортсменов различной квалификации и специализации / И. Н. Солопов, А. И. Солопов // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». – 2013. – № 29. – С. 250-256.
7. Уилмор, Д. Х. Физиология спорта и двигательной активности / Д. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К.: Олимпийская литература. – 1997. – 504 с.
8. Baumgartner, L. Influence of Vigorous Physical Activity on Structure and Function of the Cardiovascular System in Young Athletes –The MuCAYA-Study / L. Baumgartner, T. Schulz, R. Oberhoffer, H. Weberrub // Frontiers in cardiovascular medicine. – 2019. – Vol. 6. – DOI: 10.3389/fcvm.2019.00148.
9. Carlsson, M. Cardiac output and cardiac index measured with cardiovascular magnetic resonance in healthy subjects, elite athletes and patients with congestive heart failure / M. Carlsson, R. Andersson, K. M. Bloch, K. Steding-Ehrenborg, H. Mosen, F. Stahlberg, B. Ekmehag, H. Arheden // Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance. – 2012. – Vol. 14, № 1. – P. 1-7.
10. Clausen, J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man / J.P. Clausen // Physiological reviews. – 1977. – Vol. 57, № 4. – P. 779-815.
11. Mahotra, N. B. Effects of exercise on pulmonary function tests: A comparative study between athletes and non-athletes in Nepalese settings / N. B. Mahotra, T. M. Amatya, B. S. Rana, D. Banstola // Journal of Chitwan Medical College. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 21-23.
12. Rong, C. Lung function and cytokine levels in professional athletes / C. Rong, H. Bei, M. Yun, W. Yuzhu, Z. Mingwu // Journal of Asthma. – 2008. – Vol. 45, № 4. – P. 343-348.
13. Tawa, N. Biomechanical factors associated with running economy and performance of elite Kenyan distance runners: A systematic review / N. Tawa, Q. Louw // Journal of bodywork and movement therapies. – 2018. – Vol. 22, № 1. – P. 1-10.

REFERENCES

- Demidov V.A., Mavliev F.A., Nazarenko A.S., Demidova V.V. [Some aspects of running efficiency assessment]. *Man. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, № 4, pp. 7-13 (in Russ.).
- Demidov V.A., Vedyayev F.P., Gaevsky Y. [Typological analysis of cardiohemodynamics in young men and women at rest and in conditions of emotional stress]. *Human Physiology*, 1990, vol. 16, no. 6, pp. 113-118 (in Russ.).
- Demidov V.A., Mavliev F.A., Khasnutdinov N.Sh. [Variability of the complex of hemodynamic parameters in young men and women who engaged and not engaged in sports]. *Human Physiology*, 2009, vol. 35, no. 1, pp. 84-89 (in Russ.).
- Savitsky N.N. *Biofizicheskiye osnovy krovoobrashcheniya i klinicheskiye metody izucheniya gemodinamiki* [Biophysical foundations of blood circulation and clinical methods for studying hemodynamics]. Moscow, Medicine, – 1974. 313 p.
- Sergienko, L. P. *Sportivnyy otkor: teoriya i praktika* [Sports selection: theory and practice]. M.: Soviet sport. – 2013. – 1048 p.
- Solopov I.N., Solopov A.I. [Correlation of volume-time parameters of external respiration in athletes of various qualifications and specializations]. *Bulletin of Tver State University. Series "Biology and Ecology"*, 2013, no. 29, pp. 250-256 (in Russ.).
- Wilmore D.H., Costill D.L. *Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti* [Physiology of sport and motor activity]. K.: Olympic literature, – 1997. – 504 p.
- Baumgartner L., Schulz T., Oberhoffer R., Weber-rub H. Influence of Vigorous Physical Activity on Structure and Function of the Cardiovascular System in Young Athletes – The MuCAYA-Study. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 2019. vol. 6, doi: 10.3389/fcvm.2019.00148.
- Carlsson M., Andersson R., Bloch K.M., Steding-Ehrenborg K., Mosen H., Stahlberg F., Ekmehag B., Arheden H. Cardiac output and cardiac index measured with cardiovascular magnetic resonance in healthy subjects, elite athletes and patients with congestive heart failure. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 2012. vol. 14, no. 1, pp. 1-7.
- Clausen J.P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiological reviews*, 1977. vol. 57, no. 4. pp. 779-815.
- Mahotra N.B., Amatya T.M., Rana B.S., Banstola D. Effects of exercise on pulmonary function tests: A comparative study between athletes and non-athletes in Nepalese settings. *Journal of Chitwan Medical College*, 2016. vol. 6, no. 1, pp. 21-23.
- Rong C., Bei H., Yun M., Yuzhu W., Mingwu Z. Lung function and cytokine levels in professional athletes. *Journal of Asthma*, 2008. vol. 45, no. 4, pp. 343-348.
- Tawa N., Louw Q. Biomechanical factors associated with running economy and performance of elite Kenyan distance runners: A systematic review. *Journal of bodywork and movement therapies*, 2018. vol. 22, no. 1. pp. 1-10.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Демидов Виктор Александрович (Demidov Viktor Aleksandrovich) – доктор медицинских наук, профессор кафедры медико-биологических дисциплин; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, Республика Татарстан, г. Казань, территория Деревня Универсиады, д. 35; e-mail: va-demidov@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-9216-0428.

Назаренко Андрей Сергеевич (Nazarenko Andrey Sergeevich) – кандидат биологических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, Республика Татарстан, г. Казань, территория Деревня Универсиады, д. 35; e-mail: hard@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-3067-8395.

Демидова Виктория Викторовна (Demidova Victoria Victorovna) – клинический ординатор-диетолог НИИЦ эндокринологии Минздрава России; 420012, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бултерова, 49; ORCID: 0000-0002-8070-2322.

Абдрахманова Аделя Шамилевна (Abdrakhmanova Adelia Shamilevna) – аспирант кафедры медико-биологических дисциплин; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, д. 35; adeliaabd@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4971-7822.

Мавлиев Фанис Азгатович (Mavliev Fanis Azgatovich) – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, Республика Татарстан, г. Казань, территория Деревня Универсиады, д. 35; e-mail: fanis16rus@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8981-7583.

Поступила в редакцию 11 апреля 2022 г.

Принята к публикации 18 мая 2022 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

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. DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-2-6-14

FOR CITATION

Demidov. V.A., Nazarenko A.S., Demidova. V.V., Abdrakhmanova A.Sh, Mavliev F.A. Cardiorespiratory predictors for aerobic performance, *Science and sport: current trends*, 2022, vol. 10, no.2, pp. 6-14 (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-2-6-14