

УДК 612.06

## МЕХАНИЗМЫ КИСЛОРОДНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ В ПОКОЕ И ПРИ НАГРУЗКАХ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ\*

Е.Д. Пупырева, М.В. Балыкин

*Ульяновский государственный университет*

Изучены механизмы кислородного обеспечения организма спортсменов-легкоатлетов, бегунов на короткие и средние дистанции в условиях относительного мышечного покоя и при работе максимальной мощности. Установлено, что в отличие от квалифицированных «спринтеров» спортсмены, специализирующиеся в беге на средние дистанции, имеют более высокие резервные возможности внешнего дыхания, крови, сердечно-сосудистой системы и тканевого дыхания, определяющие высокий уровень их аэробной работоспособности.

**Ключевые слова:** спортсмены, физическая нагрузка, внешнее дыхание, сердечно-сосудистая система, кровь, тканевое дыхание.

**Введение.** Известно, что спорт высших достижений связан с предельными по интенсивности и длительности тренировочными и соревновательными нагрузками, во время которых многократно увеличивается обмен веществ и потребление кислорода. Обеспечение повышенного потребления кислорода в процессе мышечной деятельности сопровождается усилением деятельности всех звеньев газотранспортной системы, включая внешнее дыхание, сердечно-сосудистую систему, кровь и тканевое дыхание. Резерв этих звеньев во многом определяет уровень максимального потребления кислорода ( $VO_{2max}$ ) и общей физической работоспособности спортсменов. В зависимости от типа тренировочных нагрузок у спортсменов формируются специфические механизмы адаптации организма, определяющие резерв отдельных звеньев газотранспортной системы, особенности метаболизма, резистентность к гипоксии и т.д. [4, 5, 10, 12, 13]. Специфика тренировочных нагрузок, их объем и интенсивность в различных видах беговой деятельности (бег на короткие, средние и длинные дистанции) предполагают формирование различных механизмов адаптации организма к нагрузкам, включая уровень метаболизма, изменения

функциональных резервов отдельных звеньев газотранспортной системы и общей физической работоспособности спортсменов.

**Цель исследования.** Изучить особенности газотранспортной системы и функциональные резервы внешнего дыхания, крови и сердечно-сосудистой системы у квалифицированных спортсменов, специализирующихся в беге на средние и короткие дистанции.

**Материалы и методы.** В обследовании приняли участие 2 группы квалифицированных спортсменов-легкоатлетов (КМС и МС). Первую группу ( $n=12$ ) составили спортсмены, специализирующиеся в беге на средние дистанции («средневики»), вторую группу ( $n=12$ ) – спортсмены, специализирующиеся в беге на короткие дистанции («спринтеры»). Возраст обследуемых –  $23,6 \pm 1,5$  года. Все участники предварительно прошли медицинский осмотр и были признаны здоровыми. Обследование проводилось при личном согласии каждого участника.

В состоянии относительного мышечного покоя и при физической нагрузке, сопровождающейся максимальным потреблением кислорода ( $VO_{2max}$ ), оценивали частоту сердечных сокращений (ЧСС) с использованием кардиомонитора Polar, артериальное давление, которое определяли общепринятым методом Рива-Рочи в модификации Короткова.

\* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России.

Ударный объем сердца (УОС), минутный объем кровообращения (МОК) и общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) рассчитывали в соответствии с рекомендациями [1]. Для определения насыщения крови кислородом ( $SO_2$ ) использовался оксигеометр SO 3 DX Mini SpO<sub>2</sub> (USA).

Дыхательный объем (ДО), частоту дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД) определяли с использованием спирографа «СПМ-21/01» (Россия); потребление O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>) и выделение CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) – при помощи газоанализаторов «Спиrolит – 2» (Германия) и «ГКМ – 01 – ИНCOBT» (Санкт-Петербург).

В пробах артериализированной крови определяли содержание эритроцитов и гемоглобина (Hb) по общепринятой лабораторной методике. На основании этих показателей рассчитывали кислородную емкость крови (КЕК), об. %:

$$КЕК = Hb \times 1,34,$$

где 1,34 – константа Гюфнера.

Среднее содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ) определяли по формуле [12]

$$\tilde{N}\tilde{A}\tilde{Y} = \frac{\hat{e}\hat{i}\hat{e} - \hat{a}\hat{i} Hb \hat{a} 100 \hat{i}\hat{e}}{\hat{e}\hat{i}\hat{e} - \hat{a}\hat{i} \hat{y}\hat{d}\hat{e}\hat{d}\hat{o}\hat{i}\hat{d}\hat{e}\hat{o}\hat{i} \hat{a} \hat{a} 100 \hat{i}\hat{e} (\hat{i}\hat{a}) \hat{e}\hat{d}\hat{i}\hat{a}\hat{e}}.$$

Расчет артерио-венозной разницы по кислороду проводили по формуле Фика (отношение потребления кислорода (мл/мин) и минутного объема кровообращения (мл/мин)):

$$C(a-v)O_2 = VO_2 / МОК,$$

где  $C(a-v)O_2$  – разница между содержанием кислорода в артериальной (a) и смешанной венозной крови (v), об. %.

Коэффициент утилизации кислорода тканями (КУO<sub>2</sub>, %) рассчитывали по формуле [2]

$$КУO_2 = C(a-v)O_2 / CaO_2,$$

где CaO<sub>2</sub> – содержание кислорода в артериальной крови, об. %.

Содержание кислорода в артериальной крови рассчитывали по формуле [2]

$$CaO_2 = (Hb \times 1,36 \times S_{O_2}) / 100,$$

где Hb – содержание гемоглобина в крови, г/л; S<sub>O<sub>2</sub></sub> – насыщение крови кислородом, %.

Содержание кислорода в смешанной венозной крови (CvO<sub>2</sub>, об. %) определяли в соответствии с формулой

$$CvO_2 = CaO_2 - C(a-v)O_2.$$

Скорость транспорта кислорода (qaO<sub>2</sub>, мл/мин) определяли как произведение МОК и CaO<sub>2</sub> в артериальной крови:

$$qaO_2 = МОК \times CaO_2.$$

Физические нагрузки моделировались с использованием велоэргометра в соответствии с рекомендациями [8]. Мощность первой нагрузки составляла 100 Вт. Далее она увеличивалась на 50 Вт вплоть до отказа от работы и достижения уровня максимального потребления кислорода. Продолжительность каждой ступени нагрузки составляла 5 мин. Контрольные измерения проводились в покое и в конце каждой ступени нагрузки. Потребление O<sub>2</sub> определялось ежеминутно вплоть до достижения максимальных значений.

Полученные результаты обработаны при помощи пакета математических программ MS Excel, 2005.

**Результаты и обсуждение.** В соответствии с поставленными задачами в исследовании оценивали особенности кислородтранспортной системы у спортсменов в состоянии относительного мышечного покоя и при нагрузке с максимальным потреблением кислорода.

Результаты исследования показали, что в покое у спортсменов «средневики» и «спринтеров» имеются определенные сходства и различия в функционировании отдельных звеньев газотранспортной системы (табл. 1 и 2). Так, при одинаковом уровне потребления кислорода (табл. 1) VO<sub>2</sub> в группах не различается. Минутный объем дыхания, частотные и объемные характеристики в группах находятся в пределах физиологической нормы и не имеют выраженных различий. Наряду с этим установлено, что у «средневики» имеет место достоверно высокий ( $p \leq 0,05$ ) коэффициент использования O<sub>2</sub> в легких (табл. 1), который характеризует эффективность вентиляционно-перфузионных отношений в легких и переход O<sub>2</sub> из альвеол в кровь.

Результаты исследований показали, что в группе «средневики» отмечаются повышенные уровни эритроцитов ( $p \leq 0,05$ ), гемоглобина ( $p \leq 0,05$ ) и КЕК ( $p \leq 0,05$ ), определяющие резерв доставки  $O_2$  от капилляров легких в ткани [7]. Можно полагать, что установленные различия кислородтранспортной системы связаны со спецификой спортивной подготовки, которая направлена на развитие анаэробно-аэробных возможностей организма и сопровождается возникновением артериальной гипоксемии и тканевой гипоксии (гипоксия нагрузки), которые в процессе адаптации стимулируют эритропоэз и возникновение «истинного» эритроцитоза спортсменов [12]. Специфика тренировочных занятий у «средневики» определяет особенности формирования морфофункциональной адаптации серд-

ца спортсменов [3, 4, 11]. Установлено, что в группе «средневики» (табл. 1) имеет место выраженная брадикардия ( $44,6 \pm 2,1$  уд./мин) на фоне сравнительно высокого систолического выброса ( $p \leq 0,05$ ). При этом выраженных отличий со стороны интегрального показателя работы сердца – минутного объема кровообращения – в покое не отмечается (табл. 1). Эти данные свидетельствуют о том, что изменение уровня МОК, адекватного удовлетворению кислородного запроса ( $VO_2$ ), в состоянии мышечного покоя в группе «средневики» осуществляется по эффективному пути снижения частоты сердечных сокращений и повышения сократительной активности миокарда (инотропный эффект), что является признаком экономизации его работы, характерной для «спортивного сердца» [1, 9].

Таблица 1

**Особенности кислородного обеспечения организма спортсменов в покое и при максимальной физической нагрузке ( $M \pm m$ )**

Показатели	Покой		Нагрузка с $VO_{2max}$	
	«средневики»	«спринтеры»	«средневики»	«спринтеры»
$VO_2$ , мл×мин/кг	$7,2 \pm 0,01$	$7,0 \pm 0,03$	$82,2 \pm 3,4^*$	$52,1 \pm 3,2^{* \#}$
МОД, л/мин	$12,1 \pm 2,1$	$14,8 \pm 2,8$	$129,0 \pm 5,0^*$	$79,3 \pm 9,1^{* \#}$
ЧД, мин	$12,2 \pm 0,9$	$15,8 \pm 2,2$	$37,5 \pm 2,0^*$	$35,4 \pm 4,2^*$
ДО, л	$0,9 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,2^{* \#}$
КИО <sub>2</sub> , % в легких	$4,50 \pm 0,07$	$3,20 \pm 0,06^{\#}$	$4,50 \pm 0,03$	$3,00 \pm 0,03^{* \#}$
МОК, л/мин	$3,4 \pm 0,3$	$3,7 \pm 0,5$	$24,1 \pm 0,2^*$	$18,9 \pm 0,3^{* \#}$
ЧСС, уд./мин	$44,6 \pm 2,1$	$56,2 \pm 2,5^{\#}$	$181,0 \pm 3,2^*$	$171,3 \pm 7,3^{* \#}$
УОК, мл	$78,1 \pm 2,6$	$66,8 \pm 3,1^{\#}$	$124,2 \pm 4,5^*$	$111,7 \pm 2,3^{* \#}$
АДС, мм рт. ст.	$116,1 \pm 2,0$	$116,3 \pm 4,9$	$160,0 \pm 3,6^*$	$154,5 \pm 6,3^*$
АДД, мм рт. ст.	$68,8 \pm 2,1$	$67,5 \pm 2,7$	$35,3 \pm 4,2^*$	$56,1 \pm 5,4^*$
ОПСС, дин×с×см <sup>-5</sup>	$2084,2 \pm 10,2$	$2100 \pm 21,4$	$334,6 \pm 8,5^*$	$825 \pm 11,4^{* \#}$
SO <sub>2</sub> , %	$98,1 \pm 0,3$	$98,2 \pm 0,4$	$95,2 \pm 0,7^*$	$95,7 \pm 1,3^*$
qaO <sub>2</sub> , мл/мин	$685,7 \pm 23,1$	$691,1 \pm 31,2$	$4843,2 \pm 24,8^*$	$3647,2 \pm 32,5^{* \#}$
CaO <sub>2</sub> , об. %	$20,1 \pm 0,3$	$18,7 \pm 0,3^{\#}$	$19,3 \pm 0,4$	$18,3 \pm 0,4^{\#}$
CvO <sub>2</sub> , об. %	$14,3 \pm 0,2$	$13,9 \pm 0,2$	$6,6 \pm 0,3^*$	$8,7 \pm 0,5^{* \#}$
C(a-v)O <sub>2</sub> , об. %	$5,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$12,7 \pm 0,2^*$	$10,6 \pm 0,6^{* \#}$
KУO <sub>2</sub> , %	$28,8 \pm 0,6$	$25,6 \pm 0,7^{\#}$	$65,9 \pm 0,7^*$	$54,9 \pm 1,1^{* \#}$

**Примечание.** \* – различия достоверны по сравнению с покоем,  $p \leq 0,05$ ; # – различия достоверны по сравнению с группой «средневики»,  $p \leq 0,05$ .

Наряду с экономизацией работы сердца у спортсменов-«средневигов» транспорт  $O_2$  артериальной кровью практически не отличается от его величины у спортсменов-«спринтеров», однако в этой группе отмечаются сравнительно высокие артерио-венозная разница по  $O_2$  и коэффициент его утилизации тканями ( $p \leq 0,05$ ), что свидетельствует о наличии тканевой адаптации в группе [2, 6].

Таким образом, результаты исследования показали, что у высококвалифицированных спортсменов-бегунов на средние дистанции удовлетворение кислородного запроса в состоянии относительного мышечного покоя

осуществляется за счет эффективного газообмена в легких, высокого содержания эритроцитов, гемоглобина, кислородной емкости крови и утилизации  $O_2$  тканями на фоне экономизации функций сердца (брадикардия покоя).

В соответствии с целью исследования у спортсменов обеих групп было проведено прямое определение уровня  $VO_{2max}$  и количественных изменений отдельных звеньев газотранспортной системы (внешнее дыхание, сердечно-сосудистая система, артерио-венозная разница по  $O_2$ ), характеризующих их резервные возможности.

Таблица 2

Показатели красной крови спортсменов ( $M \pm m$ )

Показатели	«Средневики»	«Спринтеры»
Эритроциты, $10^{12}/л$	$4,80 \pm 0,03$	$4,50 \pm 0,03\#$
Гемоглобин, г/л	$153 \pm 3,4$	$142,0 \pm 2,9\#$
КЕК, об. %	$20,50 \pm 0,04$	$19,00 \pm 0,02$
СГЭ, пг	$31,40 \pm 1,30$	$31,80 \pm 1,20$

**Примечание.** # – различия достоверны по сравнению с группой «средневигов»,  $p \leq 0,05$ .

Известно, что уровень  $VO_{2max}$  является объективным критерием оценки аэробных возможностей (резервов) организма и общей физической работоспособности спортсменов [10, 12, 13]. Полученные данные приводят к заключению, что аэробные резервы квалифицированных спортсменов, тренирующихся в беге на средние дистанции, выше, чем у квалифицированных спортсменов-«спринтеров», что вполне закономерно, учитывая специфику их спортивной специализации [4, 8, 12]. Действительно, достижение высоких спортивных результатов в спринте, когда длительность соревновательных нагрузок не превышает 40–50 с, анаэробные пути ресинтеза АТФ являются определяющими в энергетике мышечной деятельности, и направленность тренировочного процесса связана с их развитием [12]. Что касается специфики тренировочного процесса бегунов на средние дистанции, соревновательная деятельность которых исчисляется минутами, а ресинтез АТФ осуществляется при участии анаэробно-

аэробных процессов, специфика тренировочного процесса и уровень спортивного результата во многом определяются не только анаэробными, но и аэробными резервами, уровень которых зависит от возможностей тканевого (митохондриального) дыхания и, что особенно важно, от возможностей газотранспортной системы в доставке  $O_2$  [6]. С этих позиций в рамках проведенного исследования было проведено сравнительное изучение функционального резерва внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и тканевой утилизации  $O_2$  при нагрузках максимальной мощности, которые характеризуют особенности специфической адаптации спортсменов-легкоатлетов различной специализации и позволяют дифференцировать «слабые звенья», лимитирующие доставку кислорода и аэробные возможности организма ( $VO_{2max}$ ) «средневигов» и «спринтеров».

Результаты исследований показали (табл. 1), что при нагрузках с  $VO_{2max}$  легочная вентиляция у «средневигов» увеличивается в

10,6 раза ( $p \leq 0,05$ ). В группе «спринтеров» – лишь в 5,3 раза ( $p \leq 0,05$ ), причем разница между группами составляет 62,6 % ( $p \leq 0,05$ ). Установлено, что повышенный уровень МОД у «средневигов» сопровождается большим приростом дыхательного объема при незначительных различиях частоты дыхания, что с позиций биоэнергетики дыхания является не только эффективной, но и более экономичной реакцией [10]. На этом фоне у спортсменов-«средневигов» отмечается повышенный коэффициент использования кислорода в легких ( $p \leq 0,05$ ), что указывает на высокий уровень вентиляционно-перфузионных отношений в системе малого круга кровообращения [2].

Результаты исследования также показали, что при нагрузке с  $VO_{2max}$  насыщение артериальной крови кислородом в обеих группах снижается ( $p \leq 0,05$ ), что связано не столько с ограничением газообмена в легких, сколько с артерио-венозным шунтированием и увеличением в артериальной крови доли венозной примеси, поступающей через анастомозы, открывающиеся при повышении давления в системе малого круга кровообращения при тяжелых физических нагрузках [12]. При этом наблюдается тенденция к снижению артериального содержания  $O_2$  в обеих группах ( $p \leq 0,05$ ), причем в группе «спринтеров» уровень  $CaO_2$  достоверно ниже, чем в группе «средневигов» ( $p \leq 0,05$ ).

На фоне умеренной артериальной гипоксемии важную роль в доставке  $O_2$  в ткани играют функциональные возможности сердца, определяющие уровень минутного объема кровообращения и транспорта  $O_2$ .

При нагрузке с  $VO_{2max}$  минутный объем кровообращения увеличивается: у «средневигов» – в 7,1 раза ( $p \leq 0,05$ ), у «спринтеров» – в 5,1 раза ( $p \leq 0,05$ ). При этом абсолютный уровень МОК в группе «средневигов» на 27,5 % ( $p \leq 0,05$ ) выше, чем в группе «спринтеров», что свидетельствует о высоких резервах сердца спортсменов первой группы. Подтверждением этого служат данные об увеличении ударного выброса и частоты сердечных сокращений в группе «средневигов» в 1,6 ( $p \leq 0,05$ ) и в 4,1 раза ( $p \leq 0,05$ ); в группе «спринтеров» увеличение составило 1,6 ( $p \leq 0,05$ ) и 3,0 раза ( $p \leq 0,05$ ).

Обращают на себя внимание изменения общего периферического сопротивления, свидетельствующие о повышении емкости кровеносного русла за счет увеличения числа функционирующих микрососудов, обеспечивающих перераспределение кровотока в скелетную мускулатуру [12, 13]. Результаты исследования показали, что в группе «средневигов» ОПСС при нагрузке с  $VO_{2max}$  снижается в 6,2 раза ( $p \leq 0,05$ ), и это существенно больше, чем в группе «спринтеров» в (2,5 раза,  $p \leq 0,05$ ). При этом, наряду с закономерным повышением АДС в обеих группах, АДД в группе «средневигов» снижается в большей степени, чем в группе сравнения. Причины этого, очевидно, связаны с особенностями морфофункциональной адаптации спортсменов-«средневигов», поскольку известно, что тренировки, направленные на расширение аэробных резервов организма и устойчивости к гипоксии, сопровождаются активизацией процессов ангиогенеза, пролиферацией микрососудов не только в локомоторных мышцах, но и в респираторных и сердечной мышцах, определяя резервы сосудистого русла в этих тканях [3, 11].

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о наличии количественных различий со стороны сердечно-сосудистой системы у «средневигов» и «спринтеров» при нагрузках с  $VO_{2max}$ , которые влияют на доставку  $O_2$  в органы и ткани и, соответственно, на уровень максимального потребления кислорода.

Результаты исследования показали, что при сравнительно небольших различиях  $CaO_2$  в группах при нагрузках с  $VO_{2max}$  скорость артериального транспорта  $O_2$  у «средневигов» и «спринтеров» имеет выраженные отличия (табл. 1). Так, уровень  $qaO_2$  при нагрузке с  $VO_{2max}$  увеличивается в группе «средневигов» в 7,0 раза ( $p \leq 0,05$ ), что на 32,7 % ( $p \leq 0,05$ ) превышает уровень артериального транспорта  $O_2$  в группе «спринтеров». При этом высокий уровень транспорта артериальной кровью  $O_2$  в группе «средневигов» определяется преимущественно высоким резервом сердечно-сосудистой системы и в меньшей степени различиями артериального содержания  $O_2$ . Так, если уровень МОК

при нагрузке с  $VO_{2max}$  в группе «средневи-ков» превышает его величину у «спринтеров» на 27,5 %, то содержание  $O_2$  в единице объема артериальной крови (100 мл) выше лишь на 5,2 %, что в совокупности обеспечивает установленные различия в скорости артериального транспорта  $O_2$  на 32,7 %.

Важным показателем, характеризующим уровень потребления организмом  $O_2$ , является этап тканевого дыхания, интегральным показателем которого может служить артерио-венозная разница по  $O_2$  или коэффициент утилизации  $O_2$  тканями [2]. Результаты исследования показали, что при максимальной нагрузке  $S(a-v)O_2$  увеличивается в группе «средневииков» и «спринтеров» в 2,2 раза ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с покоем. При этом абсолютное значение показателя в группе «средневииков» на 19,8 % ( $p \leq 0,05$ ) выше, чем в группе «спринтеров», что свидетельствует о более высокой способности тканей экстрагировать  $O_2$  из единицы притекающей крови. Высокую эффективность тканевого дыхания подтверждают низкий уровень  $O_2$  в смешанной венозной крови и сравнительно высокий коэффициент утилизации  $O_2$  тканями. Полученные данные свидетельствуют о наличии особенностей тканевого дыхания в группах сравнения как в покое, так и при максимальных физических нагрузках. Очевидно, причины этого сопряжены с морфофункциональными изменениями в организме спортсменов, которые формируются в процессе адаптации к мышечной деятельности, объем, интенсивность и длительность которой в процессе тренировок направлены в группе «средневииков» на развитие анаэробно-аэробных резервов организма, уровень которых прямо связан с функциональными резервами внешнего дыхания, дыхательной функции крови, сердечно-сосудистой системы и системы тканевого дыхания (способность к утилизации  $O_2$ ).

#### **Выводы:**

1. В состоянии относительного мышечного покоя кислородное обеспечение организма спортсменов-бегунов на средние дистанции осуществляется за счет эффективного газообмена в легких, высокого содержания эритроцитов, гемоглобина и утилизации  $O_2$

тканями, на фоне экономизации функций сердца (брадикардия покоя).

2. В отличие от квалифицированных «спринтеров» спортсмены, специализирующиеся в беге на средние дистанции, имеют более высокие резервные возможности внешнего дыхания, крови, сердечно-сосудистой системы и тканевого дыхания, определяющие высокий уровень их аэробной работоспособности.

1. Аронов Д. М., Лупанов В. П. Функциональные пробы в кардиологии. М. : МЕДпрессинформ, 2002. 296 с.

2. Балыкин М. В., Каркобатов Х. Д. Системные и органные механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2012. № 1. С. 127–136.

3. Балыкин М. В., Сагидова С. А. Изменения сосудов микроциркуляции в различных отделах сердца при действии физических нагрузок // Медико-физиологические проблемы экологии человека : материалы IV Всероссийской конф. с междунар. участием (26–30 сент. 2011 г.). Ульяновск : УлГУ, 2011. С. 235–237.

4. Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. М. : Советский спорт, 2005. 312 с.

5. Бочаров М. И. Реакция гемодинамики человека на разные по величине гипоксические воздействия // Ульяновский медико-биологический журн. 2012. № 3. С. 138–145.

6. Виноградов С. Н., Балыкин М. В. Комбинированное воздействие нормобарической гипоксии и физических нагрузок на метаболизм у лиц с повышенной массой тела // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 90, № 8. С. 181.

7. Иванов К. П. Современные проблемы дыхательной функции крови и газообмена в легких // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 1991. Т. 78, № 11. С. 11.

8. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине. М. : ФиС, 1988. 206 с.

9. Макарова Г. А., Холякко Ю. А. Лабораторные показатели в практике спортивного врача. М. : Советский спорт, 2006. 200 с.

10. Реактивность и экономичность кардиореспираторной системы на гипоксию и физическую нагрузку у пловцов и лыжников / С. Г. Кривошеков [и др.] // Ульяновский медико-биологический журн. 2012. № 4. С. 102–113.

11. Сагидова С. А., Балыкин М. В. Влияние гипоксии нагрузки на изменения микроциркуляторного русла в различных отделах сердца крыс

// Ульяновский медико-биологический журн. 2012. № 1. С. 82–88.

12. Уилмор Дж. Х., Костил Д. Т. Физиология спорта. Киев : Олимпийская литература, 2005. 540 с.

13. Филиппов М. М. Условия массопереноса кислорода в организме при максимальной физической нагрузке // Ульяновский медико-биологический журн. 2012. № 4. С. 120–124.

## MECHANISM OF OXYGEN SUPPLY IN SPORTSMEN AT THE REST AND MAXIMAL PHYSICAL EXERCISES

E.D. Pupyreva, M.V. Balykin

*Ulyanovsk State University*

Mechanism of oxygen supply have been studied in sportsmen – athletes sprinters and middle-distance runners in conditions of relative muscular rest and at maximal physical exercises. Found that the sportsmen, specializing in middle-distance race as distinct from qualified sprinter have higher spare capacities of external respiration, blood, cardiovascular system and cell respiration that determine a high level of his aerobic capacity.

**Keywords:** sportsmen, physical exercise, external respiration, cardiovascular system, blood, cell respiration.