

**М. И. Малахов,
В. Д. Сонькин,
Ю. Л. Войтенко**

**Функциональные изменения
периферической крови у пловцов
под воздействием шестинедельной
тренировки с применением
дыхательных тренажеров**

В статье рассматривается влияние шестинедельного тренировочного цикла, основанного на использовании дыхательных тренажеров, на показатели периферической крови спортсменов-пловцов на средние дистанции. После шести недель использования дыхательных тренажеров в тренировочном процессе (20 % от общего времени тренировки) было отмечено достоверное повышение количественных показателей эритроцитарного звена крови, которое отражает увеличение кислородной и буферной емкости и может способствовать росту аэробной производительности. При этом лейкоцитарное и тромбоцитарное звенья оставались в пределах физиологической нормы.

Ключевые слова: дыхательные тренажеры; периферическая кровь; эритроцитарное звено; плавание; гипоксическая тренировка.

Введение

Спортивная деятельность в плавании сопряжена с выполнением двигательных задач в условиях нехватки кислорода [6]. Поэтому высокая устойчивость организма к гипоксическим условиям — один из важнейших факторов достижения высоких результатов [2]. В связи с этим становится актуальным поиск новых путей по совершенствованию системы спортивной подготовки с использованием различных средств гипоксической тренировки [1].

На сегодняшний день на рынке спортивного оборудования представлено несколько моделей таких средств, в том числе трубки для плавания со сменными насадками, регулирующими просвет дыхательного канала, а также маски со сменными клапанами для использования на суше. Такой метод гипоксической тренировки прост, не требует больших финансовых затрат и доступен для массового применения. Спортсмен, использующий такие дыхательные тренажеры (ДТ), может выполнять обычную тренировочную работу в привычных условиях как на воде, так и на суше.

Целью исследования было оценить, какие изменения в периферической крови спортсменов выявляются после шести недель гипоксической тренировки с использованием дыхательных тренажеров, отягчающих процесс дыхания.

Организация и методы исследования

Опытно-экспериментальной базой исследования стала СШОР «Юность Москвы» по водным видам спорта бассейна «СКИФЫ». В соответствии с задачами исследования, в эксперименте приняло участие 28 спортсменов-пловцов в возрасте $17 \pm 2,8$ лет. Спортивная квалификация участников эксперимента была на уровне I разряда — МС. Стаж занятий плаванием в среднем составлял $11 \pm 2,4$ лет. Количество тренировочных занятий в неделю — 30–36 часов. Средние показатели массы тела участников эксперимента были на уровне $74 \pm 5,9$ кг, показатели длины тела — на уровне $181 \pm 7,1$ см. Все участники тренировались по единому тренировочному плану, который был составлен на основе программ для недельных ударных микроциклов в системе подготовки пловцов высшей квалификации.

Исследования проводились в соответствии с требованиями биомедицинской этики. Каждый испытуемый был ознакомлен с целями, задачами и методами исследования и дал свое письменное информированное согласие на участие в эксперименте.

В ходе тренировки использовались дыхательные тренажеры — диафрагмальная маска Elevation training mask 2.0 (ДТ1) и трубка для плавания Breath top (ДТ2).

Диафрагмальная маска Elevation training mask 2.0 является дыхательным тренажером, воздействующим на кардиореспираторную систему. Состоит из силиконовой маски с носовым фиксатором, ремешка-фиксатора на голову и трех сменных клапанов для регуляции сопротивления дыханию. Тренажер пригоден для использования на суше.

Трубка для плавания Breath top — это дыхательный тренажер, воздействующий на кардиореспираторную систему. Breath top состоит из корпуса с загубником; дыхательной трубки с крепёжным ремнем для фиксации тренажера на голове спортсмена. Предназначен для использования на воде.

Оба тренажера имеют систему сменных насадок и клапанов, при помощи которых можно регулировать просвет дыхательного канала, создавая дополнительное аэродинамическое сопротивление как на вдохе, так и на выдохе, а также имитировать изменения состава вдыхаемой смеси, которая соответствует следующим значениям: сопротивление 1 (ДТ1) соответствует высоте 914 м над уровнем моря и содержанию $O_2 \sim 18,5 \%$; сопротивление 2 (ДТ2) — высоте 1828 м над уровнем моря и содержанию $O_2 \sim 16,4 \%$; сопротивление 3 (ДТ3) — высоте 2743 м над уровнем моря и содержанию $O_2 \sim 14,6 \%$. Тренажеры ДТ3 в данном эксперименте не использовались, так как их применение чрезмерно трудоемко при выполнении упражнений в ходе тренировки.

Учебно-тренировочные занятия в группе спортсменов с использованием дыхательных тренажеров продолжались в течение шести недель. На протяжении этого времени выполнялось 16 тренировок в неделю (12 в воде и 4 на суше), общий объем которых составил 32 часа (объем плавания составил 78–80 км, или 26 часов, объем работы на суше был равен примерно 6 часам). Упражнения аэробного характера (II зона мощности, по классификации Волкова [5]) составили 9 часов, упражнения смешанного аэробно-анаэробного характера (III зона мощности) — 17 часов, упражнения анаэробного гликолитического характера (IV зона мощности) — 4 часа, а упражнения анаэробного алактатного характера (V зона мощности) — 2 часа [5].

На первой неделе (втягивающий микроцикл) тренировка спортсменов на воде была направлена на развитие преимущественно аэробной выносливости. Дыхательные тренажеры использовались при работе во II и III зонах мощности. При работе во II зоне спортсмены использовали ДТ2, работа в III зоне производилась с ДТ1, процентное соотношение выполнения тренировочных упражнений с использованием ДТ1 и ДТ2 составляло соответственно 30 и 10 % от общего объема работы в этих зонах, что равнялось примерно 4 часам в неделю. Тренировки на суше проходили во II и III зонах мощности с использованием ДТ1. Процентное соотношение выполнения тренировочных упражнений с использованием дыхательных тренажеров составляло 50 % от общего объема работы на суше, что равнялось примерно 3 часам.

На второй неделе (ординарный микроцикл) на воде и на суше продолжалось совершенствование аэробной выносливости. Использование дыхательных тренажеров (ДТ1) было преимущественно в III зоне мощности, процентное соотношение выполнения тренировочных упражнений с использованием ДТ1 от общего объема работы в этой зоне было равно 50 %, что составило около 9 часов.

На третьей неделе (ударный микроцикл) тренировка на воде была направлена на совершенствование анаэробной гликолитической выносливости. Дыхательные тренажеры (ДТ1) использовались преимущественно в IV зоне мощности; процентное соотношение выполнения тренировочных упражнений

с использованием ДТ1 от общего объема работы в этой зоне было равно 50 %, что составило около 2 часов. Тренировки на суше были направлены на совершенствование аэробной выносливости и проходили во II зоне мощности при постоянном использовании ДТ1, общий объем работы на суше составил 6 часов.

На четвертой и пятой неделе (подводящий микроцикл) воспроизводился режим предстоящего контрольного теста 8×100 м, который спортсмены проплывали с ДТ1 5 раз за неделю в IV–V зоне мощности. Время использования ДТ1 на четвертой и пятой неделе составило около 4 часов. Тренировки на суше проводились без использования ДТ.

На шестой неделе (восстановительный микроцикл) спортсмены тренировались без использования дыхательных тренажеров.

Таким образом, за шесть недель эксперимента дыхательные тренажеры использовались в общей сложности в течение 32 часов, что составило 20 % от общего объема выполненной работы. В конце шестой недели эксперимента был проведен тест повторного плавания 8×100 м для оценки специальной работоспособности пловцов. Было отмечено снижение (по сравнению с исходным) времени прохождения повторного плавательного теста начиная с 5 отрезка, то есть во второй половине дистанции — наиболее важной для характеристики специальной функциональной подготовленности. Эти результаты могут свидетельствовать о повышении у спортсменов анаэробного гликолитического компонента выносливости, который, как известно, имеет критически важное значение для спортивного результата в плавании на короткие и средние дистанции [9].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel 2017 for Windows. Для определения статистической значимости различий использовали параметрический *t*-критерий Стьюдента для связанных выборок. В качестве уровня достоверности различий была принята вероятность $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с поставленными задачами исследования, до и после шестинедельного цикла тренировок был произведен клинический анализ периферической крови спортсменов. Оценивались показатели, определяющие количественно-качественные характеристики состояния эритроцитарного звена циркулирующей крови (см. табл. 1), в том числе: общее содержание эритроцитов (RBC), концентрация гемоглобина (HGB), гематокрит (HCT), средний объем эритроцитов (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC).

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей периферической крови у пловцов до и после шестинедельного тренировочного цикла ($M \pm m$)

Показатели	До	После
Эритроциты (RCB), $10^{12}/л$	$5,10 \pm 0,33$	$5,35 \pm 0,46^*$
Средний объем эритроцита (MCV), $\mu\text{м}^3$	$87,45 \pm 0,23$	$87,47 \pm 0,15$
СОЭ (ESR), мм/ч	$4,3 \pm 0,64$	$4,1 \pm 0,66^*$
Гемоглобин (HGB), г/л	$149,67 \pm 2,91$	$159,90 \pm 2,17^*$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), пг	$29,34 \pm 0,19$	$29,88 \pm 0,86^*$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC), г/л	$335,58 \pm 1,57$	$341,66 \pm 2,08^*$
Гематокрит (HCT), отн. ед.	$44,6 \pm 0,24$	$46,8 \pm 0,58^*$
RDW-CV, %	$12,60 \pm 0,31$	$12,20 \pm 0,28^*$
Лейкоциты (WBC), $10^9/л$	$6,68 \pm 0,10$	$6,97 \pm 0,15^*$
Нейтрофилы (NE), $10^9/л$	$2,51 \pm 0,19$	$2,52 \pm 0,13$
Лимфоциты (LY), $10^9/л$	$1,40 \pm 0,04$	$1,52 \pm 0,06^*$
Эозинофилы (EO), $10^9/л$	$0,17 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,03$
Моноциты (MO), $10^9/л$	$0,52 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,04$
Базофилы (BA), $10^9/л$	$0,13 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
Тромбоциты (PLT), $10^9/л$	$198,33 \pm 2,38$	$205,27 \pm 2,49^*$

В ходе первичного анализа крови до эксперимента было выявлено, что среднее значение периферических показателей крови у спортсменов находится в пределах медицинских норм (ГОСТ Р53022-3–2008). У большинства испытуемых имело место относительно высокое содержание эритроцитов и гемоглобина в крови, что характерно для спортсменов, тренирующих выносливость [3, 7].

После шестинедельного тренировочного цикла у спортсменов наблюдаются изменения показателей эритроцитарного звена циркулирующей крови, которые проявляются в увеличении концентрации эритроцитов (RCB) на 4,67 %, при этом закономерно увеличилась концентрация гемоглобина (HGB) на 6,39 %. Увеличение рассматриваемых показателей приводит к изменению физико-химических свойств крови, которые, в свою очередь, приводят к понижению рН крови (за счет RCB) и увеличению кислородной емкости крови.

Известно, что белковая система гемоглобина и оксигемоглобина играет важную роль как в процессе дыхания (транспортная функция по переносу кислорода к тканям и органам и удалению из них метаболической CO_2), так и в поддержании постоянства рН внутри эритроцитов и в целом крови [4, 8]. В результате повышения показателя RCB увеличивается показатель гематокрита (HCT) на 5,7 % (рис. 1), но остается в пределах медицинских норм. Кроме того, важно отметить, что показатель HCT повышается за счет общего количества RCB, а не за счет их размера: так, показатель среднего объема эритроцита (MCV) не имеет статистически достоверной разницы до и после шестинедельного тренировочного цикла.

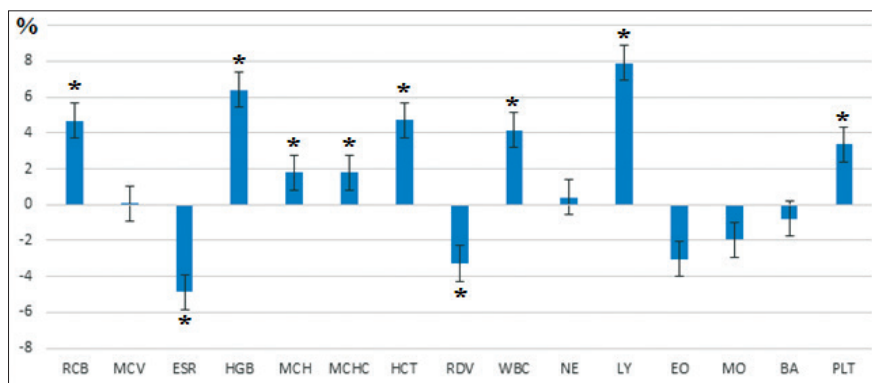


Рис. 1. Приросты (в % к исходному состоянию) показателей периферической крови после завершения шестинедельного тренировочного цикла в экспериментальной группе (знаком * обозначены достоверные сдвиги)

При анализе эритроцитарных индексов было зафиксировано достоверно значимое увеличение среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH) на 1,80 % и средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC) на 1,77 % (рис. 1). Показатель MCV, как было сказано выше, остался на прежнем уровне и не имел статистически достоверной разницы до и после шестинедельного тренировочного цикла. Из этого следует, что концентрация RCB повысилась за счет их количества, а не размера. Это приводит к снижению степени анизоцитоза, что подтверждается снижением показателя RDW-CV на 3,27 % (рис. 1) у спортсменов, т. е. наблюдается тенденция к снижению гетерогенности популяции эритроцитов. Все это может свидетельствовать об усилении процессов гемоглобинообразования в эритроцитах после тренировки с использованием дыхательных тренажеров.

Анализ лейкоцитарных индексов позволил определить, что предлагаемая нагрузка не являлась чрезмерной. В зависимости от характера выполняемой работы в крови повышается содержание продуктов распада гликогена и мышечных белков. Для дезактивации продуктов белкового обмена в крови необходимы дополнительные концентрации лейкоцитов в крови.

В конце шестинедельного тренировочного цикла было отмечено достоверное повышение показателя лейкоцитов на 7,89 % (рис. 1), который остался в пределах медицинских норм. Также было отмечено нормальное соотношение показателей нейтрофилов (NE), лимфоцитов (LY), эозинофилов (EO), моноцитов (MO) и базофилов (BA) по лейкоцитарной формуле.

Таким образом, в результате шестинедельного эксперимента с применением дыхательных тренажеров у спортсменов-пловцов произошли изменения в эритроцитарном звене крови. Приспособительный характер выявленных гемических сдвигов заключается в развитии реакций, направленных на повышение кислородной и буферной емкости циркулирующей крови. В то же время содержание лейкоцитов и тромбоцитов не превысило верхней

границы физиологической нормы, наличие миогенного лейкоцитоза установлено не было. Была доказана эффективность использованных дыхательных тренажеров. Они могут быть рекомендованы для применения в тренировке пловцов на средние дистанции и, вероятно, спортсменов других, близких по структуре нагрузки, специализаций.

Литература

1. Антипов И. В. Влияние гипоксических и гипоксически-гиперкапнических смесей на функциональные резервы организма человека: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2006. 22 с
2. Бреслав И. С., Волков Н. И., Тамбовцева Р. В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте // Советский спорт. 2013. 337 с.
3. Бочаров М. И. Реакция гемодинамики человека на разные по величине гипоксические воздействия // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 3. С. 138–145.
4. Быковская Т. Ю., Шатов Д. В., Иванов А. О., Беляев В. Ф., Мазур М. В. Влияние искусственной адаптации человека к условиям периодической нормобарической гипоксии на показатели эритроцитарного звена циркулирующей крови // Медицинский вестник Юга России. № 4. 2014. С. 31–34.
5. Волков Н. И., Олейников В. И. Биоэнергетика спорта: монография. М.: Сов. спорт, 2011. 160 с.
6. Сороко С. И., Бурых Э. А. Различия в стратегиях и возможностях адаптации человека к гипоксическому воздействию // Физиология человека. 2007. Т. 33. № 3. С. 63–74.
7. Зеленкова И. Е., Зоткин С. В., Грушин А. А. Практическое применение оценки динамики параметров общей гемоглобиновой массы и объема циркулирующей крови методом возвратного дыхания монооксидом углерода в контексте тренировочного процесса // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. № 4. С. 17–21.
8. Коц Я. М., Городецкий В. Д. Исследование связи между содержанием гемоглобина крови и аэробной работоспособностью // Теория и практика физ. культуры. 1978. № 5. С. 29–33.
9. Макаренко Л. П. Соревновательная деятельность высококвалифицированных пловцов спринтеров: учебное пособие слушателей ИПК и ФПК, тренеров по плаванию; Рос. гос. ун-т физ. культуры. М., 2003. 105 с.

Literatura

1. Antipov I. V. Vliyanie gipoksicheskix i gipoksicheski-giperkapnicheskix smesej na funkcional'ny'e rezervy` organizma cheloveka: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Ul'yanovsk, 2006. 22 s
2. Breslav I. S., Volkov N. I., Tambovceva R. V. Dy`xanie i my`shechnaya aktivnost` cheloveka v sporte // Sovetskij sport. 2013. 337 s.
3. Bocharov M. I. Reakciya gemodinamiki cheloveka na razny`e po velichine gipoksicheskie vozdejstviya // Ul'yanovskij mediko-biologicheskij zhurn. 2012. № 3. S. 138–145.

4. By`kovskaya T. Yu., Shatov D. V., Ivanov A. O., Belyaev V. F., Mazur M. V. Vliyanie iskusstvennoj adaptacii cheloveka k usloviyam periodicheskoj normobaricheskoj gipoksii na pokazateli e`ritrocitarnogo zvena cirkuliruyushhej krovi // Medicinskij vestnik Yuga Rossii. № 4. 2014. S. 31–34.

5. Volkov N. I., Olejnikov V. I. Bioe`nergetika sporta: monografiya. M.: Sov. sport, 2011. 160 s.

6. Soroko S. I., Bury`x E`. A. Razlichiya v strategiyax i vozmozhnostyax adaptacii cheloveka k gipoksicheskomu vozdeystviyu // Fiziologiya cheloveka. 2007. T. 33. № 3. S. 63–74.

7. Zelenkova I. E., Zotkin S. V., Grushin A. A. Prakticheskoe primenenie ocenki dinamiki parametrov obshhej gemoglobinoj massy` i ob`ema cirkuliruyushhej krovi metodom vozvratnogo dy`xaniya monoooksidom ugleroda v kontekste trenirovochnogo processa // Sportivnaya medicina: nauka i praktika. 2014. № 4. S. 17–21.

8. Kocz Ya. M., Gorodeczkij V. D. Issledovanie svyazi mezhdru sodержaniem gemoglobina krovi i ae`robnij rabotosposobnost`yu // Teoriya i praktika fiz. kul`tury`. 1978. № 5. S. 29–33.

9. Makarenko L. P. Sorevnovatel`naya deyatel`nost` vy`sokokvalificirovanny`x plovcov sprinterov: uchebnoe posobie slushatelej IPK i FPK, trenerov po plavaniyu; Ros. gos. un-t fiz. kul`tury`. M., 2003. 105 s.

**M. I. Malaxov,
V. D. Sonkin,
Yu. L. Vojtenko**

Functional Changes in Peripheral Blood in Swimmers under the Influence of 6 Weeks of Training with the Use of Breathing Simulators

The article examines the impact of a six-week training cycle based on the use of breathing simulators on the peripheral blood parameters of middle-distance swimmers. After 6 weeks of using breathing simulators in the training process (20 % of the total training time), there was a significant increase in the quantitative indicators of the red blood cell link, which reflects an increase in oxygen and buffer capacity and can contribute to an increase in aerobic performance. At the same time, the leukocyte and platelet links remained within the physiological norm.

Keywords: breathing simulators; peripheral blood; red blood cell link; swimming; hypoxic training.