

УДК: 796.015.572

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКСИГЕНАЦИИ КРОВИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИДЕНТИЧНОЙ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В ПЛАВАНИИ И БЕГЕ

А. А. Митрофанов, С. Н. Литвиненко¹

В статье представлены результаты сравнительного исследования показателей кислородообеспечения в процессе последовательного преодоления 10 отрезков в течение 65–70 сек. каждый в беге и плавании. Беговая и плавательная тренировки проводились в разные дни недельного микроцикла. Показано, что показатель оксигенации крови колебался в пределах статистической погрешности при выполнении интервальной нагрузки сходной напряженности как в беге, так и в плавании.

Ключевые слова: интервальная нагрузка, бег и плавание, оксигенация крови, функциональные пробы.

Введение. Актуальной проблемой современного спорта высших достижений является разработка новых подходов, методов и средств тренировки для достижения наивысших результатов без применения запрещенных средств.

Наиболее перспективными, в этой связи, видятся подходы, связанные с внедрением результатов фундаментальных научных исследований по молекулярным механизмам энергообеспечения напряженной мышечной деятельности, а также с использованием в тренировочном процессе инновационных средств мониторинга состояния спортсмена для выработки более точной индивидуально-скорректированной тренировочной программы.

Ввиду тенденций современного спорта к: преобладанию высоких, почти запредельных, нагрузок с самых ранних стадий физического воспитания будущих профессиональных спортсменов; приближению человечества к максимуму своих возможностей в функциональном и физическом планах; росту травматизма, заболеваемости юных спортсменов в связи с ранней специализацией [6] — возникает необходимость расширения способов и возможностей тренировочного воздействия на организм спортсмена в целях преодоления биоэнергетических «барьеров» на пути к рекордным достижениям.

По нашему мнению, перспективным путем совершенствования тренировочного процесса может быть использование в системе подготовки

¹ Митрофанов Андрей Анатольевич, Литвиненко Светлана Николаевна — Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва

спортсменов методик других видов спорта, сходных по физиологическим запросам. Например, применять беговые нагрузки для улучшения аэробной производительности пловцов.

Известно, что пловцы используют кроссовую подготовку малой интенсивности и продолжительностью до 2-х часов в начале сезона, а также как средство общей физической подготовки (ОФП) [7].

Однако, по нашему мнению, можно использовать беговые тренировки пловцов более целенаправленно, учитывая задачи текущего этапа подготовки и подбирая соответствующие средства и методы воздействия, в том числе, и в форме интервальной тренировки. Тем самым будут решаться, как минимум, две основополагающие задачи спортивной подготовки: развитие специальной тренированности пловцов посредством применения нагрузки, схожей по объёму и интенсивности с плавательной; а также — соблюдение необходимого баланса средств специальной физической подготовки (СФП — 50–60%) и общей физической подготовки (ОФП — 40–50%) на протяжении большей части многолетней подготовки [7].

Разработка подходов к внедрению интервальной беговой тренировки для пловцов должна базироваться на фундаментальных знаниях механизмов энергообеспечения этих видов спорта.

Ни для кого не секрет, что митохондрии определяют энергетический потенциал клетки, т. е. играют одну из определяющих ролей в циклических видах спорта, требующих проявления аэробной выносливости. Поэтому для плавания являются актуальными поиски новых методик по усовершенствованию работы имеющихся митохондрий, а также нахождение средств по увеличению их количества.

В статье Е. В. Пищалова [5] раскрываются механизмы митохондриального биогенеза как многокомпонентного и сложного процесса. Автор обосновывает предположение о том, что качественные адаптационные сдвиги могут быть достигнуты не при условии гипоксии, а при условии повышенного насыщения спортсмена кислородом во время тренировки (мы предлагаем термин «сверхоксия»). Сверхоксия стимулировала бы образование новых митохондрий, что, соответственно, повышало бы энергетический потенциал клеток. В частности, Е. В. Пищалов обосновывает одно из направлений инновационных разработок в спортивной тренировке, связанное с «внедрением тренировок в кислородных масках у элитных атлетов» [5].

Учитывая вышеизложенное, возникает вопрос: можно ли, применяя «более насыщенный», более «кислорододоступный» вид спорта, достигнуть необходимых приспособительных сдвигов в организме?

Действительно, беговая среда — среда, более насыщенная кислородом. Это стимулирует организм к потреблению большего количества кислорода (по сравнению с плаванием). Соответственно, происходит выработка большего

количества эпигенетического фактора ROS (reactive oxygen species), который запускает экспрессию гена PGC-1 α [5]. Этот ген выполняет в организме множество функций [1,8], а в частности — стимулирует образование митохондрий. По мнению авторов, организм испытывает более внушительный стресс в кислороднасыщенной среде, нежели, если доступ кислорода будет относительно более ограниченным.

Таким образом, более активное потребление кислорода пловцами при проведении беговых тренировок гипотетически может обеспечивать и более значительное развитие митохондрий скелетных мышц.

Отсюда вытекает **цель нашего исследования** — сравнение показателей насыщения крови кислородом при выполнении интервальной нагрузки одинаковой продолжительности и интенсивности в беге и плавании.

Методика исследования. Измерение показателей содержания кислорода в крови проводилось с помощью портативного прибора пульсоксиметр AccuMed, действие которого основано на различном отражении гемоглобина и оксигемоглобина в видимой части спектра и в инфракрасном излучении. Данный показатель (оксигенация — ОКС) измеряется в % от максимально возможного насыщения крови кислородом. Также прибор AccuMed измеряет частоту сердечных сокращений (ЧСС) и представляет данный показатель в виде количества сердечных сокращений в минуту. В норме артериальная кровь насыщена кислородом на 95–97% [2]. Как было доказано ранее [4], оксигенация крови может с достаточно высокой достоверностью характеризовать кислородное насыщение тканей, что предопределяет выбор именно этой методики исследования.

Измерения проводились в течение 10–40 секунд после выполнения эпизода интервальной нагрузки в беге и плавании в зависимости от того, насколько быстро прибор определял указанные показатели. Следует учитывать, что организм после выполнения отрезка находился в фазе быстрого восстановления, и поэтому показатели ЧСС и ОКС некоторое время после остановки продолжали изменяться.

До и после тренировки проводились функциональные пробы Штанге (задержка дыхания на вдохе) и Генча (задержка дыхания на выдохе).

Интервальная нагрузка в беге представляла собой пробегание отрезков 400 м в течение 65–70 секунд; время пробега фиксировалось с помощью секундомера. После пробега отрезка осуществлялся отдых в течение 1–2 минут. Всего за тренировку выполнялась работа по преодолению 10 отрезков. В начале и в конце тренировки проводилась разминка (20 мин.) и заминка (15 мин.).

Аналогичным образом проводилась интервальная тренировка в плавании. Выполнялось последовательное преодоление способом кроль на груди 10-ти 100-метровых отрезков за 65–70 секунд каждый с отдыхом 1–2 минуты.

Отрезки в плавании и беге выбирались исходя из их сходства в предположительной протяжённости выполнения единичных отрезков.

Тренировка по бегу проводилась в четверг, тренировка по плаванию — в субботу, чтобы избежать недовосстановления. Остальные тренировки проводились

в понедельник, вторник, среду и пятницу с направленностью на развитие общей выносливости и силовых способностей.

Тренировки проводились в подготовительный период годового макроцикла.

Поскольку для проверки гипотезы исследования необходимо было изучить показатели оксигенации крови при выполнении примерно одинаковой интервальной нагрузки в двух видах спорта, то группу испытуемых составлял один спортсмен, имеющий высокую спортивную квалификацию в указанных видах спорта: КМС в полиатлоне (дисциплина летнее четырёхборье), 1 спортивный разряд в плавании (на дистанциях 100 м, 200 м, 400 м, 800 м вольным стилем), 1-й спортивный разряд в беге (на дистанциях 800 и 1609 метров). Испытуемый имел такие антропологические показатели: возраст 21 год, индекс массы тела 20,46, содержание гемоглобина в крови 147 г/л.

Всего было проведено 6 стандартных тренировок с выполнением интервальной нагрузки, проведено 60 измерений ЧСС и ОКС, а также измерены показатели 24 функциональных проб.

Результаты исследования.

Результаты экспериментального исследования показателей кислородообеспечения (средние значения и стандартные отклонения) представлены в табл.1.

Таблица 1. — Показатели кислородообеспечения при выполнении интервальной нагрузки

Показатели	Плавание	Бег	t-критерий	P
Время преодоления отрезков (сек)	69,5±3,1	67,3±1,4	0,0001	>0,05
ЧСС (уд/мин)	132,2±13,8	142,6±7,1	8,568	>0,05
ОКС (%)	98,5±0,7	97,7±1,01	0,0005	>0,05
Проба Штанге (сек)	82,5±4,2	75,8±6,6	0,013	>0,05
Проба Генчи (сек)	31,7±3,2	32,8±2,5	0,176	>0,05

Как видно из данных табл.1, в целом показатели оксигенации при выполнении интервальной нагрузки оставались высокими и не отличались от донагрузочного состояния. Также можно отметить, что не выявлены достоверные различия между показателями ЧСС и ОКС в плавании и беге, т. е. не удалось достичь более выраженной гипоксии в плавании по сравнению с бегом.

По нашему мнению, полученные факты свидетельствуют о том, что развитая диффузионная способность лёгких позволяла организму насыщать кровь кислородом, и за время преодоления отрезка показатели оксигенации не снижались, т.е. работа проходила в преимущественно аэробных условиях: организм успевал связывать гемоглобин с кислородом в достаточной мере. Об этом свидетельствуют пульсовые значения после преодоления отрезков — максимальный пульс составлял около 158–160 ударов в минуту. Из чего следует вывод, что кардиореспираторная система работала эффективно и успевала прокачивать кровь и связывать её с кислородом.

Таким образом, можно оценить характер выполненной интервальной нагрузки, как работу в зоне субмаксимальной мощности по классической классификации Фарфеля или околوماксимальной аэробной мощности по классификации Коца [3]. Небольшие различия в представленных показателях можно отнести к индивидуально-типологическим особенностям спортсмена, который преимущественно специализируется в плавании, нежели в беге — отсюда можно наблюдать более острую реакцию организма именно на беговой вариант тренировочного упражнения.

Отдых между отрезками позволял вызывать адаптационные сдвиги в организме, при этом от отрезка к отрезку наблюдался планомерный рост скорости выполнения упражнения. Тем самым можно заключить, что работа носила неопредельный характер, с преимущественно аэробным режимом энергообеспечения.

Сопоставление данных пробы Штанге с временем преодоления отрезка показывает, что показатели задержки дыхания на вдохе превышали время преодоления единичного отрезка. На наш взгляд, этот респираторный резерв позволяет организму спортсмена при выполнении повторной работы значительной мощности сохранять преимущественно аэробный режим работы за счёт расходования эндогенного кислорода, запасы которого и отражает функциональная проба.

В таблице 2 представлены показатели ЧСС, которые фиксировались при выполнении функциональных проб Штанге и Генчи следующим образом: ЧСС1 — после 1 минуты стоя на месте, ЧСС2 — после 1 минуты 30 секунд в положении стоя, ЧСС3 — после функциональной пробы соответственно.

Анализ результатов функциональных проб с задержкой дыхания показывает, что более значительные перестройки ЧСС наблюдались при выполнении задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) после беговой интервальной нагрузки по сравнению с плавательной тренировкой (95 уд/мин и 81 уд/мин соответственно).

Перестройки ЧСС при выполнении пробы Генчи до и после плавательной тренировки происходили в интервале 80–88 уд/мин. как в плавании, так и в беге.

Таблица 2. — Реакция кардиореспираторной системы на функциональные пробы с задержкой дыхания

Функциональная проба		Плавание		Бег	
		До тренировки	После тренировки	До тренировки	После тренировки
Проба Штанге (уд/мин)	ЧСС1	82,7±2,5	86,7±2,5	88,0±2,0	99,7±1,5
	ЧСС2	81,3±2,9	88,0±4,0	86,7±4,6	103,0±2,3
	ЧСС3	85,0±5,0	81,0±4,0	92,3±2,5	95,0±3,0
Проба Генчи (уд/мин)	ЧСС1	83,3±3,1	85,0±3,6	88,0±3,6	87,0±3,6
	ЧСС2	83,0±3,6	85,3±3,1	85,0±6,2	85,0±1,0
	ЧСС3	83,3±2,3	80,0±2,0	87,3±4,6	88,3±6,7

Таким образом, нами выявлено, что по результатам функционального тестирования большее напряжение системы кислородообеспечения выявлялось после беговой интервальной нагрузки по сравнению с интервальной нагрузкой в плавании.

Корреляционный анализ позволил выявить некоторые взаимозависимости между отдельными показателями.

Так, высокая отрицательная корреляция (коэффициент Пирсона равнялся -0,82) обнаружилась между временем преодоления отрезка и ЧСС (чем меньше время, тем выше ЧСС). Умеренная положительная корреляция (коэффициент Пирсона 0,32) выявилась между временем преодоления отрезка и оксигенацией (чем меньше время, тем меньше оксигенация). Умеренная отрицательная корреляция (коэффициент Пирсона -0,31) была отмечена нами между ЧСС и ОКС (чем выше ЧСС, тем ниже оксигенация). Данные результаты являются вполне тривиальными, но, тем не менее, получившими экспериментальное подтверждение.

Сравнение бега и плавания показало, что наблюдалась умеренная положительная взаимосвязь (коэффициент Пирсона 0,34) между изменениями ЧСС в процессе выполнения интервальной работы в плавании и беге. Также средняя корреляция (коэффициент Пирсона 0,45) была выявлена между показателями пробы Штанге в беге и плавании, что свидетельствует об однонаправленных реакциях сердечно-сосудистой системы на задержку дыхания как в беговой тренировке, так и в плавательной.

Выводы.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Сравнение показателей насыщения крови кислородом при выполнении интервальной нагрузки в форме последовательного преодоления 10-ти отрезков на

уровне 80% от максимальной мощности в течение 65–70 сек. в беге и в плавании не выявило достоверных различий в содержании оксигемоглобина крови испытуемого на достигнутом уровне тренированности.

2. Показатели задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) свидетельствуют о более выраженных адаптационных перестройках кардиореспираторной системы после интервальной тренировки в беге по сравнению с плаванием, а также выявляют характер приспособительных изменений к представленному виду нагрузки.

3. Показатели оксигенации крови и функциональной пробы Штанге могут быть использованы в тренировочном процессе для определения степени проявления постнагрузочной потребности организма в кислороде, т.е. служить маркером полного восстановления кардиореспираторной системы и готовности к выполнению следующей нагрузки.

4. Функциональная проба Генчи не является информативной для исследования перестроек сердечно-сосудистой системы в процессе интервальной тренировки в предложенном нами варианте чередования нагрузки и отдыха.

5. Идея об использовании большего количества кислорода в тренировках в целях усиления митохондриального биогенеза нуждается в дальнейших исследованиях и методических разработках.

Литература

1. Ахметов И. И. Роль PGC-1 α в адаптации организма человека к аэробным нагрузкам [Электронный ресурс]: Материалы VII Всероссийской Школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности / И.И. Ахметов, В.А. Рогозкин. — Электр. текстовые дан. Москва, 2013. Режим доступа: http://www.sportmedicine.ru/ffm_2013_papers/58_ahmetov.php, свободный.

2. Дубровский В. И. Экогигиена физической культуры и спорта: рук. для спортивных врачей и тренеров /В.И. Дубровский, Ю.А. Рахманин, А.Н. Разумов. — М.: Гуманитар. Изд. Центр ВЛАДОС, 2008. — 475 с.

3. Коц Я. М. Спортивная физиология: [Учеб. Для ин-тов физ. культуры / Я. М. Коц, Н. В. Зимкин, О. П. Панфилов, В. М. Волков]; Под общ. ред. Я. М. Коца. — М.: Физкультура и спорт, 1986. — 20-21 с.: ил.

4. Левшин, И. В. Индивидуальные особенности регуляции содержания оксигемоглобина при дефиците кислорода [Текст] / Левшин И.В., Пашута В.Л., Ашкинази С.М., Поликарпочкин А.Н. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. — 2010. — №7. — С. 23-28.

5. Пищалов Е. В. Немного информации о митохондриях и их регуляции в организме [Электронный ресурс] / Е. В. Пищалов. — Электр. текстовые дан. — Новосибирск, 2016. — Режим доступа: <https://runnersclub.ru/articles/nemnogo-informatsii-o-mitohondriyah-i-ih-regulyatsii-v-organizme>, свободный.

6. Рыбаков, В. В. Тенденции развития современного спорта [Текст] / В. В. Рыбаков, В. М. Болотов, Н. Ф. Полозкова, С. А. Ярушин // Вестник Челябинского Государственного Педагогического Университета. — 2011. — №9. — с. 160-168.

7. Чертов Н. В. Плавание [Электронный ресурс] / Н.В. Чертов. — Электронный учебник. — Ростов-на-Дону: ПИ ЮФУ, 2007. — Режим доступа: http://sport.sfedu.ru/smiming_book_online/modul_6.html, свободный.

8. Huiyun L. PGC-1 α : a key regulator of energy metabolism [Текст] / Huiyun Liang, Walter F. Ward // *Advances in Physiology Education*/ — 2006. — VOL 30. — С. 145-151.

RESEARCH OF THE BLOOD OXYGENATION DURING SIMILAR INTERVAL TRAINING IN SWIMMING AND RUNNING

Mitrofanov A.A., Litvinenko S.N.

Mitrofanov Alexander Anatolievich, Litvinenko Svetlana Nikolaievna — Russian state university of physical education, sport, youth and tourism (SCOLIPE), Moscow

Abstract. The article represents results of the oxygen supply parameters research during coherent process of overcoming 10 stages about 65-70 seconds each one. Swimming and running exercises realized at different days of a week microcycle. It was revealed, that the blood's oxygenation indicator had fluctuated within statistic error at the time of completion of the interval work with identical intensity both in running, and in swimming.

Keywords: interval training, running and swimming, blood oxygenation, functional tests.

References

1. Ahmetov I.I. Rol' PGC-1ALPHA v adaptacii organizma cheloveka k ajerobnym nagruzkam [Elektronnyj resurs]: Materialy VII Vserossijskoj Shkoly-konferencii po fiziologii myshc i myshechnoj dejatel'nosti / I.I. Ahmetov, V.A. Rogozkin. — Jelektr. tekstovye dan. Moskva, 2013. — Rezhim dostupa: http://www.sportmedicine.ru/ffm_2013_papers/58_ahmetov.php, svobodnyj. (*in Russian*)

2. Dubrovskij V.I. Jekogigiena fizicheskoj kul'tury i sporta: ruk. dlja sportivnyh vrachej i trenerov /V.I. Dubrovskij, Ju.A. Rahmanin, A.N. Razumov. — M.: Gumanitar. Izd. Centr VLADOS, 2008. — 475 s. (*in Russian*)

3. Koc Ja.M. Sportivnaja fiziologija: [Ucheb. Dlja in-tov fiz. kul'tury / Ja.M. Koc, N.V. Zimkin, O.P. Panfilov, V.M. Volkov]; Pod obshh. red. Ja.M. Koca. — M.: Fizkul'tura i sport, 1986. — 20-21 s.: il. (*in Russian*)

4. Levshin, I.V. Individual'nye osobennosti reguljicii sodержaniya oksigemoglobina pri deficite kisloroda [Tekst] / Levshin I.V., Pashuta V.L., Ashkinazi S.M., Polikarpochkin A.N. // Lechebnaja fizkul'tura i sportivnaja medicina. — 2010. — №7. — S. 23-28. (*in Russian*)

5. Pishhalov E.V. Nemnogo informacii o mitohondriyah i ih reguljicii v organizme [Jelektronnyj resurs] / E.V. Pishhalov. — Jelektr. tekstovye dan. — Novosibirsk, 2016. — Rezhim dostupa: <https://runnersclub.ru/articles/nemnogo-informatsii-o-mitohondriyah-i-ih-regulyatsii-v-organizme>, svobodnyj. (*in Russian*)

6. Rybakov, V.V. Tendencii razvitija sovremennogo sporta [Tekst] / V.V. Rybakov, V.M. Bolotov, N.F. Polozkova, S.A. Jarushin // Vestnik Cheljabinskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta. — 2011. — №9. — s. 160-168. (*in Russian*)

7. Chertov N.V. Plavanie [Jelektronnyj resurs] / N.V. Chertov. — Jelektronnyj uchebnik. — Rostov-na-Donu: PI JuFU, 2007. — Rezhim dostupa: http://sport.sfedu.ru/smiming_book_online/modul_6.html, svobodnyj. (*in Russian*)

8. Huiyun L. PGC-1 α : a key regulator of energy metabolism [Tekst] / Huiyun Liang, Walter F. Ward // Advances in Physiology Education/ — 2006. — VOL 30. — C. 145-151.