

¹Кийко А.С., ²Мулик В.В.¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники²Харьковская государственная академия физической культуры

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕРЫВИСТОЙ ГИПОКСИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ АЛЬПИНИСТОВ

В статье определены физиологические эффекты различных режимов прерывистой гипоксии, применяемых в качестве дополнительного тренировочного средства. Определено, что используемые режимы прерывистой гипоксии сопровождаются значительным снижением степени оксигенации крови и повышением частоты сердечных сокращений, что приводит к повышению напряженности функционирования кардиореспираторного звена кислородного транспорта в организме. Вследствие этого заметно увеличивается доля анаэробного гликолиза в энергообеспечении организма, и организм спортсмена воспринимает 30 минут сеанса прерывистой гипоксии как дополнительное воздействие на анаэробные функции обмена веществ.

Ключевые слова: гипоксия, функциональное состояние, альпинизм.

Кийко А.С., Мулик В.В. Вплив різних режимів переривчастої гіпоксії на функціональний стан кваліфікованих альпіністів. У статті визначено фізіологічні ефекти різних режимів переривчастої гіпоксії, що застосовуються в якості додаткового тренувального кошти. Визначено, що застосовуються режими переривчастої гіпоксії супроводжуються значним зниженням ступеня оксигенації крові і підвищенням частоти серцевих скорочень, що призводить до підвищення напруженості функціонування кардіореспіраторної ланки кисневого транспорту в організмі. Внаслідок цього помітно збільшується частка анаеробного гліколізу в енергозабезпеченні організму, і організм спортсмена сприймає 30 хвилин сеансу переривчастої гіпоксії як додатковий вплив на анаеробні функції обміну речовин.

Ключові слова: гіпоксія, функціональний стан, альпінізм.

Mulyk V., Kiyko A. Influence of different modes of irregular hypoxia on the functional state of skilled alpinists. The physiological effects of the different modes of irregular hypoxia, applied as additional training means, are determined in the article. It is certain that the used modes of irregular hypoxia are accompanied by the considerable decline of blood oxygenation degree and increase of heart rate. These increase the tension of functioning of cardiorespiratory part of oxygentransport in organism. As a result proportion of anaerobic glycolysis in power supply of organism noticeably gain and athlete's organism perceives 30 minutes of session of irregular hypoxia as an additional affecting on anaerobic functions of metabolism.

Mode of irregular hypoxia 15-15, comparing to the mode 30-30, characterized by the large decline of blood oxygenation degree and scope of vibrations of SaO₂ and less length of set of SaO₂ in a steady state during the session of irregular hypoxia. Obviously, that mode of irregular hypoxia 15-15 is the most effective on affecting of anaerobic functions of organism comparing to the mode 30-30, as more expressed decline of blood oxygenation degree in a greater measure assists to switching of organism on the anaerobic sources of power supply.

Base on the presented experimental data it is possible to assert that for development of anaerobic functions of athletes the mode of irregular hypoxia 15-15 is the most effective. The mode of irregular hypoxia 30-30 is less effective, but it can be used with account of the individual features of athlete's organism, the orientation of preceding training and period of preparation in macrocycle for the development of anaerobic capacity of athlete's organism and maintenance of the attained level of anaerobic capacity.

Keywords: hypoxia, functional state, mountaineering.

Постановка проблемы и ее связь с важными научными или практическими задачами. Анализ последних исследований и публикаций. Гипоксия, или кислородная недостаточность, или кислородное голодание - особый вид функционального состояния организма, возникающий в результате недостаточного снабжения тканей кислородом или нарушения использования его тканями [5, 8, 12]. Скорость поступления кислорода в легкие и альвеолы, скорость массопереноса кислорода через альвеолярно-капиллярные мембраны, скорость массопереноса его артериальной и венозной кровью и скорость поглощения кислорода тканями взаимосвязаны. Количественный баланс между скоростью поэтапной доставки кислорода и его утилизацией определяет уровень парциальных давлений кислорода на разных участках его пути в организме.

Эффективность кислородных режимов организма - соотношение между скоростью поэтапной доставки кислорода и скоростью его потребления, которое повышается при физической нагрузке [13, 14, 16].

По степени снижения насыщения артериальной и венозной крови кислородом и уменьшения напряжения кислорода в системе крови можно оценить степень гипоксемии, а по напряжению кислорода в тканях и смешанной венозной крови - степень развивающейся тканевой гипоксии [3, 4].

Состояние гипоксии (кислородной недостаточности) возникает всякий раз, когда напряжение кислорода в клетках и тканях организма становится ниже критического значения, при котором еще возможно поддержание максимальной скорости ферментативных окислительных реакций в дыхательной цепи митохондрий. Причины, непосредственно обуславливающие возникновение и развитие состояния гипоксии, могут быть как внешнего (изменение газового состава среды, подъем на высоту, затруднение легочного дыхания), так и внутреннего характера (функциональная недостаточность или патологические изменения жизненно важных органов, резкие изменения обмена веществ, сопровождающиеся увеличением кислородного запроса тканей, действие ядов и вредных продуктов обмена и т.д.). Независимо от причин, ее порождающих, гипоксия

оказывает выраженное влияние на протекание метаболических и физиологических процессов в организме, определяющих состояние здоровья и работоспособности человека [6, 9, 15].

Недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе, в противоположность холоду или физическим нагрузкам, не является раздражителем, адресованным какому-либо определенному органу чувств: он первично действует не на экстерорецепторы, а незаметно, исподволь, вторгается в организм, постепенно приводя к развитию гипоксемии, и тем самым, нарушая гомеостаз. Только после возникновения гипоксемии, недостаток кислорода начинает действовать на хеморецепторы аортально-каротидной зоны и непосредственно на центры, регулирующие дыхание и кровообращение, а так же и на другие органы, вызывая тем самым неспецифическую адаптационную реакцию функциональных систем организма, ответственных за транспорт кислорода и его распределение в тканях. Во всех прочих системах организма гипоксия вызывает не увеличение, а скорее снижение уровня функций, например функций высших отделов головного мозга и двигательного аппарата, что проявляется в известных нарушениях интеллектуальной и двигательной активности [10, 11]. Непосредственно действие гипоксии на клетки коры головного мозга, скелетных мышц и многих других органов в значительной мере реализуется не через интенсификацию функции, а за счет того, что снизившееся напряжение кислорода в тканях лимитирует интенсивность окисления и окислительного фосфорилирования в митохондриях. Это означает недовыработку АТФ каждой митохондрией и составляет первичный эффект острой гипоксии в клетках, становясь причиной нарушения функций организма и ограничения его поведенческой и трудовой активности [1, 7, 17].

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследование выполнялось в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры спортивной медицины, биохимии и анатомии Харьковской государственной академии физической культуры Министерства образования и науки Украины на 2016-2018 г. по теме «Медико-біологічне обґрунтування проведення відновлювальних заходів та призначення засобів фізичної реабілітації особам молодого віку різного рівня тренуваності».

Цель исследования – определить физиологические эффекты различных режимов прерывистой гипоксии, применяемых в качестве дополнительного тренировочного средства.

Результат исследования.

Исследования проходили с ноября 2014 г. по май 2015 г.: альпинисты, составившие группу 1, тренировались по общепринятой программе подготовительного периода.

В группе 2 (экспериментальная группа) использовались режимы интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) в которой в первую очередь, учитывали основные ее принципы:

- должна способствовать адаптации к недостатку кислорода и повышению общей и специальной выносливости;
- не должна нарушать планового процесса подготовки, во время которого совершенствуются физические качества, техника и тактика альпинизма на фоне ее проведения без отрыва от учебно-производственной деятельности.

На данный момент известны и изучены три наиболее используемых в тренировочном процессе режима ИГТ:

- I - режим 30 - 30: 60 повторений тридцатисекундных гипоксических экспозиций (вдыхание газовой смеси с 10% содержанием кислорода), разделяемых равными по продолжительности паузами нормоксической респирации;

- II - режим 1 - 1: 30 повторений одноминутных гипоксических экспозиций (вдыхание газовой смеси с 12% содержанием кислорода), разделяемых минутными паузами нормоксической респирации;

- III - режим 5 - 5 : 6 повторений пятиминутных гипоксических экспозиций (вдыхание газовой смеси с 12% содержанием кислорода), разделяемых пятиминутными паузами нормоксической респирации.

При этом доказано, что различные режимы прерывистой гипоксии, применяемые в спортивной практике, оказывают неодинаковые воздействия на физиологические функции организма. Так, проведенный анализ изменений основных кардиореспираторных показателей под воздействием ИГТ выявил значительное снижение степени оксигенации крови, что приводит к повышению напряженности функционирования кардиореспираторного звена кислородного транспорта в организме. Применяемые режимы ИГТ 5-5 и 30-30 следует рассматривать как наиболее эффективные для развития аэробной функции, а режим прерывистой гипоксии 1-1 - как наиболее эффективный для воздействия на анаэробные функции организма.

В нашем исследовании по изучению воздействия различных режимов прерывистой гипоксии как дополнительного средства применялась система «Эверест 1», разработанная и производимая фирмой «КЛИМБИ». В этой системе используется принцип разделения газовых смесей с помощью высокопроизводительного мембранного модуля, а применяемый в аппарате компрессор достаточно высокой мощности позволяет поддерживать необходимую скорость нагнетаемого потока гипоксической воздушной смеси, при котором испытуемый не испытывает каких-либо затруднений в реализации любой из программ ИГТ.

Перед началом экспериментальных тренировок с каждым спортсменом для выяснения исходных, «чистых» реакций организма на прерывистую гипоксию, были проведены пробные сеансы ИГТ продолжительностью 30 мин с использованием двух режимов: 15-15 и 30-30. Сеансы проводились с утром после дня отдыха и им не предшествовала никакая физическая нагрузка.

Проведенный анализ изменений основных кардиореспираторных показателей под воздействием ИГТ выявил, что применяемые режимы прерывистой гипоксии вызывают значительное снижение степени оксигенации крови, которая приводит к повышению напряженности функционирования кардиореспираторного звена кислородного транспорта в организме. Применяемые режимы ИГТ 5-5 и 30-30 следует рассматривать как наиболее эффективные для развития аэробной функции, а режим прерывистой гипоксии 1-1 - как наиболее эффективный для воздействия на анаэробные функции организма. Именно поэтому нами для проведения экспериментов выбран режим получасовой гипоксической экспозиции при режимах 30-30, предварительно сравнив его с модификацией в 15-15.

Известно, что для корректного оценивания динамики ЧСС и SaO_2 у спортсменов при различных режимах прерывистой

гіпоксії цілесообразно використовувати спеціальні методи статистичного аналізу часових рядів, в частині складання контрольних карт Шьюхарта (124). Використовуючи цей метод, стає можливим встановити вплив вибраних режимів прерывистої гіпоксії на стабільність стаціонарних значень реєструваних показувачів ЧСС і SaO₂ на строго кількісній основі. Динаміка показувачів ЧСС (нижній тренд) і SaO₂ (верхній тренд) при проведенні сеансів прерывистої гіпоксії з наступним аналізом в формі контрольних карт Шьюхарта представлена на рис. 1-6.

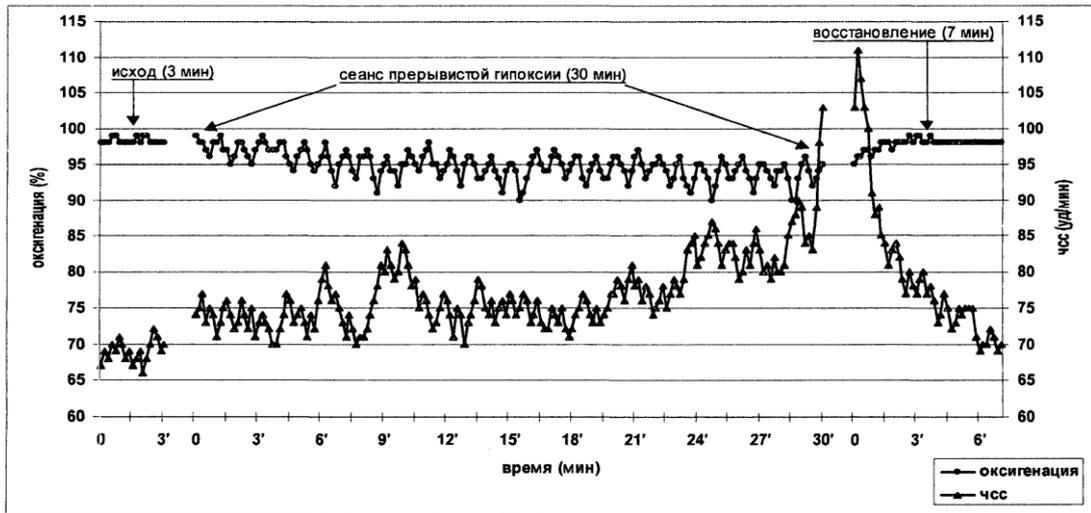


Рис. 1 Исходная ИГТ: режим 30-30

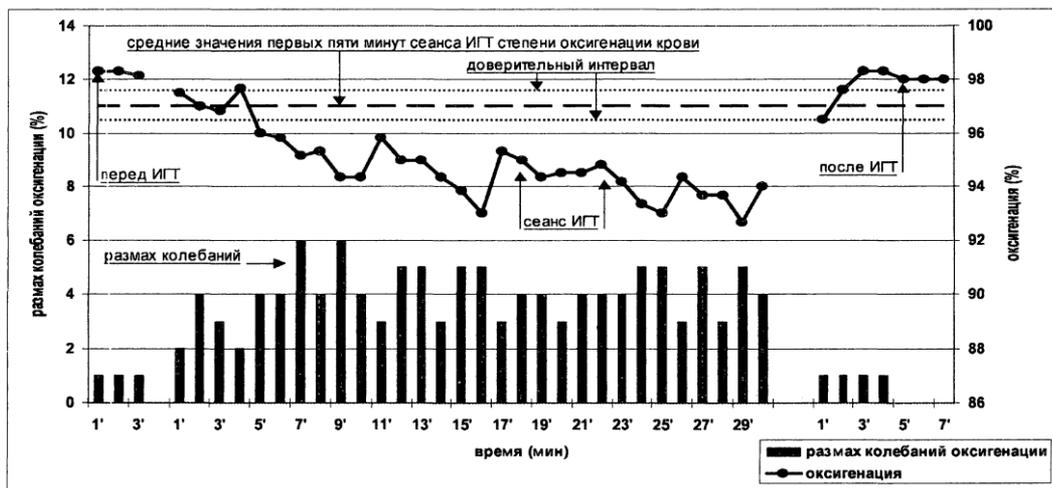


Рис. 2 Контрольная карта Шьюхарта по степени оксигенации крови, (%) при ИГТ режим 30-30

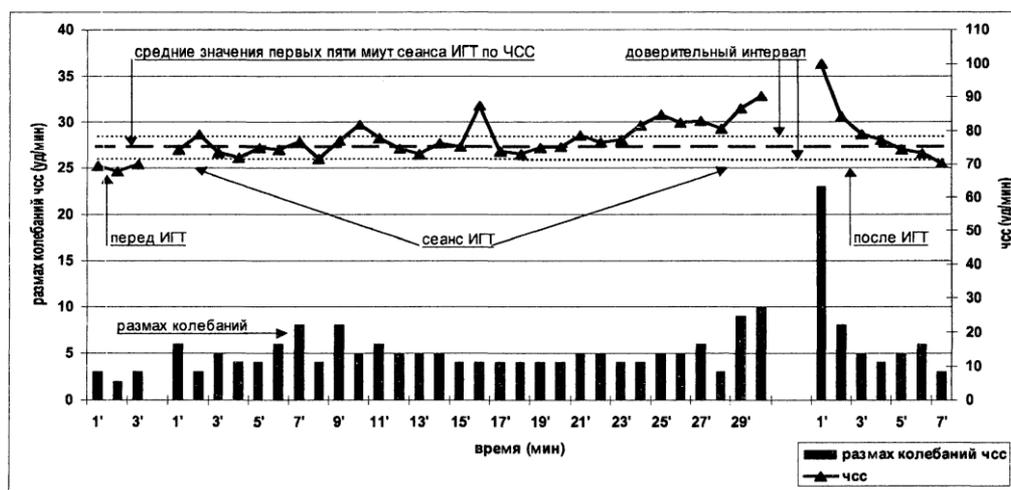


Рис. 3 Контрольная карта Шьюхарта по ЧСС (уд/мин) при ИГТ режим 30-30

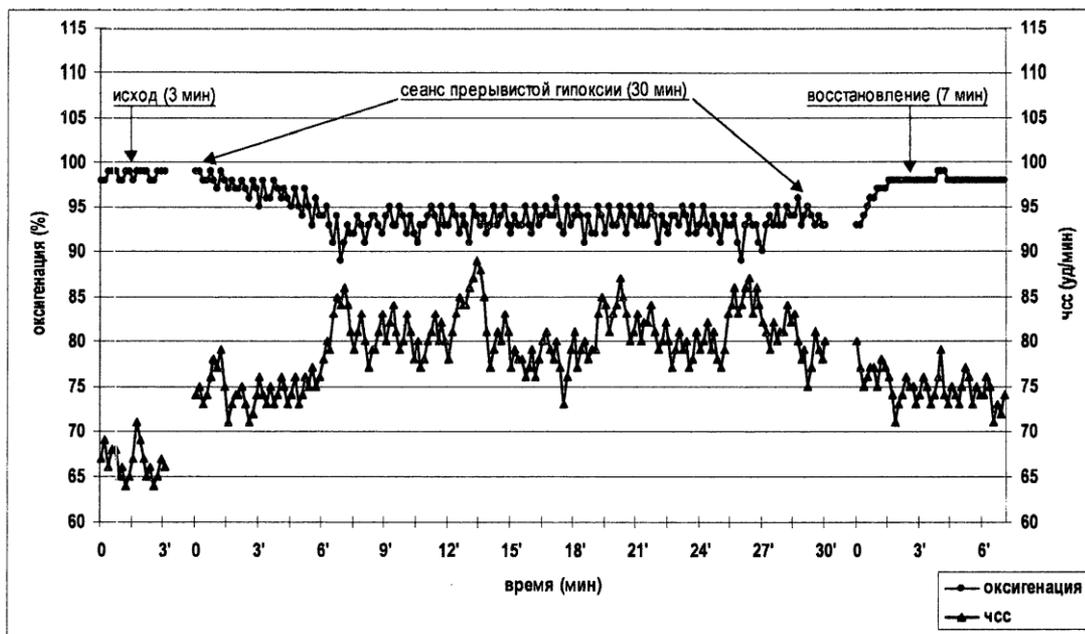


Рис. 4 Исходная ИГТ: режим 15-15

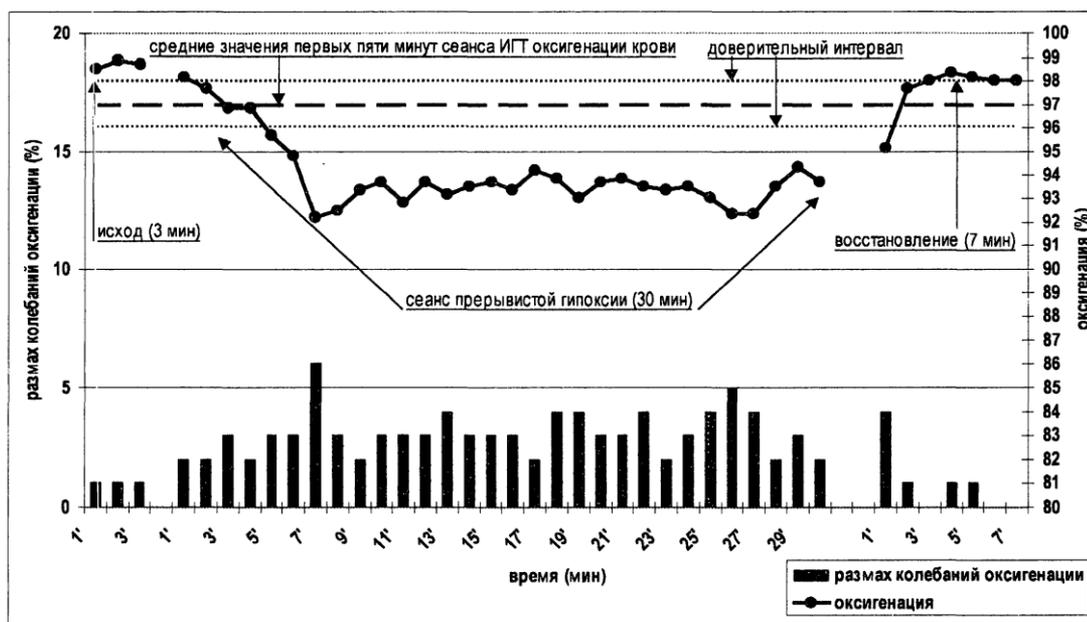


Рис. 5 Контрольная карта Шьюхарта по степени оксигенации крови, (%) при ИГТ режим 15-15

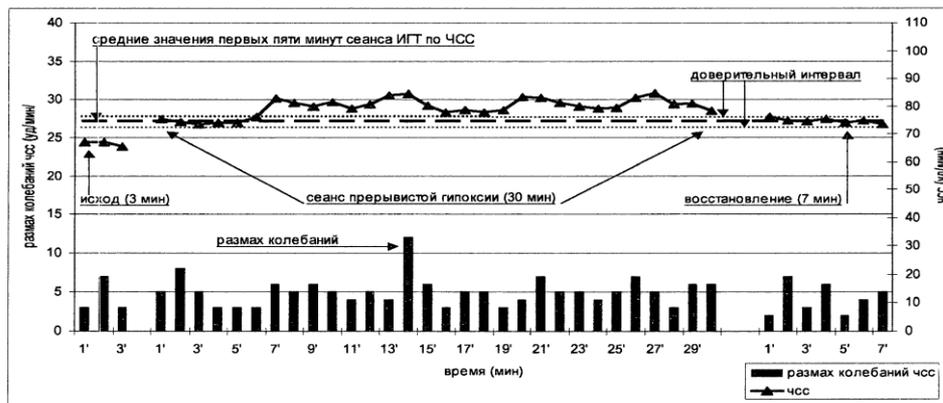


Рис. 6 Контрольная карта Шьюхарта по ЧСС (уд/мин) при ИГТ режим 15-15

На рисунках 1 и 4 хорошо прослеживается общая тенденция к повышению ЧСС и снижению SaO_2 при получасовой гипоксической экспозиции при режимах 30-30 (рис. 1) и 15-15 (рис. 4). Более четкую картину изменений дают приведенные далее контрольные карты Шьюхарта.

Наибольшие отклонения SaO_2 от среднего значения первых пяти серий сеанса прерывистой гипоксии (штриховая линия на рис. 2 и 5), вместе с небольшим размахом колебаний, отмечены при использовании режима 15-15. Вместе с тем, при режиме 30-30 значения SaO_2 начиная с 5-й минуты сеанса ИГТ также колеблются ниже минимального предела показателя (пунктирная линия на рис. 2 и 5) с постепенным понижением к концу сеанса. Кроме того, размах колебаний SaO_2 при режиме ИГТ 15-15 больше, чем при режиме ИГТ 30-30 (столбцы диаграммы на рис. 2 и 5).

Наибольшие отклонения ЧСС от среднего значения первых пяти серий сеанса прерывистой гипоксии (штриховая линия на рис. 3 и 6), отмечены так же при режиме ИГТ 15-15. В то же время размах колебаний ЧСС не на много различается при режимах ИГТ 30-30 и 15-15 (рис. 3 и 6).

Как видно из приведенных выше экспериментальных данных, два режима прерывистой гипоксии, использованные в исследовании, оказывают выраженное влияние на отдельные физиологические функции.

Выводы:

1. Проведенный анализ изменений показателей степени оксигенации крови и частоты сердечных сокращений под воздействием искусственно вызываемой гипоксической гипоксии выявил, что применяемые режимы прерывистой гипоксии сопровождаются значительным снижением степени оксигенации крови и повышением частоты сердечных сокращений, что приводит к повышению напряженности функционирования кардиореспираторного звена кислородного транспорта в организме. Вследствие этого заметно увеличивается доля анаэробного гликолиза в энергообеспечении организма, и организм спортсмена воспринимает 30 минут сеанса прерывистой гипоксии как дополнительное воздействие на анаэробные функции обмена веществ.

2. Режим прерывистой гипоксии 15-15, по сравнению с режимом 30-30, характеризуется большим снижением степени оксигенации крови, а также размахом колебаний SaO_2 и меньшей длиной серий SaO_2 в стационарном состоянии во время сеанса прерывистой гипоксии. Очевидно, что режим прерывистой гипоксии 15-15 наиболее эффективен по воздействию на анаэробные функции организма, по сравнению с режимом 30-30, так как более выраженное снижение степени оксигенации крови в большей мере содействует переключению организма на анаэробные источники энергообеспечения.

3. Основываясь на представленных экспериментальных данных можно утверждать, что для развития анаэробных функций спортсменов наиболее эффективен режим прерывистой гипоксии 15-15. Несколько менее эффективен режим прерывистой гипоксии 30-30, но он может применяться с учетом индивидуальных особенностей организма спортсмена, направленности предшествующего тренировочного занятия и периода подготовки в макроцикле для развития анаэробной работоспособности организма спортсмена и поддержания достигнутого уровня анаэробной работоспособности.

Перспектива дальнейших исследований предусматривает выявление изменений показателей гемодинамики под влиянием ИГТ на протяжении предсоревновательного этапа подготовки квалифицированных альпинистов.

Литература

1. Шахлина Л.Г. Влияние интервальной гипоксической тренировки на уровень специальной работоспособности волейболисток в различные фазы МЦ / Л. Г. Шахлина, М. П. Закусило, П. А. Радзиевский, Н.В. Полищук // Интервальная гипоксическая тренировка, эффективность, механизмы действия. - Киев, 1992 - С.30-33.
2. Ancherо N. Capillary density of skeletal muscle in dogs exposed to simulated altitude. *Proc Soc Exp Biol Med Feb.* 1975;148(2):435-439. doi: 10.3181/00379727-148-38556.
3. Bärtsch P., Saltin B., Dvorak J. Consensus statement on playing football at different altitude *Scand J Med Sci Sports*, 18 (2008), pp. 96-99
4. Beidleman B.A., Muza S.R., Fulco C.S., Cymerman A., Sawka M.N., Lewis S.F., et al. Seven intermittent exposures to altitude improves exercise performance at 4300 m *Med Sci Sports Exerc*, 40 (2008), pp. 141-148
5. Billat V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Part 1: aerobic interval training. *Sports Med* 2001;31:13-31
6. Chung DS., Lee JG., Kim YS., Park DH., Sung BJ., Yoon JR., Cho NH., Oh IS. Effects of intermittent normobaric hypoxia on blood variables and cardiovascular endurance performance during a period of endurance training. *Kor J Sport Sci.* 2004;15(4):60-71.
7. Geiser J, Vogt M, Billeter R, et al. Training high—living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *Int J Sports Med* 2001;22:579-85
8. Koryagina U. The use of transcranial electrical stimulation to recovery athletes / U. Koryagina, L. Roguleva, T. Zamchy // 18th Annual Congress of the European college of sport science 26-29 th June 2013, Barcelona – Spain. – Book of abstracts. – P. 898-899.
9. Levine BD. Intermittent hypoxic training: fact and fancy. *High Alt Med Biol.* 2002;3(2):177-193. doi: 10.1089/15270290260131911.
10. Levine BD., Stray-Gunderson J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J Appl Physiol.* 1997;83:102-112.
11. Levine BD., Stray-Gunderson J. A practical approach to altitude training: where to live and train for optimal performance enhancement. *Int J Sports Med.* 1992;13(Suppl. 1):S209-S212. doi: 10.1055/s-2007-1024642.
12. Mairbaurl H., Schobersberger W., Humpeler E., Hasibeder W., Fisher W., Raas E. Beneficial effects of exercise at moderate altitude on red cell oxygen transporting and on exercise performance. *Pflügers Arch.* 1986;406:594-599.

13. Millet GP, Faiss R, Brocherie F, et al. Hypoxic training and team sports: a challenge to traditional methods? *Br J Sports Med* 2013;47(Suppl):A6–7.7
14. Morris DM., Kearney JT., Burke ER. The effects of breathing supplemental oxygen during altitude training on cycling performance. *J Sci Med Sport*. 2000;3:165–175. doi: 10.1016/S1440-2440(00)80078-X.
15. Rusko HK., Tikkanen HO., Peltonen JE. Altitude and endurance training. *J Sports Sci*. 2004;22:928–945. doi: 10.1080/02640410400005933.
16. Shin CH., Cho SY. Effects of intermittent hypoxic training on cardiopulmonary function and blood parameter in elite swimmer. *Exerc Sci*. 2003;12(2):223–232.
17. Watson, P. Nutrition, the brain and prolonged exercise / P.Watson // *European Journal of Sport Science*. – 2008. – Vol. 8, No 2. – P. 87–96.

Колот А.В., Камперо Е., Соколов В.В.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕМПО-РИТМОВОЇ СТРУКТУРИ БІГУ НАЙСИЛЬНІШИХ СПРИНТЕРІВ СВІТУ

Мета: удосконалення технічної майстерності спортсменів високої кваліфікації в бігу на короткі дистанції на основі визначення показників техніки, що складають темпо-ритмову структуру бігу і впливають на досягнення високих результатів.

Матеріал: систематизовано дані більше 50 літературних джерел щодо структурних компонентів технічної майстерності висококваліфікованих бігунів на короткі дистанції. Проведено експертне опитування 18 тренерів, які мають досвід роботи зі спортсменами високої кваліфікації; проаналізовано звіти провідних біомеханічних лабораторій світу та визначено інформативні характеристики темпо-ритмової структури в бігу на короткі дистанції.

Результати: наведено основні показники технічної майстерності висококваліфікованих спортсменів у спринтерському бігу. Проведено порівняльний аналіз динаміки швидкості та часу подолання дистанції в бігу на 100 м провідними спринтерами минулих часів та сучасності. У результаті аналізу науково-методичної літератури доповнено дані щодо біомеханічних критеріїв оцінки технічної майстерності спринтерів високої кваліфікації.

Висновки: ефективність змагальної діяльності висококваліфікованих спортсменів визначається реалізацією технічного потенціалу, що накопичений на попередніх етапах підготовки, в кінцевий змагальний результат. Цього можна досягти за рахунок визначення раціонального співвідношення показників темпо-ритмової структури бігу.

Ключові слова: технічна майстерність, висококваліфіковані спринтери, біг на короткі дистанції, темпо-ритмова структура, спортивний результат.

Колот А.В., Камперо Э., Соколов В.В. Особенности темпо-ритмовой структуры бега сильнейших спринтеров мира. Цель: совершенствование технического мастерства спортсменов высокой квалификации в беге на короткие дистанции на основе определения показателей техники, составляющих темпо-ритмовую структуру бега и влияющих на достижение высоких результатов.

Материал: систематизированы данные более 50 литературных источников, касающихся структурных компонентов технического мастерства высококвалифицированных бегунов на короткие дистанции. Проведен экспертный опрос 18 тренеров, которые имеют опыт работы со спортсменами высокой квалификации; проанализированы отчеты ведущих биомеханических лабораторий мира и определены информативные характеристики темпо-ритмовой структуры в беге на короткие дистанции.

Результаты: представлены основные показатели технического мастерства высококвалифицированных спортсменов в спринтерском беге. Проведен сравнительный анализ динамики скорости и времени преодоления дистанции в беге на 100 м ведущими спринтерами прошлых лет и современности. В результате анализа научно-методической литературы дополнены данные, касающиеся биомеханических критериев оценки технического мастерства спринтеров высокой квалификации. **Выводы:** эффективность соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов определяется реализацией технического потенциала, накопленного на предыдущих этапах подготовки, в конечный соревновательный результат. Этого можно достичь за счёт определения рационального соотношения показателей темпо-ритмовой структуры бега.

Ключевые слова: техническое мастерство, высококвалифицированные спринтеры, бег на короткие дистанции, темпо-ритмовая структура, спортивный результат.

A.V. Kolot, E. Kampero, V.V. Sokolov. Features of rhythm-tempo structure of running of world's highly skilled sprinters. Purpose: the improvement of technical skills of highly skilled athletes in sprinting based on technology indicators that make up the rhythm-tempo structure of running and affect the achievement of high results.

Material: the data of more than 50 literary sources that refer to structural components of technical skills of highly skilled sprinters are systematized. We conducted an expert survey of 18 coaches, who have experience of working with highly skilled athletes. The reports of world's leading biomechanical laboratories are analyzed, the informative characteristics of the rhythm-tempo structure of sprinting are determined. **Results:** the basic regulations of highly skilled sprinters' technical skills are represented. The comparative analysis of the dynamics of speed and time to overcome the distance of 100 meter-run by leading sprinters of past and present times is made. In the result of the scientific and methodical literature analysis the data that refers to biomechanical standard of judgment of highly skilled sprinters' technical skills is completed. **Conclusions:** The effectiveness of competitive activity of highly skilled athletes depends on