Дата публикации: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_34
УДК 796.015.57

Publication date: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_34
UDC 796.015.57

ПРИМЕНЕНИЕ ГИПО- И ГИПЕРОКСИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СПОРТСМЕНОВ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Г.Н. Тер-Акопов, Ю.В. Корягина
ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. Целью данной работы явился теоретический анализ литературных данных по проблеме применения гипо- и гипероксических факторов в медико-биологическом обеспечении спортивной подготовки. Результаты контент-анализа российских и зарубежных литературных источников показывают, что применение факторов гипо- и гипероксии в медико-биологическом обеспечении подготовки высококвалифицированных спортсменов может быть эффективным как для повышения функциональных адаптационных возможностей, так и в целях реабилитации и восстановления после перенесенных заболеваний, в том числе COVID-19.

Ключевые слова: гипоксия, гипероксия, среднегорье, спортсмены, спортивная тренировка, медицинская реабилитация, адаптация, функциональные возможности.

USING HYPO- AND HYPEROXIC FACTORS IN THE MEDICAL AND BIOLOGICAL SUPPORT OF ATHLETES (ANALYTICAL REVIEW)

G.N. Ter-Akopov, Yu.V. Koryagina
FSBI “North Caucasian Federal Research-Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Annotation. The purpose of this work was a theoretical analysis of literature data on the issue of using hypo- and hyperoxic factors in the medical and biological support of sports training. Results of the content analysis of Russian and foreign literature sources demonstrate that the use of hypo- and hyperoxia in the medical and biological support of training elite athletes can be efficient for improving functional adaptive capabilities and for rehabilitation and recovery after diseases, including COVID-19.

Keywords: hypoxia, hyperoxia, middle altitude, athletes, sports training, medical rehabilitation, adaptation, functional capabilities.

Введение. Во время проведения медицинской реабилитации на каждом из этапов возможно проявление симптомов, характеризующих субклиническое нарушение кардио-респираторной системы, что требует постоянного контроля при возвращении к тренировкам спортсменов, перенесших COVID-19. Во время интенсивных тренировок могут снижаться параметры насыщения крови кислородом при неустановленной морфологической основе таких проявлений. Подобные явления могут быть связаны как с нарушением диффузионной способности легких, так и с повышенной реактивностью бронхов. Существует несколько подходов по восстановлению и реабилитации организма спортсменов с учетом адаптационного потенциала организма, одними из которых является применение факторов гипо- и гипероксии, которые могут эффективно применяться в медико-биологическом обеспечении спортивной подготовки [1-3].

Целью данной работы явился теоретический анализ литературных данных по проблеме применения гипо- и гипероксических факторов в медико-биологическом обеспечении спортивной подготовки.

Методы и организация исследования. В статье представлен контент-анализ российских и зарубежных исследований по проблеме применения гипо- и гипероксических факторов в медико-биологическом обеспечении спортивной подготовки.

Результаты исследований и их обсуждение. В основе стимуляции и поддержания высокого адаптационного потенциала организма спортсменов в подготовительный и соревновательный периоды спортивной подготовки используют гипоксические факторы природного и искусственного происхождения [4-5]. Многолетними исследованиями была показана эффективность природного гипоксического фактора, реализуемого в горной местности. Предложены модели (протоколы) проведения тренировок на разных высотах. Классическим подходом считается модель «Жить высоко – тренироваться высоко» (LHTH), когда спортсмены живут и тренируются на одном и том же уровне горной местности [6-9], причем уровень расположения тренировочной базы может быть на разных высотах, в том числе пограничных – между среднегорьем и высокогорьем 2000-2500 м.

В процессе прохождения острых и продолжительных реакций, возникающих при пребывании и тренировке в условиях среднегорья, происходят суммирующие эффекты акклиматизации к гипобарической гипоксии и гипоксии нагрузки, дающие преимущество спортсменам по ряду показателей, основанных на механизмах адаптации. После кратковременного снижения повышается анаэробное обеспечение, возрастает анаэробная емкость крови и мышц, изменяются гематологические параметры наряду с нервно-гормональной регуляцией, формируется увеличение кислородной емкости крови, повышается резерв кардиореспираторной системы [10].

Результирующим действием таких тренировок становится увеличение работоспособности спортсменов в нормоксических условиях. На протяжении 50-и лет проводятся сравнительные исследования, демонстрирующие преимущество тренировок в условиях среднегорья, между группами спортсменов, тренирующихся в условиях среднегорья и на равнине. Длительность пребывания спортсменов в среднегорье должна быть не менее 4-х недель, что позволяет сохранять у них повышенную работоспособность на протяжении 3-6 месяцев, например, у гребцов и лыжников-гонщиков [11-12]. Укорочение времени нахождения на тренировочных базах в среднегорье на менее 4-х недель не позволяет выработать «структурный след адаптации» и подготовиться к реадаптации. Другое ограничение в выполнении тренировок по протоколу LHTH связано со снижением абсолютной интенсивности тренировок на высоте 2500 м по сравнению с интенсивностью тренировок, проводимых на уровне моря [13].

Существенные изменения в организации и расширении возможностей тренировок были внесены с введением других моделей (протоколов) горной подготовки. Протокол подготовки «Жить высоко – тренироваться низко» (LHTL) сочетает в себе проживание на большой высоте с ежедневным пребыванием на более низких высотах для тренировочных занятий. Данная модель подготовки позволяет избежать снижения мощности и интенсивности тренировок, что наблюдается на высоте [14]. Вследствие проживания спортсменов в условиях горной местности запускаются классические механизмы адаптации к гипобарической гипоксии, обусловленные выбросом эритропоэтина и функциональной перестройкой кардиореспираторной системы. Наряду с влиянием на вышеназванные системы, появляется важный стимул для индукции периферической адаптации (например, усиление митохондриального биогенеза и плотности капилляров скелетных мышц) при сохранении интенсивных тренировок на уровне моря. Некоторые исследователи пришли к заключению, что использование протокола LHTL улучшает выносливость спортсменов за счет физиологических механизмов адаптации, однако положительный эффект может сохранятся не более 2-х недель [15].

Другой протокол – «Высоко высоко низко» (HHL). Это небольшая модификация протокола LHTL. При данной модели подготовки спортсмены живут на высоте и выполняют там низкоинтенсивные и среднеинтенсивные тренировочные нагрузки, а для выполнения высокоинтенсивных нагрузок спускаются на небольшую высоту [16]. Вариантами протокола LHTL могут быть имитирующие гипоксию высоты на уровне 3000 м (14,5% O_2) с помощью генератора азота длительностью 12 часов при нахождении спортсменов на высоте в среднем 1000 м. Тренировки у них проходили в естественных условиях на уровне 700-1330 м. При сравнении этой группы со спортсменами, проживающими и тренирующимися на высоте 700-1330 м без имитации гипоксии, результаты исследований были сопоставимы по показателям сердечной функции и оксигенации скелетных мышц во время субмаксимальных упражнений. Отличие группы с моделированием гипоксии заключалось лишь в активации парасимпатического влияния, снижающего частоту сердечных сокращений (ЧСС), на сердце при отсутствии различий в конечном диастолическом давлении [17].

Наряду с гипоксическими имитационными программами применяются и методы прямо противоположного воздействия – гипероксические, заключающиеся в ингаляциях воздушными дыхательными смесями с повышенным содержанием кислорода [18-19]. Существует протокол горной подготовки, использующий гипероксию – «Жить высоко – тренироваться низко с дополнительным кислородом» ($LHTLO_2$). При данном варианте спортсмены проживают в среднегорье, но тренируются на моделированном уровне моря с помощью приема дополнительного кислорода в виде ингаляций. На основании апробации данной модели подготовки, авторы пришли к выводу, что $LHTLO_2$ приводит к значительному увеличению насыщения оксигемоглобином артериальной крови и большим его распадом на уровне капилляров работающих мышц. Это вызывает значительное повышение аэробного потенциала, увеличение выходной мощности и физической работоспособности и не сопровождается дополнительным клеточным стрессом от окислительных реакций [20]. Следовательно, модель LHTL может включать различные модификации: естественная / земная высота, смоделированная высота с помощью разбавления азотом или фильтрации кислорода и нормобарическая нормоксия с помощью дополнительного кислорода [21].

Увеличение адаптационных возможностей и функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), дыхательной систем в контексте применения гипероксических методов восстановления и реабилитации у спортсменов приобретает высокую степень актуальности после перенесенной инфекции COVID-19. В медицинских целях для дополнительной оксигенации пациентов наиболее обоснованно использовать методы неинвазивной вентиляции легких в режимах PEEP/CPAP. Для этого используют кислородно-воздушные смеси с содержанием кислорода не менее 93-95%, полученные сорбционным или мембранным методом концентрации из воздуха. Доставка кислорода в дыхательные пути может проводиться через носовые канюли, простые ороназальные маски, маски Вентури, ороназальные маски с резервуарным мешком. Подача кислорода осуществляется в двух режимах: низкопоточный (поток кислорода до 15 л/мин) и высокопоточный (поток кислорода 30-60 л/мин). У пациентов с легкой и средней степенью тяжести гипоксемической острой дыхательной недостаточности (ОДН) (сатурация крови в диапазоне 75-93% на воздухе без кислорода) применяют низкопоточные режимы, а высокопоточная оксигенотерапия эффективна при тяжелой степени гипоксемической ОДН (сатурация на воздухе без кислорода – ниже 75%) [22].

В настоящее время изучается эффективность подогреваемой кислородно-гелиевой смеси гелиокс (70% гелий / 30% кислород) в комплексной интенсивной терапии больных на начальных стадиях гипоксемии при

COVID-19 для улучшения аэрации участков легких с нарушенной бронхиальной проходимостью [23].

Наиболее доступный и легко применимый метод получения кислорода с целью коррекции метаболических сдвигов при нахождении спортсменов в условиях среднегорья – это нормобарическая оксигенация, которая может проводиться в виде ингаляционных гипероксических газовых смесей.

Описаны эффекты применения гипероксической газовой смеси у высококвалифицированных пловцов с целью улучшения показателей ССС как во время физической работы, так и в периоды отдыха [24]. Показано положительное влияние ингаляций гипероксической смеси с содержанием кислорода 93% на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и периферическую гемодинамику футболистов за счет повышения амплитуды мышечного сокращения и скорости проведения электрического импульса по нервному волокну [25].

В специально организованном исследовании по применению воздушной дыхательной смеси с содержанием кислорода 93% перед, в процессе и после выполнения ступенчатого нагрузочного теста на тредмиле с мощностью до максимальных величин у лыжников-гонщиков. Было установлено, что применение данной смеси способствует более экономному и рациональному функционированию дыхательной системы непосредственно при нагрузочном тестировании, а также ускорению восстановительных процессов после него [26-29]. По результатам вышеназванных исследований можно констатировать, что использование гипероксической газовой смеси позволит корригировать функциональные нарушения и обеспечить ускоренное восстановление, облегчая вызванную среднегорьем и физической нагрузкой гипоксию и, по-видимому, может создать условия для успешного возобновления тренировок у спортсменов после перенесенных заболеваний, в том числе после COVID-19.

Заключение. Следовательно, применение факторов гипо- и гипероксии в медико-биологическом обеспечении подготовки высококвалифицированных спортсменов может быть эффективным как для повышения функциональных адаптационных возможностей, так и в целях реабилитации и восстановления после перенесенных заболеваний, в том числе COVID-19.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая коронавирусная инфекционная болезнь COVID-19: особенности комплексной кардиологической и респираторной реабилитации. Консенсус экспертов Российского общества кардиосоматической реабилитации и вторичной профилактики (РосОКР), Российского кардиологического общества (РКО), Российского респираторного общества (РРО), Союза реабилитологов России (СРР), Российского союза нутрициологов, диетологов и специалистов пищевой индустрии (РОСНДП) / М. Г. Бубнова, Е. В. Шляхто, Д.М. Аронов [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т. 26. – № 5. – С. 44-87. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4487.

2. Коррекция тренировочного процесса спортсменов циклических видов спорта, перенесших инфекцию, вызванную COVID-19 / В.П. Губа, С.П. Левушкин, В.В. Маринич, О.Б. Соковиков // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 7. – С. 14-16.

3. Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease / Pelliccia A., Sharma S., Gati S. [et al] // ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Eur Heart J. – 2021. – Vol. 1. – № 42. – pp. 17-96. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa605.

4. Phelan, D. A game plan for the resumption of sport and exercise after coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection / D. Phelan, J. H. Kim, E. H. Chung // JAMA Cardiol. – 2020. – Vol. 13. – № 12. – pp. 2635-2652.

5. Булатова, М. М. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов / М. М. Булатова, В. Н. Платонов // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 95-119.

6. Корягина, Ю. В. Современные технологии и эффекты горной и гипоксической подготовки спортсменов / Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов, С. В. Нопин // Курортная медицина. – 2017. – № 3. – С. 170-174.
7. Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers / Gough C. E., Saunders P. U., Fowlie J. [et al] // European journal of applied physiology. – 2012. – Vol. 112. – No. 9. – pp. 3275-3285.
8. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study / Sharma A., Saunders P., Garvican-Lewis L. [et al] // Journal of sports science & medicine. – 2018. – Vol. 17. – № 4. – pp. 607-616.
9. Stanley J. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study / J. Stanley, E. Y. Robertson, K. G. Thompson // J Sports Sci Med. – 2018. – Vol. 20 – № 17(4) – pp. 607-616.
10. The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice / T. Haugen, Q. Sandbakk, S. Seiler, E. Tønnessen // Sports Med Open. – 2022. – Vol. 1. – № 8(1) – P. 46. DOI: 10.1186/s40798-022-00438-7.
11. Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers / Gough C. E., Saunders P. U., Fowlie J. [et al]// European journal of applied physiology. – 2012. – № 112(9). – pp. 3275-3285.
12. Суслов, Ф. П. Спортивная тренировка в условиях среднегорья / Ф. П. Суслов. – М.: 1999. – 202 с.
13. Timing of return from altitude training for optimal sea level performance / R. Chapman, A. Laymon Stickford, C. Lundby, B. Levine // J Appl Physiol. – 2014. – Vol. 1 – № 116(7) – pp. 837-843. DOI: 10.1152/japplphysiol.00663. 2013.
14. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes – a meta analysis / H. Park, H. Hwang, J. Park, S. Lee, K. Lim // Exerc Nutrition Biochem. – 2016. – № 20 – pp. 15-22. DOI: 10.20463/jenb.2016.03.20.1.3.
15. Strzała, M. Altitude training and its influence on physical endurance in swimmers / M. Strzała, A. Ostrowski, Z. Szyguła // Journal of human kinetics. – 2011. – Vol. 28. – № 1. – pp. 91-105.
16. Living high-training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers / Robach P., Schmitt L., Brugniaux J.V. [et al] // Eur J Appl Physiol. – 2006. – № 96 – pp. 423-433. DOI: 10.1007/s00421-005-0089-1.
17.Real and simulated altitude training and performance / Hamlin M. J., Draper N., Hellemans J. [et al] //Current Issues in Sports and Exercise Medicine. – 2013. – pp. 205-229.
18. Park, H. Y. Application of "living high-training low" enhances cardiac function and skeletal muscle oxygenation during submaximal exercises in athletes / H. Y. Park, S. S. Nam // J Exerc Nutrition Biochem. – 2017. – Vol. 31. – № 21(1) – pp. 13-20. DOI: 10.20463/jenb.2017.0064.
19. Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated wingate cycle performance / B. Kay, S. Stannard, R.H. Morton, N. North // Brazilian Journal of Biomotricity. – 2008. – pp. 92-100.
20. Suchý, J.The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercise / J. Suchý, J. Heller, V. Bunc // Biol. Sport. – 2010. – Vol. 27(3). – pp. 169-175.
21. Wilber, R. L. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes / R. L. Wilber // J. Hum. Sport Exerc. – 2011. – Vol.6. – № 2. – pp. 271-286. DOI: 10.4100/jhse.2011.62.0.
22.Реуцкая, Е. А. Влияние воздушной дыхательной смеси с повышенным содержанием кислорода на процессы срочного восстановления кардиореспираторной системы лыжников разной квалификации / Е. А. Реуцкая, Ю. В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – Т. 4. – № 112. – С. 17-23.
23.Care Dependency in Non-Hospitalized Patients with COVID-19 / Vaes A. W., Machado F. V. C., Meys R. [et al] // J Clin Med. – 2020. – Vol. 12. – № 9(9). – P. 2946. DOI: 10.3390/jcm9092946.
24.Применение неинвазивной вентиляции легких (второй пересмотр). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / Ярошецкий А. И., Власенко А. В., Грицан А. И. [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2019. – № 6. – С. 5-19.
25.Алиев, Д. Ф. Применение дополнительного кислорода путем ингаляций у пловцов-спринтеров / Д. Ф. Алиев // Организационно-методические аспекты подготовки спортсменов, 2017. – С. 24-28.
26.Туровский, В. Ф. Гипероксическое воздействие как средство оптимизации функционального состояния футболистов / В. Ф. Туровский, В. А. Блинов // Университетский спорт: здоровье и процветание нации:

материалы X Международной научной конференции студентов и молодых ученых, 2015. – С. 194-197.
27.Физиологические эргогенные средства: современные тенденции применения в подготовке спортсменов / Ю.В. Корягина, Е.А. Реуцкая, Л.Г. Рогулева, С.В. Нопин // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 4. – С. 14-16.
28.Амбражук, И. И. Особенности медико-биологического обеспечения при подготовке спортсменов-пловцов в условиях среднегорья / И. И. Амбражук // Московский хирургический журнал. – 2013. – №. 4. – С. 54-58.
29.Pinilla, O. C. Exercise and Training at Altitudes: Physiological Effects and Protocols / O. C. Pinilla // Revista Ciencias de la Salud. – 2014. – Vol. 12. – № 1. – pp. 115-130.

REFERENCES

1. Bubnova M.G., Shlyakhto E.V., Aronov D.M., Belevskij A.S., Gerasimenko M.Yu., Glezer M.G., Gordeev M.N., Drapkina O.M., Ivanova G.E., Ioseliani D.G. Novel coronavirus infectious disease COVID-19: features of comprehensive cardiac and respiratory rehabilitation. Consensus of experts from the Russian Society of Cardiosomatic Rehabilitation and Secondary Prevention (RSCR&SP), the Russian Society of Cardiology (RSC), the Russian Respiratory Society (RRS), the Union of Rehabilitologists of Russia (URR), the Russian Union of Nutritionists, Dieticians and Food Industry Specialists (RUNDF), the Russian Society for Prevention Noninfectious Diseases (RSPNID). *Russian Journal of Cardiology*, 2021, vol. 26, no. 5, pp. 44-87. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4487. (in Russ.)
2. Guba V.P., Levushkin S.P., Marinich V.V., Sokovikov O.B. Customized training service with health and fitness tests for cyclic sports elite in post-COVID-19 rehabilitation period. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 7, pp. 14-16. (in Russ.)
3. Pelliccia A., Sharma S., Gati S., Bäck M., Börjesson M., Caselli S., Collet J.P. Corrado D., Drezner J.A., Halle M. et al. Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Eur Heart J*, 2021, vol. 1, no. 42, pp. 17-96. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa605.
4. Phelan D., Kim J.H., Chung E.H. A game plan for the resumption of sport and exercise after coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection. *JAMA Cardiol*, 2020, vol. 13, no. 12, pp. 2635-2652.
5. Bulatova M.M., Platonov V.N. Middle altitude, high altitude and artificial hypoxia in the training system of athletes. *Sports Medicine*, 2008, no. 1, pp. 95-119. (in Russ.)
6. Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V. Modern technologies and effects of mountain and hypoxic sportsmen training. Resort Medicine, 2017, no. 3, pp. 170-174. (in Russ.)
7. Gough C.E., Saunders P.U., Fowlie J., Savage B., Pyne D.B., Anson J.M., Wachsmuth N., Prommer N., Gore C.J. Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers. *European journal of applied physiology*, 2012, vol. 112, no. 9, pp. 3275-3285.
8. Sharma A., Saunders P., Garvican-Lewis L., Périard J., Clark B., Gore C., Raysmith B.P., Stanley J., Robertson E.Y., Thompson K. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study. *Journal of sports science & medicine*, 2018, vol. 17, no. 4, pp. 607-616.
9. Stanley J., Robertson E.Y., Thompson K.G. Training Quantification and Periodization during Live High Train High at 2100 M in Elite Runners: An Observational Cohort Case Study. *J Sports Sci Med*, 2018, vol. 20, no. 17(4), p. 607-616.
10.Haugen T., Sandbakk Q., Seiler S., Tønnessen E. The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice. Sports Med Open, 2022, vol. 1, no. 8(1), p. 46. DOI: 10.1186/s40798-022-00438-7.
11. Gough C.E., Saunders P.U., Fowlie J., Savage B., Pyne D.B., Anson J.M., Wachsmuth N., Prommer N., Gore C.J. Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers. *European journal of applied physiology*, 2012, no. 112(9), pp. 3275-3285.
12. Suslov F.P. Sports training in the middle altitude conditions. Moscow: 1999. 202 p. (in Russ.)
13. Chapman R.F., Laymon A.S., Stickford C. Lundby B.D. Levine Timing of return from altitude training for optimal sea level performance. *J Appl Physiol*, 2014, vol. 1, no. 116(7), pp. 837-843. DOI: 10.1152/japplphysiol.00663.2013.
14. Park H., Hwang H., Park J., Lee S., Lim K.J. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes – a meta analysis. *Exerc Nutrition Biochem*, 2016, no. 20,pp. 15-22. DOI: 10.20463/jenb.2016.03.20.1.3.

15. Strzała M., Ostrowski A., Szyguła Z. Altitude training and its influence on physical endurance in swimmers. *Journal of human kinetics*, 2011, vol. 28, no. 1, pp. 91-105.
16. Robach P., Schmitt L., Brugniaux J.V., Roels B., Millet G., Hellard P., Nicolet G., Duvallet A., Fouillot J.P., Moutereau S. et al. Living high-training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers. *Eur J Appl Physiol*, 2006, no. 96, pp. 423-433. DOI: 10.1007/s00421-005-0089-1.
17.Hamlin M.J., Draper N., Hellemans J., Hamlin M.J., Draper N., Hellemans J. Real and simulated altitude training and performance. *Current Issues in Sports and Exercise Medicine*, 2013, pp. 205-229.
18. Park H.Y, Nam S.S. Application of "living high-training low" enhances cardiac function and skeletal muscle oxygenation during submaximal exercises in athletes. *J Exerc Nutrition Biochem*, 2017, vol. 31, no. 21(1), pp. 13-20. DOI: 10.20463/jenb. 2017.0064.
19. Kay B., Stannard S.R., Morton R.H., North N. Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated wingate cycle performance. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 2008, pp. 92-100.
20. Suchý J., Heller J., Bunc V. The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercise. *Biol. Sport*, 2010, vol. 27(3), pp. 169-175.
21. Wilber R.L. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. *J. Hum. Sport Exerc*, 2011, vol. 6, no. 2, pp. 271-286. DOI: 10.4100/jhse. 2011.62.0.
22.Reutskaya E.A., Koryagina Yu.V. The effect of air breathing mixtures with increased amount of oxygen on the urgent restoration of the cardiorespiratory system in skiers of different qualification. *Exercise Therapy and Sports Medicine*, 2013, vol. 4, no. 112, pp. 17-23. (in Russ.)
23.Vaes A.W., Machado F.V.C., Meys R., Delbressine J.M., Goertz Y.M.J., Van Herck M., Houben-Wilke S., Franssen F.M.E., Vijlbrief H., Spies Y. et al. Care Dependency in Non-Hospitalized Patients with COVID-19. *J Clin Med*, 2020, vol. 12, no. 9(9), pp. 2946. DOI: 10.3390/jcm 9092946.
24.Yaroshetskij A.I., Vlasenko A.V., Gritsan A.I., Kirov M.Yu., Kolesnichenko A.P., Lebedinskij K.M., Nikolaenko E.M., Protsenko D.N. Non-invasive respiratory support (the second edition). Clinical guidelines of the Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists of Russia. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*, 2019, no. 6, pp. 5-19. (in Russ.)
25.Aliev D.F. Use of additional oxygen through inhalations for sprint swimmers. Organizational and methodological aspects of training athletes, 2017, pp. 24-28. (in Russ.)
26.Turovskij V.F., Blinov V.A. Hyperoxic effect as a way to optimize the functional state of soccer players. University Sports: Health and Prosperity of the Nation: materials of the X International Scientific Conference of Students and Young Scientists, 2015, pp. 194-197. (in Russ.)
27.Koryagina Yu.V., Reutskaya, E.A. Roguleva L.G., Nopin S.V. Physiological ergogenic methods: current trends in the use in training of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2015, no. 4, pp. 14-16. (in Russ.)
28.Ambrazhuk I.I. Features of the medical and biological support in training of swimmers in the middle altitude conditions. *Moscow Surgical Journal*, 2013, no. 4, pp. 54-58.
29.Pinilla O.C. Exercise and Training at Altitudes: Physiological Effects and Protocols. *Revista Ciencias de la Salud*, 2014, vol. 12, no. 1, pp. 115-130.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Гукас Николаевич Тер-Акопов – кандидат экономических наук, генеральный директор ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки.
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Gukas Nikolaevich Ter-Akopov – Candidate of Economic Sciences, General Director, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki.
Yulia Vladislavovna Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Biomedical Technologies Center, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Для цитирования: Тер-Акопов, Г. Н. Применение гипо- и гипероксических факторов в медико-биологическом обеспечении спортсменов (аналитический обзор) / Г. Н. Тер-Акопов, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_34

For citation: Ter-Akopov G.N., Koryagina Yu.V. Using hypo- and hyperoxic factors in the medical and biological support of athletes (analytical review). *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_34