

### Список цитируемых источников

1. Бехтерев, В. М. Основы учения о функциях мозга / В. М. Бехтерев. — СПб. : Изд. Брокгауз и Ефрон, 1905—1907.
2. Выготский, Л. С. Развитие высших психических функций / Л. С. Выготский. — М. : Изд-во АПН РСФСР, 1960.
3. Жуков, Ю. М. Эффективность делового общения / Ю. М. Жуков. — М. : Знание, 1988. — 63 с.
4. Зимняя, И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании : авт. версия / И. А. Зимняя. — М. : Моск. исслед. центр подготовки специалистов, 2004. — 42 с.
5. Емельянов, Ю. Н. Активное социально-психологическое обучение / Ю. Н. Емельянов. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. — 166 с.
6. Петровская, Л. А. Компетентность в общении. Социально-психологический тренинг / Л. А. Петровская. — М. : Изд-во МГУ, 1989. — 216 с.
7. Полякова, Т. Д. Структура и содержание подготовки специалистов по направлениям «Физическая реабилитация. Эрготерапия» / Т. Д. Полякова, М. Д. Панкова // Физическое воспитание учащихся с особенностями психофизического развития: проблемы, поиски, решения : V Регион. науч.-практ. конф. — Витебск, 2005. — С. 43—45.
8. Смычек, В. Б. Реабилитация больных и инвалидов / В. Б. Смычек. — М. : Мед. лит. 2009. — 560 с.

Материал поступил в редакцию 22.04.2017 г.

УДК 612.014.464

**О. Н. Луговская, А. В. Смоленский, С. Ю. Золичева, О. И. Беличенко**  
*РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), Москва, Россия*

## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КРАТКОВРЕМЕННОГО КУРСОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ У БАСКЕТБОЛИСТОК

В статье освещены вопросы изменения гематологических показателей (Na, K, Hb, Htc, pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, TCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, BE, sO<sub>2</sub>) при 10-дневном курсе кратковременной нормобарической гипоксии у баскетболисток 10—14 лет.

**Ключевые слова:** нормобарическая гипоксия, баскетбол, кислотно-щелочное состояние, гемоглобин.

**Введение.** Баскетбол — это вид спорта с нестандартными двигательными навыками и работой в аэробно-анаэробном режиме. Высокий уровень развития скоростно-силовых способностей и вынос-

ливости невозможен без повышения кислородтранспортной функции крови. Улучшение спортивных результатов непосредственно связано с повышением аэробных возможностей организма. Это достигается в первую очередь путем увеличения количества циркулирующих эритроцитов и гемоглобиновой массы [5; 8]. В исследовании Rusko Н. К. с соавт. (2004) было доказано, что увеличение гемоглобиновой массы при нормобарической гипоксии достигается при суммарной гипоксической дозе больше 250 часов (12 часов ночного сна на протяжении минимум 21 дня) [10]. Однако в другом исследовании (Ashenden M. J., Gore C. J., Dobson G. P., Hahn A. G.) при суммарной гипоксической дозе 207 часов изменений гематологических показателей зафиксировано не было [9].

Один из возможных гематологических механизмов повышения работоспособности спортсменов при проведении периодической гипоксии описан в работе А. А. Никонорова и В. П. Твердохлиба [1]. По мнению исследователей, это происходит в связи с интенсификацией мембранозависимых процессов в результате существенного снижения «микровязкости» эритроцитарных мембран в зоне липид/липидного и липид/белкового взаимодействия.

Недавнее исследование Е. В. Пищалова и С. П. Глушкова (2015) выявило улучшение гематологических показателей (гемоглобин, гематокрит, количество ретикулоцитов), рост максимального потребления кислорода, улучшение экономичности бега на 5% на субмаксимальных скоростях у студентов-легкоатлетов регионального уровня при применении ночной пассивной нормобарической гипоксии с ежедневно корректируемой высотой (12 часов в сутки на протяжении 30 дней) [3]. Исследователями высказано предположение о том, что повышение экономичности бега, следствием чего является повышение выносливости в беге, возникает как результат уменьшения утилизации кислорода работающими мышцами. По мнению ряда авторов [6; 7], при этом происходит смещение энергообеспечения сократительной деятельности мышц в сторону окисления гликогена.

При анализе научной литературы выявлено крайне скудное количество публикаций о результатах кратковременного применения (менее 1 часа) нормобарической гипоксии. Также отсутствуют публикации о влиянии короткого курса нормобарической гипоксии на гематологические показатели у юных спортсменов.

*Цель исследования* — анализ изменения гематологических параметров при кратковременном курсовом применении нормобарической гипоксии у баскетболисток 10—14 лет.

*Материалы и методы исследования.* В исследовании приняли участие 17 спортсменок (средний возраст  $12,71 \pm 1,26$  года), находящихся на тренировочном этапе спортивной подготовки (этап спортивной специализации) в условиях училища Олимпийского резерва. Исследование проходило в соответствии с принципами Хельсинской декларации. Учитывая участие в исследовании несовершеннолетних детей, перед началом исследования было проведено информирование родителей о начале настоящего исследования, ходе, методах, показаниях и возможных противопоказаниях к применяемым методикам, после чего родителями было подписано добровольное информированное согласие на участие детей в данном исследовании и разрешение на забор капиллярной крови.

Баскетболисткам перед началом исследования была проведена гипоксическая проба. Только спортсменки, имеющие нормальную реакцию на гипоксию (повышение ЧСС на 5—35 уд./мин, повышение АД на 5—15 мм рт. ст.) были допущены к дальнейшему исследованию. Курс гипоксической тренировки составил 10 процедур по 30 мин 1 раз в сутки ежедневно в покое, с постепенным снижением содержания кислорода с 19 до 12%. Нормобарическая гипоксия моделировалась в условиях гипоксической камеры фирмы Нуохисо, США (сертификат соответствия № С-US.AB02.B. 00580 от 03.03.2011, Россия, г. Москва). Длительность общего гипоксического воздействия составила 300 мин (10 дней по 30 мин ежедневно). Гипоксическая среда достигалась путем фильтрации кислорода полимерными мембранами.

Оценка эффективности применяемого физиотерапевтического метода проводилась на основании изменения параметров гемограммы до/после курса нормобарической гипоксии при использовании портативного биохимического анализатора I-stat analyzer 300 (Abbot, США). В работе были использованы картриджи EG 6+, предназначенные для определения уровня натрия (Na), калия (K), гематокрита (Hct), уровня кислотности (pH), парциального давления углекислого газа ( $p\text{CO}_2$ ), парциального давления кислорода

( $pO_2$ ), общей концентрации углекислого газа ( $TCO_2$ ), бикарбоната ( $HCO_3$ ), ВЕ, насыщения кислородом ( $sO_2$ ), гемоглобина (Hb). Полученные результаты сравнивались с результатами 15 спортсменок контрольной группы, не получающих гипоксического воздействия и тренирующихся в обычном режиме.

Данные проанализированы с помощью средств статистического анализа пакета Excel 2016. Все численные данные представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее групповое значение величины,  $m$  — стандартная ошибка средней. При оценке различий показателей в сравниваемых группах использовался односторонний критерий Стьюдента для выборок с различными дисперсиями. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

*Результаты и обсуждение.* Повышение кислородтранспортной функции крови у спортсменок отражается в росте таких гематологических показателей, как количество циркулирующих эритроцитов, ретикулоцитов и уровне гемоглобина. Но выявленная тенденция к повышению гематокрита (с  $35,89 \pm 1,96$  до  $36,94 \pm 2,16\%$ ) и гемоглобина (с  $121,73 \pm 6,12$  до  $124,94 \pm 6,43$  г / л) в конце исследования основной группы является статистически недостоверной ( $p > 0,05$ ), что может быть связано с малой выборкой спортсменок.

Парциальное давление кислорода ( $pO_2$ ) представляет собой измерение напряжения или давления растворенного кислорода в крови. Изначально у девушек основной группы определяется пониженное давление кислорода —  $73,24 \pm 4,34$  мм рт. ст. (при норме 80—105 мм рт. ст.). С уменьшением  $pO_2$  крови происходит диссоциация оксигемоглобина: процентное содержание оксигемоглобина уменьшается, а восстановленного — растет [2]. Увеличение парциального напряжения кислорода в конце исследования является отражением повышения кислородной емкости крови на фоне курса нормобарической гипоксии.

Насыщение кислородом —  $sO_2$  — представляет собой количество оксигемоглобина, выраженное как доля от общего количества гемоглобина, способного связывать кислород. В анализе крови до начала исследования у баскетболисток основной группы регистрируется гипоксемия —  $94,53 \pm 0,51\%$  (при норме 95—98%) вследствие повышенного потребления кислорода на фоне активного тренировочного процесса. Периодическая нормобарическая гипоксия,

действуя на механизмы нормальной физиологической компенсации гипоксемии приводит к достоверному повышению  $pO_2$  и  $sO_2$  у спортсменов основной группы.

Величины значений  $TCO_2$  и  $HCO_3$  использованы совместно с  $pH$  и  $pCO_2$  для оценки кислотно-щелочного равновесия. Стандартный бикарбонат ( $HCO_3$ ) является главной буферной составляющей плазмы крови и индикатором буферной ёмкости крови.

BE (base excess) характеризует сдвиг ионов всех буферных систем и указывает на природу нарушений кислотно-основного состояния. Выявленное у спортсменов отрицательное значение BE ( $-3,94 \pm 1,67$  ммоль / л) связано с дефицитом оснований.

Парциальное давление углекислого газа ( $pCO_2$ ) отражает баланс между продукцией  $CO_2$  клетками и удалением  $CO_2$  посредством вентиляции. Показатель  $pCO_2$  совместно с  $pH$  используется для оценки кислотно-щелочного равновесия. У спортсменов основной группы значения  $pCO_2$  находятся на нижней границе нормы ( $35,41 \pm 2,97$  мм рт. ст. при норме 35—45 мм рт. ст.). Учитывая нормальную величину  $pH$ , пониженный уровень  $pCO_2$  указывает на наличие смешанной формы компенсированного дыхательного алкалоза и метаболического ацидоза у юных баскетболисток. Подтверждает это утверждение снижение уровня  $TCO_2$ ,  $HCO_3$  и BE в плазме крови. Метаболический ацидоз в этом случае развивается вследствие лактатацидоза. В пользу этого свидетельствует наличие метаболического ацидоза, связанного с повышенной анионной разницей, дефицит оснований, отсутствие других причин, вызывающих ацидоз (кетоацидоз, почечная недостаточность, воспалительные заболевания кишечника, введение токсических веществ) [4]. Причиной метаболического ацидоза у активно тренирующихся спортсменов является снижение оксигенации тканей на фоне первичной клеточной (тканевой) и вторичной клеточной (гипоксия нагрузки) гипоксии.

*Выводы.* Положительное действие кратковременного курса нормобарической гипоксии на гематологические показатели заключается в расширении адаптационных возможностей спортсменок к гипоксии, повышение кислородной ёмкости крови (достоверное повышение  $pO_2$  и  $sO_2$ ) и тенденции к уменьшению выраженности метаболического ацидоза (достоверное повышение уровня  $TCO_2$ ,  $HCO_3$ ).

The article presents data of experimental research on the effect of a short course of normobaric hypoxia on the hematological parameters (Na, K, Hb, Htc, pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, TCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, BE, sO<sub>2</sub>) of young basketball players 10—14 years old.

**Key words:** normobaric hypoxia, basketball, acid-base status, hemoglobin.

#### Список использованных источников

1. *Никонов, А. А.* Влияние адаптации к действию периодической гипобарической гипоксии на физико-химические характеристики мембран и работоспособность спортсменов / А. А. Никонов, В. П. Твердохлиб // Вестн. ЮУрГУ, сер. «Образование, здравоохранение, физическая культура». — 2006. — № 3, вып. 7, т. 1.
2. *Солодков, А. С.* Физиология человека: общая, спортивная, возрастная : учеб. для вузов физ. культуры / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. — М. : Совет. спорт, 2012. — 618 с.
3. *Пицалов, Е. В.* Эффект применения ночной нормобарической гипоксии для улучшения экономичности бега и роста гематологических показателей / Е. В. Пицалов, С. П. Глушков // Мир науки, культуры и образования. — 2015. — № 2 (51). — С. 242—245.
4. Физиология и нарушения кислотно-основного состояния [Электронный ресурс] / В. В. Чурсин [и др.] : метод. материалы к практ. и семинар. занятиям // MedElement. Мед. информ. платформа. — Режим доступа: <https://medelement.com>. — Дата доступа: 14.03.2017.
5. *Dick, F. W.* Training at altitude in practice / F. W. Dick // Int. J. Sports. Med. — 1992. — № 13, Suppl 1. — P. 203—206.
6. Effects of hypoxic stimulation in experimental animals and in children with bronchial asthma / I. I. Anokhin [et al.] // Fiziol. Zh. — 1992. — № 38. — P. 33.
7. *Gore, C. J.* Counterpoint: Positive effects of intermittent hypoxia (live high: train low) on exercise performance are not mediated primarily by augmented red cell volume / C. J. Gore, W. G. Hopkins // J. Appl. Physiol. — 2005. — № 99. — P. 2055—2058.
8. *Levine, B. D.* The effects of altitude training are mediated primarily by acclimatization, rather than by hypoxic exercise / B. D. Levine, J. Stray-Gunder-sen // Adv. Exp. Med. Biol. — 2001. — № 502. — P. 75—88.
9. “Live high, train low” does not change the total haemoglobin mass of male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000 m for 23 nights / M. J. Ashenden [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. — 1999. — № 80. — P. 479—484.
10. *Rusko, H. K.* Altitude and endurance training / H. K. Rusko, H. O. Tikkanen, J. E. Peltonen // J. Sports Sci. — 2004. — № 22. — P. 928—945.