

Применение интервальной нормобарической гипоксии-гипероксии в лечении высокой миопии

Лиана Казбековна Бижоева , Ирина Хасанбиевна Борукаева, Анатолий Беталович Иванов

Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

Аннотация. Появление нового режима гипокситерапии, при котором гипоксические интервалы чередуются с гипероксическими (30 % O₂), привело к необходимости изучения эффективности гипоксии-гипероксической терапии для лечения прогрессирующей миопии. Было проведено офтальмологическое исследование 116 пациентов мужского пола от 8 до 21 года, страдающих миопией высокой степени тяжести. Проводилось доплерографическое исследование сосудов головного мозга, определение показателей функциональной системы дыхания. Интервальная гипокситерапия в режиме гипоксии-гипероксии оказалась эффективным альтернативным способом, улучшающим зрительную функцию глаза и препятствующим дальнейшему прогрессированию миопии в результате улучшения кровоснабжения центрального и периферического звеньев зрительного анализатора.

Ключевые слова: интервальная нормобарическая гипоксии-гипероксия, высокая миопия, доплерография сосудов головного мозга, функциональная система дыхания

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-1-33-37>

Application of interval normobaric hypoxia-hyperoxia in the treatment of high myopia

Liana K. Bizhоеva , Irina H. Borukaeva, Anatolij B. Ivanov

Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova, Nalchik, Russia

Abstract. The emergence of a new hypoxic therapy regimen in which hypoxic intervals alternate with hyperoxic intervals (30 % O₂) led to the need to study the effectiveness of hypoxic-hyperoxic therapy for the treatment of progressive myopia. An ophthalmologic study was performed on 116 male patients from 8 to 21 years of age with severe myopia. Doppler study of cerebral vessels, determination of indices of functional respiratory system were carried out. Interval hypoxia-hyperoxia therapy proved to be an effective alternative method for improving visual function of the eye and preventing further progression of myopia as a result of improved blood supply to the central and peripheral parts of the visual analyzer.

Keywords: interval normobaric hypoxia-hyperoxia, high myopia, cerebral vascular dopplerography, functional respiratory system

Среди заболеваний глаза и его вспомогательных структур первенствует миопия – 19,1 % (3,1 млн случаев, 2158,2 на 100 тыс. населения). Главными причинами выделяют следующие: чрезмерная зрительная нагрузка при работе на близком расстоянии, наследственная предрасположенность, выражающаяся в особенностях строения глазного яблока и обмена веществ в нем [1].

В развитии и прогрессии близорукости немало важное значение имеет состояние вегетативной нервной системы (ВНС). Проведенные исследования выявили ухудшение гемодинамики в передних цилиарных сосудах на фоне общей артериальной гипоксии при вегето-сосудистой дистонии [2].

Как известно, одним из эффективных методов улучшения обеспечения организма кислородом, повышения способности тканей утилизировать кислород является адаптация к гипоксии [3]. В настоящее время доказана эффективность лечения миопии слабой

степени адаптацией к гипоксии в курсе нормобарической интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) [4]. Встречаются единичные работы о влиянии ИГТ на состояние больных с миопией высокой степени [5, 6]. В настоящее время появился новый режим гипокситерапии, при котором гипоксические воздействия чередуются с периодами гипероксии (30 % O₂). Работ по изучению данного режима гипокситерапии на развитие миопии в доступной литературе не встречается. Все это привело к необходимости изучения эффективности гипоксии-гипероксической терапии для лечения прогрессирующей миопии.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявить патофизиологические механизмы эффективности применения интервальной нормобарической гипокситерапии в режиме гипоксии-гипероксии для лечения больных с высокой миопией.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовано 116 пациентов мужского пола (232 глаза). Объектами исследования явились дети, подростки и взрослые с миопией высокой степени в возрасте от 8 до 21 года. В период наиболее интенсивного роста организма (подростковый возраст 13–16 лет) гормональный фон, влияющий на гемодинамику, метаболизм соединительной ткани, играет важную роль в прогрессировании миопии, поэтому данный возраст был разделен на 2 подгруппы.

В исследованной выборке выделено несколько групп: 1-я группа – испытуемые с миопией высокой степени, возраст 8–12 лет, 30 человек (60 глаз); 2-я группа – испытуемые с миопией высокой степени, возраст 13–14 лет, 32 человека (64 глаза); 3-я группа – испытуемые с миопией высокой степени, возраст 15–16 лет, 26 человек (52 глаза); 4-я группа – испытуемые с миопией высокой степени, возраст 17–21 год, 28 человек (56 глаз).

Офтальмологическое обследование включало исследование остроты зрения методом визометрии, измерение показателя преломления света при помощи рефрактометрии, состояние глазного дна методом офтальмоскопии, периметрию – исследование границ полей зрения, цветоощущения с помощью таблиц Рабкина, внутриглазного давления с помощью аппланационного тонометра Маклакова, зрительной продуктивности по корректурной пробе, критической частоты слияния световых мельканий, запаса относительной и объема абсолютной аккомодации.

Допплерографическое исследование проводилось на отечественном ультразвуковом приборе «Сономед-300» фирмы «Спектрмед», предназначенном для проведения доплеровских исследований в режиме непрерывного излучения с частотами 4 и 8 МГц и в режиме импульсного излучения с частотой 2 МГц. Сатурация артериальной крови кислородом (SaO_2) и частота сердечных сокращений (ЧСС) определялись на встроенном в гипоксикатор пульсоксиметре, содержание гемоглобина в крови – кондуктометрическим

методом, проточной цитофлуориметрией на аппарате XS-500i фирмы Sysmex (Япония). Гипоксическая смесь генерировалась при помощи аппарата для гипокситерапии «Гипо-Окси» фирмы Охуттера (Россия). Определение показателей функциональной системы дыхания рассчитывалось специальной компьютерной программой по методике А.З. Колчинской. Лабораторные исследования проводились на базе университетской клиники Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием современных программ согласно правилам математической статистики. Для анализа средних показателей между различными выборками применялся *t*-критерий Стьюдента для парных измерений. Данные представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее групповое значение величины, m – ошибка средней величины. Различия показателей считались статистически значимыми при $p < 0,05$ [7]. Перед проведением исследования все больные были проинформированы о методике проведения интервальной гипокситерапии, у всех участников получено письменное информированное согласие в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Итогами офтальмологического обследования стали низкие показатели зрительных функций у всех обследуемых с миопией высокой степени. Это объясняется тем, что высокая осложненная миопия сопровождается различными формами ретинодистрофий и атрофий зрительного нерва, слабостью аккомодационного аппарата, пониженной гемодинамикой глаза.

Интервальная гипокси-гипероксия оказала положительное влияние на функции глаза. Наблюдалось расширение границы суммарного поля зрения в среднем на 80–85 градусов, увеличение остроты зрения вдаль с коррекцией, сферический эквивалент рефракции достоверно уменьшился у лиц 2-й и 3-й групп (табл. 1).

Таблица 1

Влияние ИГТ на остроту зрения и рефракцию

Показатели	$M \pm m$							
	8–12 ($n = 30$)		13–14 ($n = 32$)		15–16 ($n = 26$)		17–21 ($n = 28$)	
	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ
Острота зрения вдаль без коррекции	$0,17 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01^*$	$0,07 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01^*$	$0,06 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,01^*$	$0,06 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01^*$
Острота зрения вдаль с коррекцией	$0,60 \pm 0,03$	$0,71 \pm 0,03$	$0,47 \pm 0,02$	$0,60 \pm 0,02^*$	$0,31 \pm 0,02$	$0,40 \pm 0,02^*$	$0,37 \pm 0,03$	$0,48 \pm 0,02^*$
Сферический эквивалент рефракции	$6,04 \pm 0,10$	$5,89 \pm 0,11$	$8,24 \pm 0,10$	$7,13 \pm 0,1^*$	$8,94 \pm 0,11$	$8,13 \pm 0,11^*$	$7,61 \pm 0,10$	$7,40 \pm 0,18$

*Достоверность отличия показателей до и после ИГТ – уровень вероятности $p < 0,05$.

Кроме того, проведение гипокситерапии привело к достоверному улучшению показателей ударного, минутного объемов кровообращения, увеличению содержания и насыщения кислородом артериальной крови, скорости и интенсивности потребления кислорода.

Представилось интересным выяснить величину корреляции между адаптацией к гипоксии и показателями церебральной и регионарной гемодинамики у больных с миопией высокой степени. Во всех возрастных группах достоверно увеличилась систолическая и диастолическая максимальная скорость кровотока по общей сонной артерии в среднем на $(10,0 \pm 0,5)$ см/с. Выявленное уменьшение индекса циркуляторного сопротивления свидетельствовало об улучшении кровотока по общей сонной артерии (табл. 2).

Изменения показателей гемодинамики в позвоночной артерии при миопии высокой степени после

гипокситерапии были маловыраженными. После адаптации к гипоксии отмечалась тенденция к увеличению линейной скорости кровотока в позвоночной артерии и уменьшение индекса циркуляторного сопротивления по позвоночной артерии (табл. 3).

В глазничной артерии наблюдалось достоверное ($p < 0,05$) увеличение систолической максимальной скорости кровотока, минимальной диастолической и средней скорости кровотока за сердечный цикл, а также уменьшение индекса циркуляторного сопротивления. Гипокситерапия привела к стойкому улучшению зрительных и аккомодационных функций, о чем свидетельствуют показатели функциональной системы дыхания, а также данные доплерографии, что было связано с улучшением кровоснабжения глаза в ходе проведения гипокситерапии (табл. 4)

Таблица 2

Изменение показателей гемодинамики в общей сонной артерии при миопии высокой степени после гипокситерапии ($M \pm m$)

Показатели, см/с	8–12 ($n = 30$)	13–14 ($n = 32$)	15–16 ($n = 26$)	17–21 ($n = 28$)
$V_{\max}$	$84,3 \pm 2,4^*$	$74,7 \pm 1,3^*$	$70,3 \pm 2,3^*$	$70,1 \pm 1,5^*$
$V_{\min}$	$26,7 \pm 0,5^*$	$23,2 \pm 0,3^*$	$22,3 \pm 0,8^*$	$25,2 \pm 0,4^*$
V_{aver}	$38,0 \pm 1,2$	$30,4 \pm 0,1$	$33,0 \pm 1,2$	$33,5 \pm 0,8^*$
R_i	$0,70 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,01$

* $p < 0,05$ по сравнению с показателями до ИГТ.

Таблица 3

Изменение показателей гемодинамики в позвоночной артерии при миопии высокой степени после гипокситерапии ($M \pm m$)

Показатели, см/с	8–12 ($n = 30$)	13–14 ($n = 32$)	15–16 ($n = 26$)	17–21 ($n = 28$)
$V_{\max}$	$52,2 \pm 1,1^*$	$47,01 \pm 1,40^*$	$38,3 \pm 1,3$	$36,2 \pm 1,5$
$V_{\min}$	$14,3 \pm 0,7$	$15,4 \pm 0,7^*$	$16,3 \pm 0,6^*$	$14,3 \pm 1,1^*$
V_{aver}	$18,2 \pm 0,6$	$18,8 \pm 0,5^*$	$18,8 \pm 1,1$	$18,8 \pm 1,1$
R_i	$0,530 \pm 0,001^*$	$0,540 \pm 0,001$	$0,530 \pm 0,001^*$	$0,500 \pm 0,002^*$

* $p < 0,05$ по сравнению с показателями до ИГТ.

Таблица 4

Показатели гемодинамики в глазничной артерии при миопии высокой степени до и после ИГТ ($M \pm m$)

Показатели см/с	8–12 ($n = 30$)	13–14 ($n = 32$)	15–16 ($n = 26$)	17–21 ($n = 28$)
$V_{\max}$	$58,2 \pm 2,2^*$	$54,7 \pm 2,4^*$	$52,6 \pm 2,1^*$	$42,6 \pm 2,3^*$
$V_{\min}$	$12,1 \pm 0,04^*$	$14,6 \pm 0,3^*$	$15,6 \pm 0,8^*$	$12,7 \pm 0,7^*$
V_{aver}	$27,7 \pm 1,1^*$	$20,5 \pm 0,9^*$	$23,6 \pm 0,7^*$	$20,5 \pm 0,8^*$
R_i	$0,79 \pm 0,001$	$0,66 \pm 0,002$	$0,68 \pm 0,001$	$0,63 \pm 0,002$

* $p < 0,05$ по сравнению с показателями до ИГТ

После проведения интервальной гипокситерапии было отмечено стойкое улучшение кровоснабжения глазного яблока, цилиарной мышцы, что является результатом улучшения гемодинамики в вертебрально-

зильных сосудах. Все вышеперечисленное явилось фактором, повышающим зрение, что в конечном итоге привело к замедлению прогрессирования заболевания у больных с миопией высокой степени.

Полученные данные явились результатом не только улучшения местного и коркового кровоснабжения зрительного анализатора, но и нормализацией функциональной системы дыхания. Гипокситерапия привела к достоверному ($p < 0,05$) увеличению дыхательного и минутного объемов, альвеолярной вентиляции, доли альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, скорости потребления кислорода у

всех больных миопией высокой степени. В результате улучшения легочной вентиляции произошла нормализация процессов оксигенации крови, что обусловило улучшение показателей дыхательной функции крови: возросло содержание гемоглобина в крови, соответственно, ее кислородная емкость, насыщение и напряжение кислорода в артериальной крови (табл. 6) и его потребление тканями.

Таблица 6

Изменение показателей дыхательной функции крови у больных миопией высокой степени после ИГТ ($M \pm m$)

Показатели	8–12 ($n = 30$)		13–14 ($n = 32$)		15–16 ($n = 26$)		17–21 ($n = 28$)	
	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ	до ИГТ	после ИГТ
КЕК, мл/л	156,3 $\pm$ 1,3	164,4 $\pm$ 1,6*	171,2 $\pm$ 1,4	183,5 $\pm$ 1,6*	179,4 $\pm$ 1,4	187,5 $\pm$ 1,3*	180,7 $\pm$ 1,5	190,3 $\pm$ 1,4*
СаО ₂ , мл/л	151,7 $\pm$ 1,3	161,1 $\pm$ 1,2*	166,1 $\pm$ 1,2	179,8 $\pm$ 1,4*	174,1 $\pm$ 1,2	183,8 $\pm$ 1,1*	175,44 $\pm$ 1,1	186,8 $\pm$ 0,6*
РаО ₂ , мм рт. ст.	91,4 $\pm$ 1,4	100,6 $\pm$ 0,8*	91,4 $\pm$ 1,5	100,7 $\pm$ 1,2*	91,4 $\pm$ 1,1	100,6 $\pm$ 0,6*	91,4 $\pm$ 1,1	100,1 $\pm$ 0,5*

* $p < 0,05$ по сравнению с показателями до курса ИГТ.

Достоверное ($p < 0,05$) повышение артериовенозного различия по кислороду, наряду с возрастанием потребления кислорода, свидетельствовало об улучшении способности тканей утилизировать кислород из артериальной крови, результатом чего стало повышение напряжения и содержания кислорода в артериальной крови.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интервальная гипокситерапия в режиме гипоксии-гипероксии оказалась эффективным альтернативным способом, улучшающим зрительную функцию глаза и препятствующим дальнейшему прогрессированию миопии. Таким образом, проведенные исследования могут служить обоснованием для рекомендации использования интервальной нормобарической гипокситерапии в режиме гипоксии-гипероксии в лечении тяжелой миопии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шарипов А. Р., Михайлова Г.М., Мухамадеев Р.А. Возрастные особенности зрительных вызванных потенциалов в норме и при миопии. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020;16(2):690–695.
2. Усенко В.А., Кенджаева Д.О., Чакиева А.Р., Юлдашев А.М. Клинико-структурные изменения при прогрессирующей миопии высокой степени. *Здравоохранение Кыргызстана*. 2022;4:154–162. doi: 10.51350/zdravkg2022.4.10.22.154. EDN KHKISZ.
3. Колчинская А.З. Механизмы адаптации организма к гипоксии на разных уровнях его функционирования. *Кислородная недостаточность, деструктивное и конструктивное действие*. Нальчик, 1999:69–79.

4. Хацуков Б.Х. Патологические механизмы эффективности применения комбинированного метода лечения миопии у детей и подростков: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2001. 33 с.

5. Тлупова Т.Г., Умарова Х.Э. Патогенетические аспекты и состояние органа зрения близоруких детей и подростков в Кабардино-Балкарии. *Вестник Кабардино-Балкарского госуниверситета. Серия «Медицинские науки»*. 2006;9:133.

6. Умарова Х.Э. Методы ранней диагностики миопии у детей в условиях высокогорья. *Вестник новых медицинских технологий*. 2007;XIV(2): 57–59.

7. Золотов И.А. Методологические основы статистического исследования в области здравоохранения. *Медицинская статистика и оргметодическая работа в учреждениях здравоохранения*. 2013;2:14–17.

REFERENCES

1. Sharipov A.R., Mikhailova G.M., Mukhamadeev R.A. The age-related oscillations of visual evoked potentials are normal and in myopia. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal = Saratov Scientific and Medical Journal*. 2020; 16(2):690–695. (In Russ.).
2. Usenko V.A., Kendzhaeva D.O., Chakieva A.R., Yuldashev A.M. Clinical and structural changes in advanced high-grade myopia. *Zdravookhranenie Kyrgyzstana = Healthcare of Kyrgyzstan*. 2022;4:154–162. (In Russ.). doi: 10.51350/zdravkg2022.4.10.22.154. EDN KHKISZ.
3. Kolchinskaya A.Z. Mechanisms of adaptation of the body to hypoxia at different levels of its functioning. *Kislородnaya nedostatochnost', destruktivnoe i konstruktivnoe deistvie = Oxygen deficiency, destructive and constructive action*. Nalchik, 1999:69–79. (In Russ.).

4. Hatsukov B.Kh. Pathophysiological mechanisms of efficacy of the combined method of treatment of myopia in children and adolescents: vtoref. Dissertation of the Doctor of Medical Science. Moscow, 2001. 33 p. (In Russ.).

5. Tlupova T.G., Umarova H.E. Pathogenetic aspects and state of the organ of vision of myopic children and adolescents in Kabardino-Balkaria. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo gosuniversiteta. Seriya "Meditsinskie nauki" = Bulletin of Kabardino-Balkarian State University. Medical "Sciences series"*. 2006;9:133. (In Russ.).

6. Umarova H.E. Methods of early diagnosis of myopia in children in the conditions of the highlands. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii = Herald of New Medical Technologies*. 2007;XIV(2):57–59. (In Russ.).

7. Zolotov I.A. Methodological foundations of statistical research in the field of health. *Meditsinskaya statistika i orgmetodrabota v uchrezhdeniyakh zdravookhraneniya = Medical statistics and organizational work in health care institutions*. 2013;2:14–17. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информация об авторах

Л.К. Бижоева – студентка 6-го курса медицинского факультета специальности «Лечебное дело», Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия; liana_bizhoeva@mail.ru

И.Х. Борукаева – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой нормальной и патологической физиологии человека, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия; irborukaeva@yandex.ru

А.Б. Иванов – профессор кафедры нормальной и патологической физиологии человека Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия; abivanov@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 13.12.2022; одобрена после рецензирования 16.02.2023; принята к публикации 16.03.2023.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Information about the authors

L.K. Bizhoeva – 6th year student of the medical faculty of the specialty "Medical Affairs", Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova, Nalchik, Russia; liana_bizhoeva@mail.ru

I.Kh. Borukaeva – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Normal and Pathological Physiology of Humans, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova, Nalchik, Russia; irborukaeva@yandex.ru

A.B. Ivanov – Professor, Department of Normal and Pathological Human Physiology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova, Nalchik, Russia; abivanov@rambler.ru

The article was submitted 13.12.2022; approved after reviewing 16.02.2023; accepted for publication 16.03.2023.