

УДК: 612.2+612.014.464

Ю. А. Буков, И. А. Ковальская

ГИПОКСИЧЕСКАЯ ТРЕНИРОВКА В ПРОФИЛАКТИКЕ И ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Одной из наиболее важных современных медико – биологических проблем является поиск путей обеспечения оптимального уровня жизнеспособности организма человека в резко изменяющихся условиях среды обитания, повышение его функциональных резервов и адаптивных возможностей, укрепление здоровья и профилактики заболеваний. Из достаточно небольшого арсенала немедикаментозных средств, оказывающих стимулирующее влияние на организм, всё большее внимание исследователей привлекают гипоксические воздействия. Так достаточно широкое применение в клинической практике находит использование адаптации к пониженному парциальному давлению кислорода во вдыхаемом воздухе как терапевтического средства. Основной терапевтический эффект гипоксической гипоксии проявляется в повышении общей неспецифической резистентности организма. При этом перекрестный эффект адаптации к гипоксии является основой для использования гипокситерапии при лечении многих патологических состояний [4]. Гипоксическая тренировка достаточно эффективна и при подготовке спортсменов [2,5]. Кроме того, гипоксия, по существу являясь естественным биологическим стимулятором, рекомендована в качестве одного из основных саногенных средств [1]. Однако, что касается использования гипоксических воздействий с профилактической целью, то в настоящее время это направление разработано недостаточно [6]. В этой связи основной целью нашей работы являлось обоснование применения интервальной ступенчатой гипоксической тренировки как средства коррекции функционального состояния лиц, имеющих отклонения в состоянии здоровья и нуждающихся в физической реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач нами были проведены исследования с участием 19 молодых женщин в возрасте 18 – 20 лет. Все обследуемые по состоянию здоровья были отнесены к специальной медицинской группе. Гипоксические тренировки проводились в дискретном режиме гипоксических нагрузок: поочередное дыхание газовыми смесями, содержащими 14.0; 12.0 и 10.0% кислорода с интервалами отдыха после каждого воздействия в течении 5 минут. Продолжительность отдельных экспозиций от 5 до 10 минут. Гипоксическая тренировка состояла из 10 – 12 процедур.

Кинетика кислородного обмена организма обследуемых изучалась посредством оценки функций респираторной системы с использованием общепринятых методов

[11]. Гемодинамика исследовалась методом тетраполярной грудной реографии с помощью электрокардиографа ЭКГ-6Т и реоплетизмографа РПГ-2-02 [3]. Рассчитывали среднее динамическое давление (СДД, мм рт. ст.), показатель внешней работы миокарда (ВРМ), индекс напряжения миокарда (ИНМ), критерий эффективности миокарда (КЭМ), двойное произведение (ДП). Эффективность кардиореспираторной системы (КЭКРС), оценивали по отношению среднего динамического давления к величине утилизации кислорода [7]. Снижение КЭКРС свидетельствовало о повышении эффективности кардиореспираторной системы.

Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в эритроцитах оценивали по концентрации ТБК - активных продуктов [9]. Определение антиокислительного потенциала включало исследование пероксидазоподобной (ППА) и каталазоподобной (КПА) активности, оценку основного сыворотного антиоксиданта церулоплазмينا (ЦП) и внутриклеточного антиокислительного фермента супероксиддисмутазы (СОД), а также общей антиокислительной активности [10]. Полученные результаты обработаны методом вариационной статистики [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования проведенные гипоксические тренировки позволили сформировать у абсолютного большинства обследуемых более высокий уровень адаптивно – приспособительных реакций организма, базирующихся на расширении функциональных резервов кардиореспираторной системы. Сравнительный анализ физиологических параметров, характеризующих кинетику кислородного обмена и функциональную реактивность основных энергообеспечивающих систем свидетельствует о повышении эффективности механизмов регуляции, обеспечивающих приспособительный эффект.

Результаты гипоксических тренировок проявились в экономизации функций кардиореспираторной системы. Так, в покое перестройка механики дыхания была направлена на снижение объема лёгочной вентиляции на 33.3% ($P < 0.01$) за счет уменьшения частотных характеристик. При этом энергетические траты на обеспечение респираторной функции уменьшились, а эффективность системы возросла. Коэффициент использования кислорода увеличился с 32.3 ± 2.4 до 41.4 ± 3.2 мл · л⁻¹, ($P < 0.05$). Оптимизации кислородного режима организма способствовало повышение диффузионной способности лёгких: коэффициент использования кислорода возрос более чем на 13.0% ($P < 0.05$). Благоприятные изменения газообменной функции лёгких позитивно отразились на эффективности энергетического обмена. Отмеченное снижение величины дыхательного коэффициента может свидетельствовать об усилении использования липидов в метаболических реакциях. Основным механизмом, обеспечивающим приспособление системы внешнего дыхания к гипоксическим воздействиям и перевод её на новый, более высокий уровень экономичности, можно считать хеморецепторный драйв. Очевидно, ступенчатые колебания уровня гипоксии артериальной крови, наблюдаемые при гипоксической стимуляции различной силы, изменяя интенсивность импульсаций периферических хеморецепторов, способствовали формированию наиболее эффективного механизма регуляции газового гомеостаза организма.

Направленность адаптивных изменений системы кровообращения обследуемых под воздействием гипоксических тренировок определялась улучшением периферической гемодинамики, характеризующееся снижением ОПСС в среднем на $162.0 \text{ дин} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-5}$, ($p < 0.01$). Вазодилатирующий эффект определялся как местным метаболическим фактором, так и центральными механизмами регуляции поскольку изменения вентиляторной функции лёгких способствовали ретенции метаболического CO_2 . В пробах выдыхаемого воздуха уровень напряжения CO_2 возрос на 8.0% ($p < 0.05$) по сравнению с до тренировочным периодом. Кроме того усилению влияния гиперкапнического фактора на механизмы хеморецепторной регуляции сердечной деятельности способствовало сенсibiliзирующее действие гипоксии на хеморецепторы к CO_2 [12]. Этим, на наш взгляд, можно объяснить усиление инотропных влияний на сердце, повышение экономичности сократительной функции миокарда. Коэффициент экономичности миокарда увеличился с 0.77 ± 0.09 до 1.12 ± 0.11 усл. ед. ($p < 0.02$).

Наиболее значительной закономерностью динамики показателей эффективности основных регуляторов кислородного режима организма является отчетливо прослеживающееся участие каждого из гомеостатических эффекторов в формировании оптимума приспособления. Предложенный режим гипоксических тренировок способствовал росту эффективности всей интегральной функциональной системы, о чём может свидетельствовать снижение энергетических затрат на обеспечение метаболического запроса организма. Отношение $\text{СДД}/\Delta \text{FO}_2$ уменьшилось с 27.7 ± 1.4 до 23.1 ± 1.5 от. ед. ($p < 0.05$). И всё же наибольший вклад в формирование этих реакций вносился системой внешнего дыхания, поскольку по мере адаптации всё меньше значения V_E приходилось на единицу скорости потребления кислорода.

Как известно, при любом стрессовом воздействии усиливается потребность организма в энергетическом обеспечении, которая покрывается в большей степени за счет усиления липидного метаболизма, неспецифическим проявлением которого является ПОЛ. Одним из ведущих эффектов гипоксии явилось ингибирование процессов ПОЛ. Суммарная антиокислительная активность (АОА) липидов тканей снизилась более чем на 20.0%, ($p < 0.01$), уменьшилась скорость свободно-радикального окисления, снизилось содержание ТБК-активных продуктов на 17.3%, ($p < 0.05$). Количество одного из основных биоантиоксидантов - церулоплазмина возросло на 23.4% ($p < 0.05$).

Снижение АОА происходило взаимосвязано с экономизацией кислородтранспортной системы организма. Формирование стойкого приспособительного эффекта основывалось на развитии анаболической стадии адаптационного процесса. Очевидно, повышение функциональных возможностей основных энергообеспечивающих систем и увеличение антиоксидантной защиты организма является проявлением одного и того же процесса – повышения общей неспецифической резистентности организма под влиянием гипоксических тренировок.

Таким образом, результаты исследования позволяют рекомендовать дискретный режим гипоксических тренировок как эффективный метод профилактических и корректирующих воздействий. Особенно актуальными

представляются гипоксические тренировки тогда, когда физические упражнения тренирующей интенсивности не могут быть использованы в качестве основного активизирующего средства по причине ограничения их применения, что имеет место на различных этапах реабилитации больных, в специальных медицинских группах и группах ЛФК.

ВЫВОДЫ

1. В основе профилактического эффекта гипоксических тренировок, проводимых в дискретном режиме, лежит феномен экономизации функций кардиореспираторной системы, улучшение кинетики кислородного обмена, снижение скорости свободно-радикального окисления.

2. Экономизирующее действие гипоксии проявилось в снижении лёгочной вентиляции в состоянии покоя на 33.3% ($p < 0.02$), усилении инотропных влияний на сердце (коэффициент экономичности миокарда увеличился на 45.4%, ($p < 0.02$), уменьшении энергозатрат на обеспечение метаболического запроса организма (отношение $\text{СДД}/\Delta \text{FO}_2$ снизилось на 19.9%, ($p < 0.05$)).

3. Дыхание гипоксическими газовыми смесями способствовало ингибированию процессов перекисного окисления липидов. Суммарная окислительная активность снизилась более чем на 20.0%, ($p < 0.05$). Увеличение концентрации церулоплазмينا на 23.4%, ($p < 0.05$) свидетельствовало о повышении антиоксидантной защиты организма.

Список литературы

1. Березовский В.А., Дейнега В.Г. Физиологические механизмы саногенных эффектов горного климата. – Киев: Наукова думка., 1988. – 224 с.
2. Булатова М. Искусственная гипоксическая тренировка в системе подготовки пловцов. // Наука в олимпийском спорте. – 2001. - №1. – С. 86 - 93
3. Гуревич М.И., Соловьёв А.И., Литовченко Л.П. Импедансная реоплетизмография. - Киев: Наукова думка, 1982. – 174 с.
4. Караш Ю.М., Стрелков Р.Б., Чижов А.Я. Нормобарическая гипоксия в лечении, профилактике и реабилитации. – М.: Медицина, 1988. – 352 с.
5. Колчинская А.З. Гипоксическая тренировка в спорте. // *Nuroxia Med. J.* – 1993. - №2. – Р. 36 - 38
6. Колчинская А.З. Адаптация к гипоксии – эффективное средство повышения работоспособности, профилактики, лечения и реабилитации / Прерывистая нормобарическая гипокситерапия. – М., 1997 – с. 126 - 145
7. Медеяновский А.Н. Функциональные системы организма. – М.: Медицина, 1987. – С. 77 - 103
8. Урбах В.Ю. Биометрические методы. – М.: Наука, 1964. – 415 с.
9. Семёнов В.Л., Ярош А.М. Метод определения антиокислительной активности биологического материала. // Укр. биохимический журнал. – 1985. – Т. 57. - №3. – С. 50 - 52.
10. Суплютов С.Н., Баркова Э.Н. Суточные и сезонные ритмы перекисей липидов и активности супероксиддисмутазы в эритроцитах у жителей средних широт и крайнего севера. // Лаб. дело. – 1986. - №8. – С. 459 - 463
11. Шик Л.Л., Канаев Н.Н. Руководство по клинической физиологии дыхания. – М.: Медицина, 1980. – 156 с.
12. Cunningham D.J. The control system regulating breathing in man. // *Quart. Revs. Biophys.* – 1973. – V. 6. – Р. 433 - 483

Поступила в редакцию 11.12.2001 г.