

# ТЕХНОЛОГИИ КОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ПОВЫШЕНИЯ РЕЗЕРВОВ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА: РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ АДАПТАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ\*

О. С. Глазачев

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва  
 Московский государственный гуманитарный университет им. М. А. Шолохова, НОЦ ТЭКО, Москва  
 Международный институт социальной физиологии, Москва

## Technologies for Psychophysiological Functions Correction and Health Reserves Potentiation: Implementation of Adaptive Medicine Principles

O. Glazachev

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University,  
 M. A. Sholokhov Moscow State University for the Humanities, SEC TECO, Moscow  
 International Institute of Social Physiology, Moscow

В работе анализируются принципиальные возможности оптимизации отношений в системе «человек — окружающая среда», пути сохранения здоровья и повышения адаптационных резервов современного человека в условиях экосоциального неблагополучия. На основе анализа основных постулатов концепции «расширенного взгляда на человека как экобиопсихосоциальную сущность» (В. Кофлер), теории функциональных систем (П. К. Анохин, К. В. Судakov) и положений адаптационной медицины обосновано, что, наряду с методами рекреационной медицины определенной альтернативой для жителей мегаполисов может служить комплексное применение индивидуально подобранных моделируемых современными технологиями природных факторов. Представлены примеры разработки и апробации инновационных аппаратных восстановительных технологий в коррекции психофизиологического статуса, повышения психомоторной, умственной и физической работоспособности учащейся молодежи, лиц работоспособного возраста, спортсменов: 1) подход, основанный на комплексных полимодальных ритмических сенсорных воздействиях, перспективный в повышении эффективности интеллектуальной деятельности, коррекции психофизиологических функций обучающихся; 2) новый вариант адаптации к периодической гипоксии — интервальные гипоксически-гипероксические тренировки в потенциации толерантности к физическим нагрузкам, нормализации вегетативной регуляции и метаболических процессов у молодых людей, интенсивно занимающихся спортом, пациентов с психосоматической патологией (на примере ишемической болезни сердца). Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности сохранять и развивать резервы здоровья относительно здорового человека, проводить направленную реабилитацию психофизиологических функций пациентов, несмотря на неблагоприятные условия среды и психосоциальные факторы. Их применение не заменяет мощного саногенетического потенциала естественных природных факторов, общения с природой, однако может использоваться комплементарно рекреационным средствам и техникам.

The fundamental possibilities of relations optimization in «man — environment» system, ways of preserving health and adaptational reserves of modern human beings in conditions of ecological and psychosocial unfavorability are discussed in the paper. Based on the analysis of the main tenets of the «expanded view on a human as ecobiopsychosocial entity» concept (W. Kofler), the theory of functional systems (P.K.Anokhin, K.V.Sudakov) and the provisions of adaptive medicine it is proved, that, along with the methods of recreational medicine certain alternative for residents of megacities can serve integrated application of individually selected natural factors, produced by modern technologies. The examples of the development and testing of innovative hardware restorative technologies in correction of psycho-physiological status, improvement of psychomotor, mental and physical health of students, people of working age, athletes: 1) the approach based on complex poly-rhythmic modal sensory effects, promising to improve the effectiveness of intellectual activity, correction of students psychophysiological functions, 2) new version of adaptation to periodic hypoxia — interval hypoxic-hyperoxic training in potentiation of exercise tolerance, normalizing the autonomic regulation and metabolic processes in young people, which is being actively involved in sports, patients with psychosomatic disorders (for example, ischemic heart disease). The results suggest the principle possibility to maintain and develop health reserves in relatively healthy human, conduct directed rehabilitation of patients psycho-physiological functions, despite the adverse environmental conditions and psychosocial factors. Their use does not replace the powerful sanogenetic potential of natural factors, communications with nature, but can be used complementarily to recreational facilities and techniques.

\* Статья подготовлена при выполнении НИР «Здоровье и качество жизни студенческой молодежи: теоретический анализ, мониторинг, здоровьесберегающие технологии» в рамках государственного задания на 2012—2014 гг., регистрационный номер 4.937.2011

## Введение

Основные тенденции развития общества — высокие темпы урбанизации, технического прогресса, экологический дисбаланс, эмоциональные потрясения все дальше «отодвигают» современного человека от природы, коэволюционного развития с окружающим миром. С другой стороны, биосфера исчерпала свои компенсаторные возможности сохранения и воспроизводства окружающей среды и здоровья каждого конкретного человека под мощным антропогенным прессом.

Сочетанное воздействие загрязнений воздуха, воды, пищевых продуктов, неоптимальные условия жилья, электромагнитные поля, информационные перегрузки приводят к развитию целого «букета» сложных психосоматических расстройств — так называемых болезней цивилизации. По сути, адаптационный потенциал человека, обусловленный тысячелетней эволюцией, не позволяет ему адекватно приспособиться к условиям среды, которые он сам же и создал за последние 2 века.

Воздействия факторов новой экологии являются многозначными, приводя зачастую не только к ожидаемым эффектам снижения здоровья, но и к возникновению такой патологии, объяснение которой не укладывается в известные медицинские алгоритмы (например, рост психических расстройств, хронической кардиоваскулярной патологии в регионах радионуклидного загрязнения и др.) [9, 20].

Есть ли выход из создавшейся ситуации? Очевидно, что предстоит изменить культуру современного общества во всех ее аспектах (откорректировать систему ценностей), сделать ее адекватной природе и потенциальным возможностям человека [6, 7]. Столь значительные социокультурные преобразования требуют новых теоретических оснований, что отражается в формулировании новых представлений об экологической культуре [7], теории расширенного взгляда на человека как биоэкоциальную сущность [20]. Вместе с тем, экосоциальный взгляд на мир позволяет найти новые перспективы сохранения здоровья человека, говорить о культуре здоровья, что подразумевает развитие в первую очередь профилактической медицины, призванной быть медициной здоровых людей, ориентированной на диагностику и повышение уровня здоровья практически здорового человека, внедрение принципов салютогенеза (основ здоровья) [1, 26].

Все большую популярность в клинической и превентивной медицине объективно занимает интегративный подход. При этом под интегративным, холистическим подходом понимаются такие виды лечения и профилактики, которые объединяют лучшие достижения современных, новейших технологий и медико-биологических знаний с древней мудростью врачевания, искусством медиков, их лучшими качествами сопереживания и понимания нужд и ожиданий пациентов [21]. Интегративное здоровье представляет, таким обра-

зом, подход к охране и поддержанию здоровья индивидуума и популяции в целом, который включает все возможные здоровье-ориентированные области: экологические условия и социальную среду, медицину, образование, архитектуру, индустриальные и сельскохозяйственные факторы и пр., а также субъективное восприятие человеком своего состояния, качества жизни, стрессорных психосоциальных факторов.

Чрезвычайно важно, что лечение и профилактика могут быть эффективными даже благодаря их символическому значению (что известно как плацебо-эффекты и широко исследуется в такой области как психо-нейроиммунология) [21]. Тем не менее, интегративный подход не отвергает, а, напротив, предполагает максимальное использование в целях профилактики и укрепления здоровья наилучших достижений науки и технологий, опыт применения которых должен постоянно аккумулироваться для получения наилучших лечебных и оздоровительных эффектов. Это — биомедицинские технологии, методы и средства, ориентированные на сохранение и укрепление здоровья, повышения психофизиологической работоспособности современного человека, вынужденного проживать практически повсеместно в условиях высокого экологического риска, быстро изменяющихся геоклиматических, биосферных факторов окружающей среды [1, 3].

### «Расширенный взгляд», теория функциональных систем и адаптационная медицина

Определенный прогресс в понимании ситуации, поиске путей сохранения здоровья, работоспособности и психоэмоционального благополучия современного человека при неблагоприятном изменении факторов окружающей среды дают, по нашему мнению, разработки проф. Вальтера Кофлера (Австрия), обобщенные в теории «расширенного взгляда на человека как экобиопсихосоциальную сущность...» [20], а также теория функциональных систем П. К.Анохина, творчески развиваемая в нашей стране [14].

Концепция «расширенного взгляда» предлагает модель понимания человека с точки зрения эволюции энергетических и материальных сущностей, а также эволюции его информационной сущности, которая рассматривается как «способности организовывать» (обеспечивать регуляцию отдельных гомеостатических функций, интеграцию их в целостном организме, а также обеспечивать системную адаптацию организма к условиям среды). Информационные ресурсы «организовывать» интегративную деятельность «псевдоавтономных сущностей» в нашем организме — клеток, тканей, органов и пр. — всегда ограничены. Если их часть затрачивается на новые стимулы, то для организации кооперативной деятельности самих «сущностей» остается меньше ресурсов, возникает риск функциональных нарушений, дисрегуляции, развития патологии.

В условиях биологического стресса для природы и человека и возможной дезадаптации дефицит информационных возможностей организма может приводить к

более низкому качеству в организации: 1) отдельных функциональных систем относительно простых уровней организации, 2) кооперативной деятельности функциональных систем гомеостатического и поведенческого уровней. В таких ситуациях комплекс факторов экологического и психосоциального неблагополучия может вызывать дополнительно к специфическим нарушениям здоровья «причинно неспецифические эффекты», возрастает риск возникновения болезней цивилизации, которые, по сути, являются дезадаптационными расстройствами [1].

С другой стороны, хорошо известны факты повышения устойчивости функциональных систем организма к стрессорным воздействиям после успешной адаптации к какому-либо реально или потенциально повреждающему фактору среды (радиация, холод, повторяющиеся физические нагрузки умеренной интенсивности, дефицит кислорода), описанные как прямые и перекрестные эффекты адаптации [22]. Теоретическое обоснование этим экспериментальным и клиническим наблюдениям было сформулировано в виде концепции адаптационной медицины, успешно реализуемой как у нас в стране, так и за рубежом [11].

Именно этот подход, положен в основу ряда новых физиотерапевтических инструментальных технологий, направленных на «пробуждение», активацию неспецифических защитных сил организма, целостное оздоровление, восстановление и тренинг функциональных резервов.

Далее в работе приводятся примеры разработки и апробации новых технологий для восстановления психофизиологических и гомеостатических функций учащейся молодежи, лиц трудоспособного возраста.

#### **Методы психофизиологической коррекции на основе полимодальной сенсорной стимуляции**

В разработке новых технологий адаптационной медицины особое внимание уделяется поиску возможностей получать комплексные эффекты оптимизации умственной и физической работоспособности, нейро-гуморальной регуляции, стресс-резистентности, психических функций человека [17]. В этом направлении популярность приобретают методы нейротехнологической (психофизиологической) коррекции, основанные на использовании слабых ритмических сенсорных стимулов разной модальности, эффективность одномоментного сочетанного применения которых (термо-, арома-, вибро-, аудио- и видео стимулы различных характеристик) обоснована в ряде исследований [9, 15, 16].

В работе выполнено изучение эффектов полимодальных ритмических сенсорных воздействий (сочетанного предъявления световых, звуковых, вибротактильных, температурных и др. стимулов в различных комбинациях) на функционирование головного мозга, эффективность интеллектуальной деятельности и эмоциональное состояние молодых людей — студентов медицинского вуза.

## **Организация и методы исследования**

Исследование выполнено в 2 этапа. На 1-ом этапе решался вопрос о возможности использования комплексных полисенсорных процедур в качестве модуляторов мозговых процессов, нормализующих эмоциональный статус человека. 2-ой этап работы был нацелен на изучение возможности применения полимодальных сенсорных воздействий для активации функции внимания, оперативной памяти, оптимизации интеллектуальной деятельности человека.

Для объективизации динамики мозговых функций применяли методику регистрации поздних вызванных потенциалов мозга Р300 (прибор Keypoint, фирма «Medtronic», Denmark), являющихся суммарным показателем электрической активности мозга, выведенным путем усреднения постстимульной ЭЭГ [8, 24].

Обследуемые выполняли двухтоновые аудиальные задания, в которых они выслушивали через наушники серию случайных чередований высоко- и низкочастотных звуковых сигналов интенсивностью 90 дБ и длительностью 50 мс с межстимульными интервалами 2 с [8]. При этом испытуемые должны были «отвечать» на редкий тон («целевой» — 2 Гц, 20% предъявлений) нажатием кнопки в правой руке и пропускать частый тон («фоновый» — 1 кГц, 80% предъявлений). Для регистрации Р300 активные электроды накладывались по средней линии головы в точки Fz и Cz согласно международной системе «10—20». Сигнал усиливался в 30000 раз, фильтрация осуществлялась в диапазоне 1—100 Гц. Анализировались эпохи длительностью 1000 мс в каждом отведении. Собиралось не менее 60 целевых ответов и не менее 200 фоновых ответов электрической активности мозга. В анализ включали только целевые ответы. Волны мозговых потенциалов, связанных с решением задач, были отфильтрованы фильтром низких частот (15 Гц). Пик комплекса Р300 определялся индивидуально для каждого электрода, как наивысшее положительное значение в диапазоне латентности в 220—450 мс. Оценивали следующие параметры: латентные периоды и амплитуды вызванных потенциалов в лобной (Fz-1, мс, Fz-a, мкВ) и центральной (Cz-1, мс Cz-a, мкВ) зонах мозга соответственно, число ошибочных нажатий на кнопку (ОШ), т.е. реакций на звуковые стимулы «фоновой» тона, процент правильных реакций на звуковые стимулы «целевого» тона (Точн, %), а также время сенсомоторной реакции (СМР, мс).

В первой серии приняли участие 10 здоровых мужчин в возрасте 20—25 лет, каждый из которых прошел по 2 восстановительные процедуры (одна с истинными полисенсорными воздействиями, другая — имитационная), отпускаемые в физиотерапевтическом комплексе — капсуле «Alfa Оху SPA» («Сибаритик ИНК», США). Установки представляют собой аппаратные комплексы для осуществления интегрированных физиотерапевтических процедур с возможностью ин-

дивидуального подбора методик сухой сауны с регулируемой (до 80°C) температурой, системы ароматерапии, светотерапии, вибрационного массажа спины и нижних конечностей, функциональной музыки, гипоаллергенных ингаляций, дополнительной оксигенации всего тела пациента во время сеанса газовой смесью с содержанием O<sub>2</sub> до 50%.

Обследуемых не информировали о различиях в параметрах 1 и 2 процедур. Длительность процедур составляла 45 минут, в течение которых обследуемый находился в капсуле в положении лежа. Истинные процедуры включали сочетанное предъявление гипертермического воздействия (повышение температуры до 75—80°C с последующим градуальным ее снижением при низкой относительной влажности 8—15%) с дополнительной ионизацией отрицательно заряженными ионами, вибрационного массажа грудного и поясничного отделов туловища, бедер и голени, оксигенацию капсулярного пространства притоком кислорода 4 л/мин., релаксационную музыку, ароматерапию релаксирующей смесью (масла апельсина, герани и иланг — иланг). Во время имитационных воздействий обследуемые находились в той же капсуле при относительно нейтральных характеристиках — релаксационная музыка, комфортная температура (33—34°C) и имитация оксигенации увеличенным обдувом лица обычным воздухом. До и после каждой процедуры проводили комплексное обследование участника в положении лежа в капсуле, включавшее регистрацию ВП и психологическое тестирование.

В исследовании 2-го этапа приняли участие 23 практически здоровых добровольца (юноши, 19—25 лет). Процедуры нейрокоррекции проводили с помощью системы «SENSORIUM» (ООО «НПМК «Антистрессовый центр»», Новосибирск, 1997; программы процедур «InnerSense», США). Использовалась 15-минутная программа аудио-визуально-вибротактильной стимуляции «PO-09», которая способствует вхождению пациента в состояние умеренной психической релаксации и последующему возврату в состояние активного бодрствования (динамический диапазон частот светозвуковой стимуляции последовательно менялся: 16—4—8—10—12—10 Гц). [15].

**Таблица 1.** Динамика психофизиологических показателей у обследуемых при полимодальной сенсорной стимуляции ( $M \pm m$ )

Показатель	Истинное полисенсорное воздействие (n=10)		Имитационное (плацебо) воздействие (n=10)	
	исходное состояние	после процедуры	исходное состояние	после процедуры
P300				
Fz-a	6,40±1,12	10,73±1,75*	6,91±1,11	7,37±0,88
Cz-a	7,62±0,86	11,84±0,93*	8,42±1,14	7,70±0,69
Fz-l	326,3±4,0	339,5±6,6*	335,7±2,8	337,3±3,0
Cz-l	326,6±4,0	339,7±6,4*	335,6±2,7	337,5±3,0
Эмоцион. статус				
СТ	37,7±1,4	36,9±1,6	39,7±2,8	39,3±2,1
СД	36,4±1,0	33,2±1,2*	38,3±2,6	35,5±2,16
СДиск	62,9±1,1	61,9±0,6	62,5±0,9	62,475±1,13

**Примечание:** \* — достоверность различий  $p < 0,05$ .

Во время процедуры обследуемый находился в полугоризонтальном положении в кресле «нулевой гравитации». Конструкция кресла равномерно распределяет вес тела, создавая у обследуемого ощущение невесомости. Источником вибротактильных стимулов являлся сабвуфер мощностью 40 Вт, вмонтированный в кресло, а зрительная и слуховая стимуляция осуществлялась с помощью специальных светодиодных очков и наушников. Для оценки динамики нейрофизиологических процессов до и после процедуры регистрировали поздние потенциалы мозга P300. В качестве модели интеллектуальной деятельности использовали тест «Устный счет в уме»: до и после полимодальных сенсорных воздействий обследуемому предлагалось перемножить в уме 5 различных пар двузначных чисел, что позволило в дальнейшем произвести сравнительный анализ показателей эффективности счета. При этом оценивали длительность счета в уме (Т-сч, с) и число ошибок (ОШ-сч, число). Кроме того, проводили регистрацию самоотчетов пациентов, оценивали уровень их субъективного самочувствия (С, баллы) в 5-балльной шкале.

Для контроля особенностей психических реакций обследуемых на комплексные процедуры проводили оценку ситуативных проявлений депрессии (СД) и тревожности (СТ), а также выраженности ситуативного дискомфорта (СДиск) (шкалы Ч. Спилберга, адаптированные проф. А.Б.Леоновой с соавт., 2003) [10].

Статистический анализ данных проводился с использованием программного пакета «STATISTICA 6.0». Достоверность изменений показателей оценивали на основе методов параметрической и непараметрической статистики (критерии U Манна — Уитни и Вилкоксона).

## Результаты и их обсуждение

В первой серии исследования установлено, что после прохождения истинных полисенсорных процедур отмечено достоверное повышение амплитуд P300 в обоих регистрируемых отведениях Fz-a и Cz-a, а также значимое снижение показателя ситуативной депрессии СД (см. таблицу). По субъективным самоотчетам испытуемых происходило улучшение общего самочувствия.

ствия и настроения. При прохождении имитационных процедур значимых изменений в психофизиологических показателях не выявлено.

Полученные результаты вполне согласуются с мнением многих исследователей, о том, что Р300 — нейроэлектрический когнитивный феномен, так как его появление в большей степени зависит от субъективной значимости и информационной ценности стимула, чем от других его физических характеристик [8], а амплитудно-временные изменения его параметров являются отражением динамики активности структур, ответственных за генерацию Р300 — гиппокампа, лобной, теменной областей коры [23]. Известно, что практически любой тип сенсорного переживания (полисенсорной активации) вызывает активацию гиппокампа, а затем гипоталамуса, таламуса и других структур лимбической системы [23], что может инициировать поведенческие и эмоциональные реакции (удовольствие, активность и др.) [15].

Таким образом, сочетанные полисенсорные воздействия приводят к существенному повышению амплитуды Р300 в лобно-центральных областях, что свидетельствует об активации когнитивных процессов, характеризующих функции внимания, использования оперативной памяти и принятия решений. Наблюдаемые изменения сопровождались улучшением эмоционального фона добровольцев (снижением субъективно оцениваемых проявлений депрессии).

Дальнейшие исследования 2-ой серии, были выполнены для подтверждения возможности применения полисенсорной стимуляции в качестве метода, способствующего повышению концентрации внимания, и, как следствие, эффективности интеллектуальной деятельности.

В целом по группе ( $n=23$ ) выявлено, что после процедуры аудио-визуально-вибротактильной стимуляции отмечаются тенденции к повышению значений амплитуд ВП (Fz-a с  $8,7\pm 1,1$  до  $9,0\pm 1,0$  мкв; Cz-a с  $11,2\pm 1,1$  до  $12,4\pm 0,9$  мкв) и латентных периодов в лобном и центральном отведениях (Fz-l с  $326\pm 4$  до  $332\pm 4$  мс; Cz-l с  $328\pm 3$  до  $332\pm 4$  мс) с выраженными индивидуальными вариациями. Показатели субъективной самооценки состояния значимо возросли — с  $4,0\pm 0,1$  до  $4,4\pm 0,1$  баллов ( $p<0,05$ ), при этом значения показателей эффективности интеллектуальной деятельности (в тесте устного счета в уме) по группе значимо не изменились.

В связи с этим, на основе динамики изменений показателей эффективности счета в уме до и после процедуры нами был проведен индивидуально-типологический анализ взаимосвязи показателей эффективности интеллектуальной деятельности и параметров Р300. Для этого из всей группы наблюдения были выделены 2 подгруппы: «успешные обследуемые» («У», 7 человек) — после полимодальных ритмических сенсорных воздействий эффективность счета в уме повышалась (снижаются показатели Ош-сч и

Тсч), а также группа «неуспешных испытуемых» («НУ», 7 человек) — после полимодальных сенсорных воздействий эффективность счета в уме снижалась (повышаются показатели Ош-сч и Тсч).

Установлено, что после полимодальных сенсорных воздействий в подгруппе «У» значимо снизилась длительность счета в уме (Т-сч) с  $27,2\pm 3,6$  до  $16,7\pm 2,0$  с ( $p<0,05$ ) и уменьшилось количество ошибок в процессе счета (ОШ-сч) с  $0,55\pm 0,08$  до  $0,11\pm 0,06$  ( $p<0,05$ ). В динамике параметров вызванного потенциала Р300 проявилась тенденция к увеличению амплитуды в центральном (Cz-a,  $p=0,31$ ) отведении на фоне значимого снижения числа ошибочных реакций на нецелевые звуковые стимулы (ОШ) с  $0,7\pm 0,2$  до  $0,2\pm 0,1$  ( $p<0,05$ ). Кроме того, выявлена положительная корреляционная связь показателей «Ошибка устного счета» и «Ошибочная реакция на нецелевой стимул» ( $r=0,88$ ,  $p<0,05$ ), что свидетельствует в пользу взаимосвязей параметров вызванных потенциалов Р300 с эффективностью интеллектуальной деятельности у успешных испытуемых.

Очевидно, что успешное решение интеллектуальных задач в первую очередь связано с возрастанием амплитуды Р300: увеличение данного параметра свидетельствует о большей сконцентрированности на решении задач как устного счета, так и реагирования на «целевой» тон в тесте Р300. Отметим также, что после ритмической полимодальной стимуляции в этой подгруппе обследуемых отмечено значимое улучшение субъективной оценки состояния и тенденции позитивного изменения эмоционального фона.

В группе «НУ» после процедуры полисенсорных воздействий на фоне значимого увеличения длительности счета (Т-сч) с  $26,8\pm 3,5$  до  $34,5\pm 3,8$  с ( $p<0,05$ ) и роста числа ошибок счета с  $0,42\pm 0,13$  до  $0,82\pm 0,15$  ( $p<0,05$ ), существенных изменений в динамике параметров Р300 не обнаружено.

Следовательно, изменение показателей Р300 и, в первую очередь, повышение амплитуд ВП после полимодальных сенсорных воздействий является прогностическим критерием эффективности выбранных процедур в плане повышения эффективности интеллектуальной деятельности испытуемых, пластичности психофизиологических мозговых ресурсов.

#### **Инновационная технология адаптации к периодической гипоксии-гипероксии**

Другим вариантом технологий на принципах адаптационной медицины является усовершенствованный нами метод интервальных гипоксических тренировок (ИГТ), применяемый для повышения физической работоспособности, коррекции психофизиологических функций и повышения качества жизни как относительно здоровых лиц, так и пациентов с различной психосоматической патологией.

Экспериментально и клинически доказано, что высокогорная адаптация или моделирование условий среднегорья, а также короткие повторяющиеся гипоксические экспозиции с нормоксическими интервалами активируют

каскад прямых и перекрестных адаптационных эффектов, повышая устойчивость организма как к гипоксическим состояниям, так и другим стрессорам, патогенным факторам [11, 16, 18]. Основным механизмом положительного влияния ИГТ является стимуляция опосредованной активацией гипоксия — индуцированного фактора ГИФ1 и других сигнальных молекул экспрессии генов, которые отвечают за синтез эритропоэтина, эндотелиального фактора роста, монооксида азота и других транскрипционных факторов, инициирующих множественные внутриклеточные, орган-ные и системные эффекты [2, 19, 27].

ИГТ как один из основных методов адаптационной медицины более 40 лет успешно используется в практике клинической, восстановительной, спортивной медицины. Разработаны и уточнены методические рекомендации, показания к применению ИГТ, методики и приборы создания гипоксических газовых смесей, выпускаемые рядом компаний в России и зарубежом — барокамеры, гипоксикаторы, ребризеры (например, компании «Био-нова», «Климби», «Гипоксия Медикал Академия», TradeM Limited, Biomedtech и др.).

Наше внимание привлекла возможность повышения эффективности ИГТ чередованием коротких гипоксических экспозиций не нормоксическими, а гипероксическими интервалами, подавая в эти периоды пациенту через маску газовую смесь с содержанием  $O_2$  — 30—40%.

Известно, что одним из ключевых механизмов запуска адаптивных ответов организма на гипоксию является индукция активных форм кислорода — АФК, запускающих транскрипцию многих регуляторных факторов, процессы антиоксидантной защиты, противовоспалительный потенциал, эффективность утилизации кислорода митохондриями и пр. [12, 13, 25]. Индукция АФК при ИГТ запускается в начальный период реоксигенации, но то же самое происходит при оксигенотерапии. Следовательно, совмещение гипоксических и гипероксических (вместо нормоксических) эпизодов при тренировке позволит усилить АФК-индуцируемый сигнал без углубления гипоксии.

Экспериментальные исследования показали, что применение такого режима в сравнении с традиционными ИГТ оказывает более выраженные мембранстабилизирующие эффекты, более существенно и оперативно повышает стрессорную и гипоксическую устойчивость миокарда и мозга, повышает мощность антиоксидантных защитных механизмов и в целом — физическую работоспособность [25].

Новый способ адаптации к гипоксии получил название интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ), и в настоящем разделе представлены результаты применения метода ИГГТ в клинических и прикладных исследованиях.

## Организация и методы исследования

Апробация предложенного нового варианта метода ИГГТ проведена также в 2 серии исследований. В

1-ой серии приняли участие 15 спортсменов-легкоатлетов, 18 — 20 лет (7 муж. и 8 жен.) со спортивной квалификацией КМС и МС с синдромом перетренированности, снижением общей функциональной готовности и работоспособности. Для коррекции сниженных функциональных возможностей им был предложен курс ИГГТ (14 процедур по 45 мин, в режиме 3 раза в неделю) на фоне регулярных облегченных физических тренировок. Для создания газовых смесей с содержанием  $O_2$  от 10 до 35—40% использовали опытный образец прибора REOXУ (производство «AI Mediq S.A.», Люксембург).

Перед началом курса определяли индивидуальную чувствительность спортсменов к гипоксии путем проведения 10 мин гипоксического теста (ГТ — дыхание через маску газовой смесью с 10% содержанием  $O_2$ ) с ежеминутным мониторингом ЧСС и насыщения гемоглобина кислородом ( $SaO_2$ ). Процедуры ИГГТ проводили в интервальном режиме — начинали с подачи через маску гипоксической газовой смеси (ГГС) с 11%  $O_2$  (5—7 минут), затем 2-3 минуты — гипероксической газовой смеси с 35%  $O_2$ . Переключение газовых смесей при каждой процедуре осуществлялось автоматически по специальным алгоритмам (биообратная связь на основе индивидуальной чувствительности к гипоксии) [4, 5], за процедуру чередовали 6—8 циклов.

До курса процедур ИГГТ и на 3—4 день по их завершении спортсмены проходили комплексное обследование, которое включало: — анализ состояния вегетативной регуляции методом кардиоинтервалометрии (АПК «ВНС-спектр», ООО «Нейрософт», Иваново, 2002) с оценкой временных и частотных характеристик variability сердечного ритма (ВСР), определяли общую мощность спектра ВСР — TP, а также мощности в отдельных диапазонах: высокочастотном (HF,%), низкочастотном (LF,%), сверхнизкочастотном (VLF,%). Вычисляли индекс симпато-парасимпатического взаимодействия LF/HF;

— оценку уровня физической работоспособности с использованием теста PWC170 и расчетом показателей абсолютной и относительной (на кг массы тела) работоспособности в модификации В. А. Карпмана, максимального потребления кислорода — МПК, МПК/кг, а также экономичности выполнения нагрузки (индексы инотропного и хронотропного резерва — ИИР и ИХР, показатель «двойного произведения» — ДП); — забор крови с определением гематологических показателей.

Полученные в динамике курса ИГГТ данные сравнивались с результатами динамического тестирования 19 спортсменов той же спортивной квалификации без признаков перетренированности, выполняющих тренировки в обычном режиме.

Во второй серии приняли участие 40 пациентов с ишемической болезнью сердца, 2—3 ФК (31 мужчина, 9 женщин, ср. возраст  $61,7 \pm 7,7$  лет, получавшие стандартную терапию: статины, дезагреганты, ингибиторы

Таблица 2. Динамика показателей физической работоспособности и вегетативной регуляции у спортсменов до и после курса ИГГТ ( $M \pm m$ )

Показатель	Исходно	После курса ИГГТ
МПК, мл	2983,52±121,52	3197,04±121,53 ( $p=0,01$ )
МПК/МТ, мл/кг	46,4±1,3 (53,4±1,8*)	50,37±1,39 ( $p=0,001$ ) (54,7±1,6)
РWC170, Вт/мин	170,8±11,8 (204,2±13,8*)	191,9±71 ( $p=0,01$ ) (1278±93)
РWC170/МТ, Вт/мин/кг	2,63±0,12 (3,24±0,1*)	3,01±0,12 ( $p=0,005$ ) 3,31±0,11
ИХР, %	65,8±3,6 (50,8±4,1*)	54,8±5,4 ( $p=0,01$ ) (49,6±3,8)
ИИР, %	50,0±5,3 (37,5±4,9)	38,0±5,9 ( $p=0,01$ ) (36,8±5,0)
$\Delta$ ДП, усл. ед.	167±8 (128±9)	132±12 ( $p=0,007$ ) (127±9)
ТР, мс <sup>2</sup>	3118±456 (4503±512)	3890±337 ( $p=0,1$ ) (4654±521)
VLF, мс <sup>2</sup>	1410±204 (1610±315)	1298±136 (1740±404)
LF/HF	8,01±5,51 (2,2±1,0)*	1,45±0,71 ( $p=0,007$ ) (1,81±0,95)
ЧСС, уд./мин	68,2±5,3 (62,4±3,8)	67,12±3,72 (60,4±4,6)

**Примечание:** в скобках — значения показателей контрольной группы здоровых спортсменов; \* — достоверность различий при  $p < 0,05$  по отношению к контролю (Mann-Whitney U тест); значения  $p$  в скобках — достоверность различий по отношению к исходным данным в группе ИГГТ.

АПФ, бета-блокаторы. Все пациенты находились под амбулаторным наблюдением в Московском областном кардиоцентре г. Жуковский.

Случайным порядком пациенты были разделены на группу ИГГТ (30 чел., прошедших в течение месяца по 20 процедур ИГГТ, в режиме 5 в неделю; первые 5—7 процедур гипоксическая смесь — 12% O<sub>2</sub>, в дальнейшем — 10% O<sub>2</sub>) и контроля (пациенты прошли по 20 имитированных процедур с использованием того же оборудования, вдыхая через маску обычный увлажненный воздух). Процедуры отпускались аналогично описанным в первой серии.

До и после курса ИГГТ все пациенты прошли обследование: регистрация ЭКГ в 12 отведениях; забор крови с определением основных гематологических показателей и липидного «профиля»; субмаксимальное нагрузочное тестирование на беговой дорожке с определением времени выполнения нагрузки до отказа (появление признаков ишемии миокарда, неблагоприятная реакция АД, субъективная усталость), мощности выполненной нагрузки; толерантности к нагрузке в метаболических единицах (МЕ), проведение ГТ.

Статистическая обработка полученных данных 2 серий проведена с использованием программы «Statistica for Windows» 6.0.

## Результаты и обсуждение

Установлено, что курс ИГГТ приводил к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению и повышению исходно сниженного уровня работоспособности.

При исходном тестировании все спортсмены группы ИГГТ имели признаки снижения тренированности: ухудшение общего самочувствия, повышенную утомляемость (80%), высокий уровень субъективной тревоги (66,6%), признаки вегетативной дисрегуляции по симпатикотоническому типу центрального генеза — сниженные по отношению к нормативам спортс-

менов значения ТР, умеренно повышенные значения LF, VLF, сниженный вклад дыхательной периодики — HF (табл. 2). Уровень работоспособности практически у всех участников исследования был снижен, а показатели, отражающие физиологическую «цену» выполняемой нагрузки — повышены по сравнению с результатами 19 здоровых спортсменов

После прохождения курса ИГГТ на фоне спортивных тренировок в облегченном режиме установлено улучшение функционального состояния спортсменов, повышение уровня работоспособности. Выявлено существенное повышение значений РWC170, МПК и их относительных величин, а также достоверное снижение степени прироста значений ЧСС, АД, двойного произведения ( $\Delta$ ДП), ИХР и ИИР (табл. 2), что свидетельствует о повышении хроно-инотропных резервов миокарда и экономизации работы кровообращения при выполнении тестирующей физической нагрузки той же мощности.

По завершении курса ИГГТ отмечено существенное повышение устойчивости спортсменов к острой моделируемой гипоксии в повторно выполненном гипоксическом тесте — достоверно меньшая степень снижения сатурации гемоглобина O<sub>2</sub> и повышения степени прироста ЧСС при повторном ГТ (табл. 2). Значимых гематологических сдвигов не происходит, что может свидетельствовать о «физиологичности» тренировки, ее невысокой «цене» для организма, что выражается в отсутствии необходимости активации эритропоэза у предварительно физически тренированных лиц, спортсменов.

В динамике психовегетативных показателей отмечены значимое снижение степени субъективно оцениваемого хронического утомления с 42,45±2,95 до 38,98±3,40 ( $p=0,05$ ), а также тенденции к повышению общей мощности ВСП со снижением вклада LF и повышением вклада HF компонентов, что отражает снижение напряжения вегетативной регуляции сердца и нормализацию симпато-парасимпатического баланса в регуляции кровообращения.

Таблица 3. Динамика показателей толерантности к физической нагрузке и параметров липидного «профиля» у кардиологических пациентов до и после курса ИГГТ ( $M \pm \sigma$ )

Показатель	Группа	Исходно	После курса ИГГТ
Время выполнения нагрузки до отказа, с	ИГГТ	332,5 ± 216,2	446,2 ± 179,1 ( $p=0,03$ )
	контроль	416,1 ± 254,3	423,2 ± 242,1
Толерантность, МЕ	ИГГТ	3,73 ± 2,17	4,32 ± 2,03
	контроль	4,43 ± 2,30 *	4,59 ± 2,09
ОХ, ммоль/л	ИГГТ	5,49 ± 1,24	4,78 ± 1,27 (0,032)
	контроль	4,18 ± 1,01*	4,20 ± 1,07
ХСЛПНП, ммоль/л	ИГГТ	3,29 ± 0,94	3,15 ± 1,03
	контроль	3,16 ± 0,56	3,09 ± 0,40
ТГ, ммоль/л	ИГГТ	2,19 ± 0,81	1,47 ± 0,72 (<0,01)
	контроль	1,99 ± 0,54	1,87 ± 0,66 (<0,03)

**Примечание:** \* — достоверность различий при  $p < 0,05$  по отношению к контролю, значения  $p$  в скобках — достоверность различий по отношению к исходным данным в группе ИГГТ.

Все спортсмены хорошо переносили курс ИГГТ, многие отмечали релаксирующее влияние процедур, а к концу курса — улучшение переносимости спортивных тренировок.

При проведении 2-ой серии в группе пациентов с ИБС через месяц отпуска процедур ИГГТ также отмечено значимое повышение толерантности к физическим нагрузкам — прирост времени выполнения нагрузки до отказа или появления критериев прекращения пробы — на +34,1% (в контроле +2,7%), переносимости физических нагрузок (увеличение МЕ на 15,8% против 5,4% в контроле) (табл. 3).

Если при первом нагрузочном тестировании ангиальные приступы как причина прекращения пробы были выявлены у 11 пациентов, то при повторном выполнении тредмил-теста — лишь у 5 (в контроле — у 4 пациентов как в начале, так и по завершении обследования).

Повышение аэробных возможностей и физической выносливости у пациентов с ИБС сопровождалось снижением массы тела, нормализацией липидемического «профиля» — достоверным снижением значений общего холестерина, триглицеридов плазмы крови (табл. 3), исходно повышенных значений АД, ЧСС покоя, повышением гипоксической устойчивости, снижением показателей ситуативной тревожности, депрессии. В самоотчетах пациенты отмечали также снижение числа ишемических атак, одышки при повседневных нагрузках.

Важным в прикладном плане представляются результаты оценки переносимости пациентами процедур ИГГТ — побочные эффекты (одышка, сердцебиения при прохождении первых процедур, головокружение) наблюдались в единичных случаях, а при небольшом повышении концентрации  $O_2$  субъективно неприятные ощущения и негативные симптомы исчезали (4 пациента предъявляли жалобы на неинтенсивные головные боли, 2 на легкое головокружение). Побочные эффекты наблюдались на первых процедурах и не требовали прерывания курса. При этом только в 6 процедурах (в гипоксические периоды) из выполненных 600 пациенты жаловались на ангиальные приступы (без ЭКГ изменений).

Все пациенты отмечали релаксирующее, сомногенное действие процедур, а периоды гипероксии оценены ими как «освежающие», быстро снимающие некоторые неприятные ощущения в гипоксические фазы воздействия.

## Заключение

В современных условиях тотального психосоциального и экологического неблагополучия проблема оптимизации отношений в системе «человек — окружающая среда», сохранения и укрепления здоровья и функциональных резервов современного человека является остро актуальной. В этом направлении, безусловно, важны меры по формированию экологической культуры, культуры здоровья, коррекции системы ценностей человека, использованию естественных, природных факторов среды в целях оздоровления и профилактики нарушений здоровья (международная сеть центров «Природа-Культура-Здоровье», популяризация рекреационной медицины, эколого-ориентированные и здоровье-развивающие образовательные технологии и пр.). Обозначенный подход органично вписывается в концепцию экологической культуры, направленной на обеспечение адекватного существования человека в природе и социуме на основе реализации его сущностных сил [6].

Однако далеко не всегда современный житель мегаполиса имеет возможности и ресурсы длительного общения с природой, использования саногенетических эффектов естественных природных факторов. В этой ситуации определенной альтернативой применению в оздоровительных целях естественных факторов среды могут стать аппаратные технологии, моделирующие изолированное или комбинированное воздействие на человека средовых воздействий (воздух с разной концентрацией кислорода, инсоляция, свет, вода, ионизация, термовоздействия, запахи и пр.). По сути, речь идет о современном, по-новому технологически оснащенном (с индивидуальным дозированием и медицинским контролем функционального состояния) применении физиотерапевтических средств не столько для лечения

конкретных заболеваний, сколько для повышения уровня здоровья и качества жизни, сохранения работоспособности человека.

Представленные примеры разработки и апробации инновационных восстановительных технологий демонстрируют значимый потенциал реализации принципов адаптивной медицины в расширении арсенала аппаратных нелекарственных методов коррекции психофизиологического статуса, повышения психомоторной, умственной и физической работоспособности учащейся молодежи, лиц работоспособного возраста, спортсменов.

Так, предложенный подход, основанный на комплексных полимодальных ритмических сенсорных воздействиях, отпускаемых с учетом индивидуальных особенностей и текущего функционального состояния организма, может стать перспективной технологией повышения эффективности интеллектуальной деятельности, коррекции психофизиологических обучающихся.

Корректирующий эффект метода проявляется в позитивном влиянии на психическую сферу человека, вызывая снижение уровня тревожности и улучшение субъективного самочувствия. Воздействие на когнитивные функции головного мозга объективизировано в повышении концентрации внимания, активации оперативной памяти, некотором усилении степени вовлеченности и актуализации мозговых ресурсов при обработке поступающей информации. В результате индуцированного «сенсорного резонанса» снижается уровень психического и соматического напряжения, происходит синхронизация работы гомеостатических систем, нормализация вегетативного баланса, биоэлектрической активности мозга и межполушарных отношений, улучшение функционального состояния иммунной системы и пр.

В другой серии контролируемых исследований показана эффективность нового варианта адаптации к периодической гипоксии — интервальных гипоксических

ки-гипероксических тренировок в потенциации аэробных возможностей, физической выносливости и нормализации вегетативной регуляции и метаболических процессов у молодых людей, интенсивно занимающихся спортом, пациентов с психосоматической патологией (на примере ишемической болезни сердца).

Установлено, что применение курса процедур гипоксически-гипероксической стимуляции приводит к повышению устойчивости спортсменов с перетренированностью к острой дозированной гипоксии, устранению клинических и субъективных проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженного уровня работоспособности, оптимизации вегетативной регуляции сердца, улучшению психологического статуса.

В группе пациентов с сердечно-сосудистой патологией курс процедур повышает толерантность к физическим нагрузкам, выносливость и аэробную производительность, что сопровождалось нормализацией липидного профиля, субъективно — повышением качества жизни.

Таким образом, накопленный опыт внедрения инновационных нелекарственных восстановительных технологий, потенциально входящих в арсенал современной профилактической медицины, показывает принципиальную возможность сохранять и развивать резервы здоровья относительно здорового человека, проводить направленную реабилитацию психофизиологических функций пациентов, несмотря на неблагоприятные условия среды и психосоциальные факторы. Их применение не заменяет мощного саногенетического потенциала естественных природных факторов, общения с природой, однако может (и должно) использоваться комплементарно рекреационным средствам и техникам. А сами технологии неизбежно включаются в «пространство развития здоровья человека» как часть среды (индивидуально подобранные физические, химические, информационные факторы), вовлеченная в оздоровительную, развивающую деятельность.

#### Литература

1. Агаджанян Н.А., Уйба В.В., Куликова М.П., Кочеткова А.В. Актуальные проблемы адаптивной, экологической и восстановительной медицины. М: Медика; 2006.
2. Бобылева О.В., Глазачев О.С. Интервальные гипоксические тренировки в коррекции психофизиологического статуса студентов. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье», 2013. 1: 5—10.
3. Глазачев О.С. Укрепление здоровья человека в условиях глобального экологического неблагополучия: возможности профилактической медицины. Материалы международной конференции «Экологические проблемы глобального мира. Вестник Международной академии наук (Русская секция): Специальный выпуск, 2009. — С.132—135.
4. Глазачев О.С., Дудник Е.Н., Ярцева Л.А., Стирина Г.К., Платоненко В.И. Гипоксически-гипероксические тренировки в спорте: восстановление работоспособности и аэробной выносливости. Вестник спортивной науки. 2010; 6: 35—40.
5. Глазачев О.С., Дудник Е.Н. Медико-физиологическое обоснование применения гипоксически-гипероксических тренировок в адаптивной физической культуре. Адаптивная физическая культура, 2012; 1(49): 2—4.
6. Глазачев С. Н., Вагнер И. В., Полева М. П. Моделирование пространства формирования экологической культуры: теоретический аспект. ЭПНИ «Вестник Международной академии наук. Русская секция» (Электронный ресурс), 2011. 1: 11—16. Режим доступа: <http://www.heraldrsis.ru/online/2011/1/205/>
7. Глазачев С. Н., Вагнер И. В., Полева М. П. Педагогическое моделирование пространства развития экологической культуры. Акмеология, 2012. 1: 40—47.
8. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. М. 2003. 246с.
9. Дмитриева Н.В., Глазачев О.С. Электрофизиологические и информационные аспекты развития стресса. Успехи физиологических наук. 2005. Т. 36. 4: 57—74.
10. Леонова А.Б., Спилбергер Ч.Д., Карпова Ю.А. Шкала для оценки депрессии как состояния и устойчивой личностной черты. Психодиагностика эмоций и стресса: новые методики Ч.Д. Спилбергера. М. 2003. 145с.
11. Меерсон Ф.З. Адаптивная медицина: защитные перекрестные эффекты адаптации. М., 1993. 421 с.
12. Олейникова Е.В. Перекисное окисление липидов при адаптации организма к гипобарическим интервальным гипоксическим — гипероксическим тренировкам. В кн: Материалы 1-й Всероссийской научно-практической конференции «Физиология адаптации». Волгоград; 2008: 41—45.
13. Сазонтова Т.Г., Глазачев О.С., Болотова А.В. и др. Адаптация к гипоксии и гипероксии повышает физическую выносливость: роль активных форм кислорода и редокс-сигналикации (Экспериментально — прикладное исследование). Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2012; 98 (6): 793—807.
14. Судаков К.В. Системная организация функций человека: теоретические аспекты. Успехи физиологических наук, 2000. Т.31. 1. С.1—17.
15. Труфакин В.А., Афтанас А.И., Морозова Н.Б. Психонейроиммунологические эффекты современных психонейротехнологий в преодолении пост-

стрессорных состояний. Руководство по реабилитации лиц, подвергшихся стрессорным нагрузкам / Под ред. акад. В.И. Покровского. М.: Медицина. 2004. С.121—132.

16. Чижов А.Я., Потиевская В.И. Интервальная нормобарическая гипоксия в профилактике и лечении гипертонической болезни. М.: «Издательство РУДН» 2002; 187 с.
17. Шакула А.В., Труханов А.И., Банк В.Л. Применение аппаратно-программных комплексов полирецепторного лечебно-оздоровительного действия в восстановительной медицине. Современные технологии восстановительной медицины / Под ред. А.И.Труханова. М.: Медика. 2004. С.234—256.
18. Basovich S.N. Trends in the use of preconditioning to hypoxia for early prevention of future life diseases. *BioScience Trends*, 2013. 7(1): 23—32.
19. Burtcher M., Mairer K., Wille M., Gatterer H., Ruedl G., Faulhaber M. Short-term exposure to hypoxia for work and leisure activities in health and disease: which level of hypoxia is safe? *Sleep and Breathing*, 2012. 16. 2: 435—442.
20. Kofler W. Sustainability and some arguments for an additional approach for science for survival. International Conference on «Environment: Survival and Sustainability»: Abstracts. — Nicosia-Northern Cyprus, 2007. SS-2 «Extended view and sustainability» — p.773—774.
21. HRH The Prince of Wales: Integrated Health and Post Modern Medicine. *J. R. Soc. Med.*, 2012. 2: 1—3.
22. Li Q, Otsuka T, Kobayashi M, Wakayama Y, Inagaki H, Katsumata M, Hirata Y, Li Y, Hirata K, Shimizu T, Suzuki H, Kawada T, Kagawa T. Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011; 111(11): 2845—2853.
23. Joels M., Verkuyl J.M., Van Riel E. Hippocampal and hypothalamic function after chronic stress. *Ann. NY Acad. Sci.* 2003. 1007: 363.
24. Penny W.D., Kiebel S.J., Kilner J.M., Rugg M.D. Event-related brain dynamics. *TRENDS in Neurosci*, 2002; 25(8): 387—389.
25. Sazontova T., Arkhipenko Y. Intermittent hypoxia in resistance of cardiac membrane structures: role of reactive oxygen species and redox signalling. In: *Intermittent Hypoxia: From molecular mechanisms to clinical applications*. Eds. L.Xi and T.Serevbrovskaya. Nova Science Publishers. 2009: 113—150.
26. Tellness G. How can Nature and Culture promote Health? *Scandinavian Journal for Public Health*, 2009. 37: 559-561.
27. Urdampilleta A., González-Muniesa P., Portillo M.P., Martínez J.A. Usefulness of combining intermittent hypoxia and physical exercise in the treatment of obesity. *J. Physiol. Biochem.* 2012; 68(2): 289—304.