

ISSN 0002 – 3221

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН

**КАБАРЛАРЫ**

---

**ИЗВЕСТИЯ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БИШКЕК



2022

*ilimbasma@mail.ru*

**ИЗВЕСТИЯ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ISSN 0002–3221

**Редакционно-издательская коллегия:**

*академик М.С. Джуматаев (главный редактор)*  
*академик О. А. Тогусаков (зам. главного редактора)*  
*член-корреспондент Б. М. Дженбаев (отв. секретарь)*

*академик А. А. Акматалиев*

*академик Ж. А. Акималиев*

*академик А. А. Борубаев*

*академик Ш. Ж. Жоробекова*

*академик К. М. Жумалиев*

*академик Т. К. Койчуев*

*академик А.А. Кутанов*

*академик М. М. Мамытов*

*академик Д. К. Кудаяров*

*академик А. Э Эркебаев*

*академик И. А. Ашимов*

*академик К. Ч. Кожогулов*

*академик Р. З. Нургазиев*

*доктор филос.наук Н.К.Саралаев*

*доктор техн.наук Б.С.Султаналиев*

Журнал основан  
в 1966 г.  
Выходит 4 раза  
в год

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве  
юстиции КР  
свидетельство  
№1950

Журнал  
входит в  
систему РИНЦ  
с 2016 г.

ИЦ «Илим»  
НАН КР  
г. Бишкек  
пр. Чуй 265а

## МАЗМУНУ

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

**Джунусова Г.С.**

Адаптация, как универсальное свойство живого организма, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 8

**Айдаралиев А.А.**

Кыргызстан в мире глобальных вызовов и угроз, Международный университет Кыргызстана, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 10

**СЕКЦИЯ ГИПОКСИЯ: МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ И АДАПТАЦИИ****Бойко Е.Р.<sup>1,2</sup>, Паршукова О.И.<sup>1,2</sup>, Потолицына Н.Н.<sup>1</sup>**

Эндотелиальный ответ при кратковременной острой экспериментально индуцированной нормобарической гипоксии у человека в покое, <sup>1</sup>Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, <sup>2</sup>ФГБУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина, Сыктывкар, Россия ..... 13

**Цыганова Т.Н.**

Обоснование применения гипо-гипероксической тренировки в лечении и профилактике осложнений коронавирусной инфекции COVID-19, ООО «Селлджим-Рус», Москва, Россия ..... 17

**Зинчук В.В., Билецкая Е.С., Гуляй И.Э.**

Вклад озона в адаптационные процессы к гипоксии, Кафедра нормальной физиологии Гр ГМУ, Гродно, Беларусь ..... 23

**Бузник Г.В., Шабанов П.Д.**

Сукцинатсодержащие антигипоксиканты в лечении астенических расстройств, кафедра фармакологии ФГБВОУ «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, отдел нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия ..... 27

**Зеркалова Ю.Ф., Воротникова М.В., Зеркалова Я.И.**

Неоднородность изменений капиллярного русла разных зон надпочечников при адаптации к гипобарической гипоксии, кафедра анатомии человека ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, Россия ..... 33

**Любимов А.В., Хохлов П.П., Шабанов П.Д.**

Уровни HIF-1α в крови добровольцев в условиях 100-дневной нормобарической гипоксии, отдел нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия ..... 38

**Ключникова Е.А., Балыкина Е.С., Евстигнеева О.В., Антипов И.В., Балыкин М.В., Каркобатов Х. Дж.**

Влияние гипоксических тренировок на газообмен и транспорт кислорода у лиц пожилого возраста, кафедра АФК факультета ФКиР УлГУ, Ульяновск, Россия ..... 44

**Гананольский В.П., Матыцин В.О.**

Методика прерывистых гипоксических тренировок при подготовке альпинистов, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия ..... 48

**СЕКЦИЯ ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ****Кононец И.Е., Цопова И.А.**

Состояние лейкограммы и клеточного иммунитета у студентов-первокурсников, обучающихся в ВУЗах различных регионов Кыргызстана, кафедра фундаментальной и клинической физиологии им. С.Б. Даниярова, КГМА им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 52

**Астащенко А.П., Епихина Т.В., Волкова С.А., Дорохов Е.В.**

Изменения уровней кортизола слюны у молодых людей (студентов ВУЗа) с высокой и низкой эффективностью учебной успеваемости, кафедра нормальной физиологии ВГМУ им. Н.Н.Бурденко, Воронеж, Россия ..... 58

**Дорохов Е.В.,**

Изменение состояния регуляторных систем организма у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклиматотерапии, ВГМУ им. Н.Н.Бурденко, Воронеж, Россия ..... 63

**Мираков Р.С.**

- Особенности изменения электролитного баланса у собак с единственной оставшейся почкой в условиях низкогорья и высокогорья, кафедра урологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан ..... 73

**Семилетова В.А.**

- Влияние спелеоклиматотерапии на психософизиологические параметры человека: психологический статус, простую зрительно-моторную реакцию, кардиоритм и параметры реоэнцефалограммы, кафедра нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВГМУ, Воронеж, Россия ..... 80

**Косолапова И.В., Дорохов Е.В., Коваленко М.Э.**

- Устранение неблагоприятных условий развития системы жевательного аппарата при помощи миогимнастических упражнений, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия ..... 86

**Рашидова А.**

- Динамика содержания общего белка в тканях структур головного мозга крыс после разрушения слухового и вестибулярного аппарата, Институт физиологии им. Академика Абдулы Караева, Баку, Азербайджан ..... 90

**Турганбаева А.С.**

- Оценка связи динамики креатинкиназной системы и объемной скорости кровотока в головном мозге у кур во второй половине эмбриогенеза и в первые дни после вылупления, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 94

**Тюмонбаева Н.Б., Казыбекова А.А., Абрамова И.А., Вишневский А.А.**

- Изменение Т-звена иммунитета у горцев в зависимости от длительности проживания в низкогорье, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 99

## СЕКЦИЯ АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА В ГОРАХ И РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Prof. Dr.**

- Gustavo Zubieta-Calleja, Pneumolysis a new Covid-19 lung pathology concept born from high altitude medical practice, High Altitude Pulmonary and Pathology Institute (HAPPI-IPPA), La Paz, Bolivia ..... 103

**Максимов А.Л., Борисенко Н.С.**

- Особенности структуры показателей газообмена у высококвалифицированных спортсменов-лыжников в первые дни адаптации в среднегорье, Институт физиологии ФИЦ Коми УрО РАН ..... 105

**Шукуров Ф.А., Халимова Ф.Т.**

- Динамика типов корреляционных ритмограмм в оценке и прогнозировании адекватной адаптации к условиям высокогорья с установлением оптимальной высоты проживания, кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан ..... 111

**Джунусова Г.С., Сатаева Н.У., Ибраимов С.Б., Карыпова Б.К.**

- Адаптация центральной нервной системы человека в условиях высокогорья, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 116

**Шувалова М.С.<sup>1</sup>, Шидаков Ю.Х.<sup>1</sup>, Шаназаров А.С.<sup>2</sup>**

- Влияние черепно-мозговой травмы на состояние микроциркуляторного русла головного мозга в высокогорье, 1 кафедра терапии, лаборатория экспериментального моделирования патологических процессов КРСУ, 2Международная высшая школа медицины, Бишкек, Кыргызская Республика ..... 120

**Халимова Ф.Т., Шукуров Ф.А.**

- Статистические показатели вариативности сердечного ритма в оценке функционального состояния и адаптационных возможностей человека к высокогорью, кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан ..... 126

**Natalia Zubieta-DeUrioste**

- Covid-19 lower case fatality rate in the high altitudes cities of Bolivia, Colombia, Ecuador, Mexico, and Peru: possible physiological and environmental causes, High Altitude Pulmonary and Pathology Institute, La Paz, Bolivia ..... 132

<b>Арабова З.У.</b> Показатели гомеостаза в оценке эффективности адаптации человека к высокогорью, кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан .....	134
<b>Мельникова Н.Г.<sup>1</sup>, Шаназаров А.С.<sup>2</sup></b> Ресурсы адаптации жителей высокогорья в контексте климато-географического и личностного факторов, <sup>1</sup> Институт горной физиологии и медицины НАН КР, <sup>2</sup> Международная высшая школа медицины, Бишкек, Кыргызская Республика .....	139
<b>Садыкова Г.С.</b> Физиологические механизмы функциональных взаимоотношений гормонов щитовидной железы и катехоламинов в условиях высокогорья (3600м), Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика .....	145
<b>Кароматов И.Дж.</b> Фитотерапия и адаптация к высокогорью (обзор литературы), Бухарский государственный медицинский институт, Бухара, Республика Узбекистан .....	150
<b>Абдыганиев Н., Белов Г.В., Назиров А., Орозматов Т.Т., Ажибаев Д.А., Галаутдинов Р.Ф., Акаев К.Т.</b> Динамика морфофункциональных характеристик старшеклассников высокогорья, ОшГУ, Ош, Кыргызская Республика .....	154
<b>Сатаркулова А.М.<sup>1</sup>, Айсаева Ш.Ю.<sup>2</sup>, Алинбекова А.С.<sup>3</sup></b> Трансформация типов саморегуляции кровообращения у военнослужащих при передислокации из среднегорья в высокогорье, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Международная высшая школа медицины, Бишкек, Кыргызская Республика, АО «Национальный Медицинский Университет», Алматы, Казахстан .....	161
<b>Сатаева Н.У.</b> Адаптация подростков к условиям высокогорья на высоте 2800 м н.у.м., Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика .....	166

#### СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИОЛОГИИ И СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

<b>Джунусова Г.С.</b> Физиология как основа закрепления знаний, полученных в медицинском ВУЗе, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика .....	170
<b>Чонкоева А.А., Таалайбекова Ы.Т.</b> Использование активного метода обучения – РВЛ на начальном цикле обучения дисциплины «Нормальная физиология» в Высшей школе медицины, кафедра базисных дисциплин МВШМ, Бишкек, Кыргызская Республика .....	173
<b>Ибраимова Г.И., Айсаева Ш.Ю.</b> Комплексная оценка устойчивого развития регионов Кыргызстана, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика .....	178
<b>Сорокин А.А., Курманбакиев Ю.М.</b> Важность понятия «Доверительный интервал» в современных медицинских исследованиях, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, Кыргызская Республика .....	186
<b>Ибраева Н.И.<sup>1</sup>, Бейшеналиева У.У.<sup>1</sup>, Осмонова Б.М.<sup>1</sup>, Кадыралиев К.К.<sup>2</sup></b> 3D моделирование опорно-двигательных органов, <sup>1</sup> Нарынский государственный университет имени С.Нааматова, к.м.н., <sup>2</sup> отделение кардиологии НООБ, Нарын, Кыргызская Республика .....	190

## ДОРОГИЕ УЧАСТНИКИ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЧЕЛОВЕК И ГОРЫ»!



Разрешите приветствовать на нашей благодатной кыргызской земле, в столице Кыргызской Республики г. Бишкеке и в кладовой научных знаний в Национальной Академии наук!

Добро пожаловать!

Я приведу слова нашего великого писателя Ч.Т.Айтматова.

Мы живем в горах и среди гор в долинах...

Горы были нашей обителью. На эти же горы мы смотрим теперь иными глазами полными смысла собственного достоинства и счастья...

Наши горы, взметнувшиеся в высших точках за пределы семитысячных вершин над уровнем моря, покрыты нетронутой белизной вечных снегов, и теперь они наш национальный образ-символ, наш дух – могучая белоснежная вершина на фоне чистого просторного неба. С этих вершин, между космосом и землей раздаются ныне новые песни акынов, убыстренные радиоволнами до скорости молнии, мимо этих вершин непрерывно пролетают наши самолеты, набирая высоту, направляясь в разные концы земли, на этих вершинах, где царят холода Заполярья, заключены среди снегов наши несметные богатства – от электрического света до нежных лепестков розы...

Мы живем в горах и среди гор в долинах... С этими горами связано таинство рождения рек. Да пьющий глоток из быстрой струи речной в азиатских просторах, пусть помнит, что пьет он чистую влагу киргизских гор. Об этом начальная песня акына.

Потрясающе красивая и чистая природа Кыргызстана. Горы, составляют 94% площади Кыргызстана. От просторных долин до высокогорных ледников, путешественнику, оказавшемуся в этой по своему уникальной части Центральной Азии, откроется необычайное разнообразие ландшафтов и природных достопримечательностей.

Примечательно, что II конференция «Человек и горы» проходит в рамках 20-летия Года гор «Бишкек+20». Сегодня Вы отправитесь на Иссык-Куль – жемчужину Кыргызстана и там конференция продолжит свою работу.

Я желаю Вам интересного и полезного общения, обмена научными результатами и замечательного, прекрасного отдыха за эти несколько дней, проведенных в Кыргызстане!

*С уважением,*

**Президент Национальной академии наук КР,  
Академик Джуматаев Мурат Садырбекович**

## ДОРОГИЕ УЧАСТНИКИ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЧЕЛОВЕК И ГОРЫ», ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ!



Вот уже чуть менее 20 лет (с 2004 г.), с момента зарождения Международной высшей школы медицины мы активно сотрудничаем с Институтом горной физиологии и медицины НАН КР. Международная высшая школа медицины всесторонне поддерживает все научные направления и всячески поддерживает инфраструктуру Института горной физиологии и медицины. Ведущие сотрудники и молодые ученые института совмещают свою научную деятельность с преподаванием в нашей школе. В рамках научного сотрудничества выполняются совместные исследования «Физиологические и социально-психологические особенности студентов-иностранцев в контексте разнообразных факторов адаптационного процесса (природных, предметно-технологических, социокультурных)». В будущем мы запланировали открытие совместных научно-исследовательских лабораторий, где будущие студенты-медики могут демонстрировать свои успехи и проводить свои первые пилотные научно-исследовательские проекты.

А мы со своей стороны гордимся нашим сотрудничеством, высоким уровнем академических знаний наших коллег, научные результаты которых публикуются в ведущих научных изданиях страны и широко за рубежом.

Радует, что конференция «Человек и горы» вот уже во второй раз распаивает свои объятия для ученых-физиологов из стран СНГ и дальнего зарубежья.

Дорогие гости, мы рады, что у Вас появилась возможность познакомиться с потрясающе красивой и чистой природой Кыргызстана. Среди гор доминирует Тянь-Шань, большой горный хребет, который делит страну на северную и южную части. Наиболее густонаселенными частями страны являются широкие долины вокруг гор, такие как Чуйская долина на севере и Ферганская долина на юге. В этих районах находятся крупнейшие города Кыргызстана Бишкек и Ош. Кыргызстан знаменит ещё и тем, что здесь находится озеро Иссык-Куль – второе по величине высокогорное озеро в мире. На северном берегу Иссык-Куля расположено большое количество курортов, куда мы Вас и приглашаем – в отель «Три короны» и надеемся, что несколько дней, проведенных на Иссык-Куле надолго запомнятся Вам.

*С уважением,*

***ректор Международной высшей школы медицины,  
к.м.н., профессор Ахунбаев Сталбек Медерович***



УДК 612.8:159.9:57.017.32

## АДАПТАЦИЯ КАК УНИВЕРСАЛЬНОЕ СВОЙСТВО ЖИВОГО ОРГАНИЗМА



*Джунусова Гульнар Султановна*

*Директор Института горной физиологии и медицины НАН КР,  
Бишкек, Кыргызская Республика*

### **Добро пожаловать! Участники международной научно-практической конференции «Человек и Горы»!**

Горы обладают исключительным потенциалом развития – природно-ресурсным, экологическим и прежде всего культурным. Жизнь в сложных горных условиях сама по себе является примером адаптации человека к постоянно присутствующим рискам и угрозам как природного, так и экономического и политического характера. В условиях глобальных изменений и глобальных неопределенностей это разнообразие способов и моделей адаптации может рассматриваться как глобальный актив, требующий внимания и поддержки (Из книги Ю.П.Баденкова «Жизнь в горах»). Кто они физиологи – это ученые, исследующие механизмы функционирования здорового организма. Объектом исследования являемся все мы, практически здоровые люди, проживающие в различных климатогеографических условиях среды. Представитель каждой научной дисциплины имеет свой взгляд на вещи. Физиолог изучает механизмы жизнедеятельности человека и животных. Геолог изучает особенности геологического строения, лесник видит структуру лесной растительности и ее роль в ландшафте, эколог оценивает условия местообитания животных и растений и т.д. И тем не менее ощущение и восприятие горного ландшафта как единой социально-экологической системы формируется незаметно даже для самого исследователя. Оно не зависит от его «узкого» профессионального взгляда на тот или иной компонент ландшафта. И только со временем приходит понимание, насколько важно видеть территорию с разных позиций, глазами разных людей. Только тогда можно получить целостное представление о всей системе. А когда целью исследований является сохранение природного капитала и поддержка местного населения в их естественном стремлении к улучшению качества жизни, то главным являются взгляд и мнение местного населения о направлениях и приоритетах развития. Поэтому так важно для исследователя видеть территорию «в полном охвате» глазами человека, живущего здесь, фермера, учителя, женщины, ребенка, представителя местной власти или предпринимателя.

Адаптация есть приспособление организма или популяции в целом к изменившимся условиям среды, в основе которого заложена необходимость сохранения функций при изменении структурных связей среды, затрудняющих нормальное функционирование системы (Анохин П.К., 1975).

Нервная система и психика в значительной степени определяют возможность выживания человека как вида, поскольку обеспечивают процесс адаптации человека к условиям среды. Механизмы адаптации, выработанные в процессе эволюции, обеспечивают возможность существования организма в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. Благодаря процессу адаптации достигается оптимальное функционирование всех систем организма и сбалансированность в системе «человек – среда».

Гомеостаз – это подвижное равновесное состояние системы, сохраняемое путем ее противодействия нарушающим это равновесие внутренним и внешним факторам. Одним из центральных



основ учения о гомеостазе является представление о том, что всякая система стремится к сохранению своей стабильности. Однако жизнедеятельность организма обеспечивается не только за счет стремления к внутреннему равновесию всех систем, но и за счет постоянного учета факторов, воздействующих на этот организм извне. Дело в том, что любой живой организм существует в определенной среде. Он не может существовать вне среды, поскольку вынужден постоянно получать из внешней среды необходимые для жизни компоненты, как кислород и др. Полная изоляция живого организма от внешней среды равносильна его гибели. Поэтому живой организм, стремясь к достижению равновесия, должен одновременно приспосабливаться к условиям среды, в которой он находится. Именно это явление и определяет содержание понятия «адаптация».

Существуют и другие регуляторные механизмы, однако, для нас более важным является то, что все физиологические реакции сопровождаются определенными психическими процессами – органическими ощущениями. Следовательно, психика человека задействована не только в регуляции социального поведения, но и в регуляции состояний организма. Без участия психики, без осознания необходимости удовлетворения определенных биологических потребностей нормальное существование человеческого организма невозможно (Аткинсон Р. Л. с соавт., 1999).

Начиная с работ К. Бернара, адаптация рассматривается как совокупность динамичных образований, как соотношение между неравновесными системами. Современное представление об адаптации основывается на работах И. П. Павлова, И. М. Сеченова, П. К. Анохина, Г. Селье и др. Несмотря на наличие многочисленных определений феномена адаптации, объективно существует несколько ее основных проявлений, которые позволяют утверждать, что адаптация – это, во-первых, свойство организма, во-вторых, процесс приспособления к изменяющимся условиям среды, суть которого состоит в достижении одновременного равновесия между средой и организмом, в-третьих, результат взаимодействия в системе «человек-среда», в-четвертых, цель, к которой стремится организм.

Таким образом, можно выделить два общих подхода к рассмотрению феномена адаптации. С одной стороны, адаптация рассматривается как свойство любой живой саморегулируемой системы, обеспечивающее ее устойчивость к условиям внешней среды (что предполагает наличие определенного уровня развития адаптационных способностей). При другом подходе адаптация рассматривается как динамическое образование, как непосредственный процесс приспособления к условиям внешней среды.

Поскольку адаптация является свойством любого живого организма, данное свойство присуще и человеку. Однако человек – это не просто живой организм, а прежде всего биосоциальная система и элемент социальной макросистемы. Поэтому при рассмотрении проблем адаптации человека принято выделять три функциональных уровня: физиологический, психологический и социальный, при этом подразумевают физиологическую, психическую и социальную адаптации, а иногда и психофизиологическую и, социально-психологическую адаптацию. Более того, существуют определенные физиологические и психические механизмы, обеспечивающие процесс адаптации на всех этих уровнях.

Выделенные уровни адаптации взаимосвязаны между собой самым тесным образом, оказывая друг на друга непосредственное влияние и определяя интегральную характеристику общего уровня функционирования всех систем организма. Эта интегральная характеристика представляет собой динамичное образование, которое принято называть функциональным состоянием организма. Данное понятие, одно из центральных в современной физиологии и психологии человека, непосредственно связано с проблемой адаптации. Без понимания смысла термина «функциональное состояние» нельзя ни уяснить для себя смысл такого сложного явления, как адаптация, ни разобраться в проблеме регуляции психических состояний.

#### **Список литературы:**

1. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем/П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
2. *Аткинсон Р. Л., Аткинсон Р. С, Смит Э. Е.* и др. Введение в психологию: Учебник для университетов/Пер. с англ. под. ред. В. П. Зинченко. – М.: Тривола, 1999.

УДК 57.017.32:574.24:572.022:572.021

**КЫРГЫЗСТАН В МИРЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ И УГРОЗ*****Айдаралиев Асылбек Акматбекович***

*Академик НАН КР, декан международной школы медицины  
УНПК МУК, Бишкек, Кыргызская Республика*

Актуальных задач и новых вызовов XXI века для устойчивого развития горных регионов во всем мире более чем достаточно. В эпоху новых информационных технологий землетрясения, снежные лавины и оползни в горах по-прежнему угрожают жизни и устойчивости хозяйств.

После включения темы устойчивого развития горных районов в глобальную Повестку 21 во всем мире начался настоящий бум в горных исследованиях, направленных на разработку оптимальных моделей развития, учитывающих местный и региональный контекст – природный, культурный, экономический и геополитический. Это привело к появлению в середине 1990-х годов новой научной дисциплины – маунтологии.

В чем же суть маунтологии? Почему возникла потребность в новом подходе? Начиная с XVII века, в западной науке преобладало механистическое видение природы; горные территории рассматривались как «задник» основной театральной сцены, где всегда доминировали внешние силы». Процессы реакции и адаптации горного населения к внешним воздействиям вели к трудно предсказуемым изменениям в будущем. Например, интродукция картофеля в горных регионах Европы и Азии привела к формированию новых агроэкосистем, которые, в свою очередь, воздействовали как на природные, так и на социально-культурные ландшафты. Горные сообщества выступают одновременно и как созидатели, и как разрушители среды своего обитания.

Горное население и те, кто пытается помочь ему планировать будущее, вплотную столкнулись с проблемой глобальных изменений и не способны понять конечных ориентиров развития. Глобализация экономики добралась до самых отдаленных горных долин, и переход к современному обществу стоит на пороге многих горных сообществ. Пока не ясно, будет ли этот переход означать еще большую бедность и деградацию, либо, наоборот, возникнет стабильность. Современная наука научилась задавать правильные вопросы, но гораздо менее способна давать правильные ответы.

Огромное разнообразие локальных откликов на глобализацию мировой системы вызывает недоверие к простой теоретизации вопроса о культурных анклавах, а тезис о доминировании роли мужчины в структурах власти и управления ставится под сомнение социологическими исследованиями. Объект исследования – горные регионы не укладывается в рамки одной науки, будь то география, антропология или экология. (специфичные проблемы развития горных территорий могут быть понятны лишь в системном наборе дисциплин с их развитым инструментарием; «новое понимание проблем» определяет и способы решения реальных проблем». Каждая европейская страна, имеющая горные территории, как правило, формирует свою национальную политику по их поддержке и развитию, безусловными (фаворитами в этом являются альпийские страны Швейцария, Австрия, Италия, Франция).

Разнообразие жизни и пути развития горных сообществ позволяют сделать несколько выводов:

– Большинство горных районов по специфике природных условий, ограниченности земельных ресурсов и транспортной (информационной) доступности изначально являются в экономическом

отношении периферийными и зависимыми от более развитых равнин и городских центров. Они не могут конкурировать с ними по объемам производимой продукции и технологическим возможностям. Исключением можно считать некоторые районы Восточной Африки (Эфиопское нагорье), где в горах существуют более благоприятные климатические условия для жизни, нежели в прилегающих низменностях.

– Вне зависимости от своеобразия природных условий, культурных особенностей и истории наиболее значимые результаты в поиске путей устойчивого развития достигаются там, где местное население в партнерстве с учеными и экспертами является главным действующим лицом в решении своих проблем и выборе стратегий развития. Наиболее яркими примерами этого являются европейские Альпы и отдаленные районы

– Тесное и доверительное сотрудничество горного населения с наукой даст ощутимые позитивные результаты, что особенно важно в современных условиях глобализации и климатических изменений. Это сотрудничество сейчас не может осуществляться по старым традиционным схемам *внедрения полученного знания в практику* (модель «заказчик – исполнитель» или «продавец – покупатель»). В последние два десятилетия эта схема сменилась подходами «соучастия» и «равноправного партнерства» всех заинтересованных сторон. Появилась новая парадигма *трандисциплинарных исследований*, когда в интеграционных проектах развития участвуют не только ученые, представляющие разные научные дисциплины, но и представители всех заинтересованных сторон – от фермера, предпринимателя до чиновника (разного уровня) и представителей бизнеса.

– Особое значение науки, которая призвана исполнять роль не только обладателя знания о природе вещей, но и уметь перенести это знание на язык, доступный другим участникам и партнерам. Эту функцию науки швейцарские ученые назвали «бременем науки», которая берет на себя определенные обязательства по интеграции полученного знания в программы и проекты развития и эффективного управления ресурсами. В этом аспекте особо подчеркивается необходимость соблюдения базовых моральных принципов и этики исследований и сотрудничества.

– Роль лидеров и лидерства невозможно переоценить. Наличие компетентных и ответственных лидеров, пользующихся доверием и авторитетом среди всех участников процесса поиска путей развития, повышения уровня жизни горных общин или сохранения природного и культурного наследия, является ключевым условием разрешения проблем и достижения целей. Это одинаково важно в решении задач как регионального или даже глобального масштаба, так и на уровне деревни, кишлака, аула, природного парка или сакрального ландшафта. Изучению горных регионов посвящено огромное количество глубоких фундаментальных исследований в различных областях науки геологии и географии, геоморфологии и климатологии, гляциологии и гидрологии, биологии и экологии, истории и этнографии, экономики и социологии. Лидирующую роль в этих исследованиях занимала академия наук. Именно в комплексном ключе следует провести оценку современного состояния горных регионов страны и на основании этого подготовить аналитический обзор и рекомендации по перспективам развития всех горных регионов, как, например, это было сделано для всех горных регионов Европы в 2004 г. Это исследование будет надежной основой для формирования государственной политики по поддержке горных районов и принятия соответствующего Федерального «Горного закона». Последний (и пока единственный) такой обзор (Национальный доклад) был сделан в 1996–1997 гг. большим коллективом ученых РАН и ведущих университетов в сотрудничестве с властями 42 горных регионов России в сложный период становления новой России. С тех пор прошло 20 лет, и многое изменилось в стране и ее горных регионах. Настало время оценить эти изменения и определить место горных регионов в государственной политике регионального развития. Такое интегральное исследование станет вызовом науке и географии, прежде всего. Особые надежды возлагаются и на Университет Центральной Азии, основной целью которого является воспитание лидеров в области устойчивого развития горных регионов и горных сообществ. И здесь открываются определенные перспективы сотрудничества в области образования.

Горы обладают исключительным потенциалом развития – природно-ресурсным, экологическим и прежде всего культурным. Жизнь в сложных горных условиях сама по себе является вдохновляющим примером адаптации человека к постоянно присутствующим рискам и угрозам как природного, так и экономического и политического характера. В условиях глобальных измене-

ний и глобальных неопределенностей это разнообразие способов и моделей адаптации может рассматриваться как глобальный актив, требующий внимания и поддержки (Из книги Ю.П.Баденкова «Жизнь в горах»).

Но возможностей принять превентивные меры по минимизации их последствий неизмеримо больше, чем 100 и даже 30 лет назад. По-прежнему сохраняются нищета и изолированность горных сообществ и, что способствует их маргинализации, возникновению очагов терроризма. Поэтому все международное горное сообщество активно сотрудничает в рамках Планов действий, принятых в 2012 г. на Конференции ООН «Рио+20», в которых особое значение придается региональному и доказательному уровню исследований и инициатив.

Конференция проходит в рамках 20-летия празднования Года гор (2002 г.). Желаю успешной работы и продолжения ее работы на регулярной основе.

**Список литературы:**

1. *Баденков Ю.П.* Жизнь в горах. – М: Институт географии РАН, 2017. – 470 с.

## СЕКЦИЯ ГИПОКСИЯ: МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ И АДАПТАЦИИ

УДК 612.1:577.118

Бойко Евгений Рафаилович<sup>1,2</sup>, д.м.н., профессор  
Паршукова Ольга Ивановна<sup>1,2</sup>, к.б.н.  
Потолицына Наталья Николаевна<sup>1</sup>, к.б.н.

<sup>1</sup> Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар

<sup>2</sup> ФГБУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. П.Сорокина,  
г. Сыктывкар

### ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫЙ ОТВЕТ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ОСТРОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ИНДУЦИРОВАННОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ У ЧЕЛОВЕКА В ПОКОЕ

**Аннотация.** Обследовано 14 здоровых мужчин в покое при кратковременной выраженной острой нормобарической гипоксии (вдыхание 9% O<sub>2</sub> в азоте через маску в течение 25 мин) и раннем периоде восстановления – 15 мин. Методом статистического анализа из числа испытуемых выделены 2 группы, имеющие различия в показателях плазменного оксида азота (NOx). Показано, что у здоровых мужчин со значительно более высокими базальными уровнями оксида азота также наблюдались более высокие концентрации NOx в плазме во время гипоксического воздействия и в восстановительном периоде. У участников этой группы также был значительно более низкий уровень лактата в плазме как до, так и во время эксперимента. Сделано заключение, что при оценке лактатных показателей у лиц, находящихся в условиях кратковременной острой нормобарической гипоксии, необходимо учитывать индивидуальные уровни NOx.

**Ключевые слова:** нормобарическая гипоксия, оксид азота, лактат, человек.

### ТЫНЧ АБАЛДА АДАМДЫН КЫСКА МӨНӨТТӨГҮ КУРЧ ЭКСПЕРИМЕНТТИК НОРМОБАРДЫК ГИПОКСИЯДА ЭНДОТЕЛИАЛДЫК ЖООП

**Аннотация.** Тынч абалда 14 дени сак эркек кыска мөөнөттүү оор нормобаралык гипоксия (25 мүнөткө маска аркылуу 9% O<sub>2</sub> азоту менен дем алуу) жана 15 мүнөттүк эрте калыбына келтирүү мезгилинде изилденди. Изилденүүчүлөрдүн арасынан статистикалык талдоо методу менен плазмадагы азот кычкылынын (NOx) көрсөткүчтөрүндө айырмачылыктары бар 2 топ бөлүнгөн. Базалдык азот кычкылынын деңгээли олуттуу жогору болгон дени сак эркектерде: гипоксиянын таасири учурунда жана калыбына келтирүү мезгилинде плазмада NOx концентрациясы кыйла жогору экени аныкталган. Ошондой эле бул топтун катышуучуларында, экспериментке чейин жана анын жүрүшүндө плазмадагы лактаттын деңгээли бир кыйла төмөн болгон. Кыска мөөнөттүү курч нормобаралык гипоксиянын шарттарында адамдарда лактаттын индекстерин баалоодо плазмадагы азот кычкылынын NOx жекече деңгээлин эске алуу зарыл деген тыянак чыгарылган.

**Негизги сөздөр:** нормобариялык гипоксия, азот оксиди, лактат, адам

### ENDOTHELIAL RESPONSE DURING SHORT-TERM ACUTE EXPERIMENTALLY INDUCED NORMOBARIC HYPOXIA IN HUMANS AT REST

**Abstract.** We studied 14 healthy young men participating in an experiment that induced acute severe normobaric hypoxia at rest (breathing a hypoxic gas mixture with 9% O<sub>2</sub> by volume); the measurements occurred during 25 minutes of hypoxia and for 15 minutes of the early recovery period. Using a statistical analysis method, we divided the experimental group into 2 subgroups with different nitric oxide (NOx)



values. The healthy men with significantly higher basal NO<sub>x</sub> levels also demonstrated higher plasma NO<sub>x</sub> concentrations during the hypoxic exposure and in the recovery period. The participants in this group also had significantly lower plasma lactate levels both before and during the experiment. We assumed that individual NO levels should be taken into consideration when assessing lactate indices in subjects under short-term acute normobaric hypoxia.

**Keywords:** normobaric hypoxia, nitric oxide, lactate, human.

**Введение.** Важная роль оксид азота (NO) и его метаболитов в регуляции различных физиологических функций хорошо известна [5,9]. Предполагается, что гипоксия активирует факторы транскрипции ряда генов, в том числе eNOS [7]. Однако некоторые аспекты воздействия NO остаются неясными, особенно корреляция между уровнями NO и лактата. Острая гипоксия сопровождается накоплением лактата, что ограничивает работоспособность организма. Существует много дискуссий о «парадоксе высотного лактата» с несколькими интерпретациями и теориями. Дискуссионным аспектом во всех случаях является парадоксально низкий уровень лактата в сыворотке крови, обнаруживаемый при физических нагрузках в условиях высокогорья [11]. Имеется ряд сообщений, анализирующих взаимосвязь между лактатом и NO при патологических состояниях [1] и у здоровых людей в условиях гипоксии [6]. Тем не менее, точный механизм сосудистой реакции при острой гипоксии остается неясным. Таким образом, физиологическая роль NO при острой гипоксии до сих пор остается дискуссионной.

**Цель исследования** – определение содержания метаболитов NO и лактата в плазме здоровых людей, перенесших экспериментальную острую тяжелую нормобарическую гипоксию.

**Материал и методы исследования.** Четырнадцать здоровых мужчин в возрасте 26 (22,51; 27,52) лет (рост 178 (173; 180) см; вес 75 (71; 77) кг; индекс массы тела 23,4 (21,8; 24,3) кг/м<sup>2</sup>) без признаков или истории хронических заболеваний вызвались участвовать в этом исследовании. Все участники были ознакомлены с полным протоколом эксперимента. Добровольцы дали письменное информированное согласие на участие в исследовании и могли отказаться от него на любом этапе эксперимента. Протокол исследования рассмотрен и одобрен Этическим комитетом Института физиологии Коми НЦ УрО РАН.

Исследование проводилось утром после завтрака с низким содержанием нитратов; таким образом, все добровольцы потребляли

стандартизированную пищу. На догипоксическом этапе исследования тестируемым устанавливалась капельница с венозным катетером («TROGE», Германия). Гипоксический эффект моделировался с помощью маски, через которую испытуемые вдыхали газовую смесь, содержащую 9% кислорода в азоте. Парциальное давление кислорода в смеси было близко к таковому на высоте 6400 м над уровнем моря. Запланированное время гипоксического воздействия составляло 25 минут. Образцы крови (2,0 мл) брали из локтевой вены в пробирки с гепарином в состоянии покоя испытуемых до гипоксии (фоновые значения) и на 5-й, 10-й и 20-й минутах гипоксического воздействия (5'гип, 10'гип и 20'гип). Затем, после отключения подачи кислородно-азотной газовой смеси и возобновления дыхания испытуемых атмосферным воздухом, забор крови производили два раза: на 5-й и 15-й минутах восстановления (5'вос и 15'вос).

Уровень NO в плазме измеряли с помощью реакции Грисса, оценивая уровень стабильные метаболиты NO – NO<sub>x</sub>, включая нитриты (NO<sub>2</sub>) и нитраты (NO<sub>3</sub>). Как описано ранее в нашей статье [8]. Уровень лактата в плазме измеряли с помощью ферментативного колориметрического метода коммерческим набором «Chronolab» (ChronolabSystems, S.L. Barcelona, Испания). Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения Statistica (версия 6.0, StatSoftInc., 2001, США). Переменные представлены в виде медианы и интерквартильного диапазона (25-й и 75-й процентиля). Достоверность различий между группами оценивали с помощью критерия Манна-Уитни. Тест Фридмана использовали для анализа изменений уровней метаболитов в ходе эксперимента. Корреляции между показателями оценивали с помощью ранговой корреляции Спирмена. Значение  $p < 0,05$  принимали за статистически значимое.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Содержание NO<sub>x</sub> в ходе теста у обследованных мужчин достоверно не изменялось

( $p > 0,05$ ), несмотря на то, что на 10 и 20 мин гипоксии у некоторых испытуемых отмечались индивидуально высокие показатели. При этом уровень лактата в плазме крови имел тенденцию к увеличению после 10-й минуты гипоксического воздействия, но вариации индивидуальных уровней лактата делали это увеличение незначительным ( $p > 0,05$ ).

Физиологическая реакция на гипоксическое воздействие во многом зависит от индивидуальных особенностей исследуемых. Поэтому методом статистического анализа из

числа испытуемых были выделены 2 группы, имеющие различия в показателях плазменного оксида азота (NOx): первая группа (группа I,  $n=7$ ) имела значительно более высокие фоновые значения NOx ( $p < 0,05$ ), чем вторая группа (группа II,  $n=7$ ) (табл.). На 5-й и 10-й минутах гипоксии разница между группами становилась более выраженной ( $p < 0,01$ ). Таким образом, различия в показателе NOx в выделенных нами группах отмечались до проведения теста, и сохранялись в целом в ходе теста и при восстановлении.

**Таблица.** Показатели оксида азота и лактата в плазме крови мужчин при остром гипоксическом воздействии, (Me, 25% – 75%)

Параметры		Стадии острого гипоксического воздействия					
		Фон	5'гип	10'гип	20'гип	5'вос	15'вос
NO <sub>x</sub> , μmol/l	I	16.3* 11.8-23.3	16.6** 14.3-18.1	22.3###** 19.9-24.5	18.5* 15.4-26.7	19.9* 17.7-24.6	16.5** 16.5-19.8
	II	7.4 6.8-12.6	8.6 5.6-9.1	11.3# 10,1-15.5	9.8# 6.4-10.1	11.5# 9.6-14.4	7.2# 7.2-10.5
NO <sub>2</sub> , μmol/l	I	3.9 3.3-5.7	5.9 3.2-8.2	9.1\$ 4.9-9.4	5.1* 3.2-6.9	6.2# 5.4-8.4	3.8 2.9-7.6
	II	3.7 3.5-5.7	3.7 2.1-4.3	4.2 1.7-7.6	2.3# 1.1-3.4	3.1 1.8-6.2	2.8 1.9-4.6
NO <sub>3</sub> , μmol/l	I	8.5** 7.8-20.5	10.1** 8.6-12.8	15.7##* 11.5-17.8	12.9* 8.4-23.6	11.5 8.9-20.1	13.4** 10.6-15.7
	II	5.5 2.6-5.7	5.4 2.7-5.8	4.2 3.5-7.1	5.5 4.7-8.4	9.8 1.7-10.4	4.4 2.4-5.4
Лактат, μmol/l	I	1.4* 1.3-1.5	1.4** 1.2-1.4	1.7*# 1.5-1.9	1.7 1.5-2.0	1.4 1.3-2.0	1.4# 1.1-1.8
	II	1.8 1.7-2.1	2.0# 1.8-2.2	2.2\$ 1.8-2.2	2.2\$ 1.8-2.3	2.6 2.0-2.7	2.2 1.7-2.3

Уровни статистической значимости между группами: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$

Уровни статистической значимости, по сравнению с предыдущим этапом: # $p < 0,05$ ; ## $p < 0,01$ .

Уровни статистической значимости по сравнению с фоном: \$ $p < 0,05$

Анализ уровней лактата в крови в двух группах показал значительные различия между ними (Таблица). Фоновые значения лактата были ниже в группе I ( $p < 0,05$ ). Различия между группами оставались значимо достоверными на 5-й ( $p < 0,01$ ) и 10-й мин гипоксии ( $p < 0,05$ ). В дальнейшем на 20-й минуте гипоксического воздействия и в восстановительном периоде разница становилась статистически недостоверной; однако уровни лактата в первой группе были ниже, чем во второй.

Анализ корреляционных связей во всей исследуемой группе ( $n=14$ ) выявил значимые отрицательные связи между показателями NOx, NO<sub>3</sub> и уровнем лактата до начала гипоксии ( $r = -0,71$ ;  $p = 0,004$  и  $-0,67$   $p = 0,008$  соответственно). Этот тип корреляции также наблюдался на 5-й минуте гипоксии ( $r = -0,72$ ;  $p = 0,004$  и  $-0,63$

$p = 0,02$  соответственно), но исчезал на 10-й минуте гипоксии. В дальнейшем достоверной корреляции между этими показателями не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

Важные результаты этого исследования заключаются в том, что здоровые люди с более высоким уровнем NOx в плазме сохраняли эту более высокую концентрацию во время острой гипоксии, и что у этих субъектов также был значительно более низкий уровень лактата в крови в начале исследования и во время гипоксии. Было показано, что ингибирование продукции NO увеличивает потребление кислорода мышцами [3]. Физиологические изменения, направленные на улучшение снабжения кислородом во время гипоксии, хорошо документированы и включают увеличение вентиляции, сердечного выброса, эритропоза и васкуляризации тканей



[10]. Все эти превращения обеспечивают поддержание нормального потребления кислорода даже при достаточно тяжелой гипоксии, хотя в первые 10–15 мин может наблюдаться дефицит потребления кислорода относительно базального уровня. Однако на большой высоте, несмотря на нормальное выделение кислорода на высоте до 7000 м над уровнем моря [2], физическая работоспособность резко падает, а индивидуальные различия в уровне кислорода не коррелируют с работоспособностью. Это открытие подтверждает важность индивидуальной адаптивной реакции на тканевом уровне на низкое парциальное давление кислорода. Поскольку потребление кислорода ( $\text{VO}_2$ ) определяется взаимодействием нескольких факторов – кровотока, способности крови переносить кислород, диффузии  $\text{O}_2$  из крови в ткани, потребности в АТФ и утилизации  $\text{O}_2$  митохондриями – ясно, что влияние синтеза NO на потребление кислорода зависит от баланса между часто противоположными эффектами NO на разных уровнях.

Концентрация лактата в крови в покое определяется скоростью его образования и метаболизма, прежде всего в печени. Наши данные свидетельствуют о том, что в условиях эксперимента исходный уровень лактата перед ги-

поксическим воздействием играет существенную роль и что уровень лактата отрицательно коррелирует с величиной NOx. Корреляция между NO и лактатом была показана в предыдущих отчетах [4].

Таким образом, на наш взгляд, уровни NO и лактата в крови у здоровых людей, перенесших тяжелую острую гипоксию, отражают наличие нескольких, по крайней мере, двух, вариаций адаптивных физиологических реакций в зависимости от скорости синтеза NO. Наше исследование показывает, что здоровые мужчины, которые начинают со значительно более высокими уровнями NOx в крови во время почти критического гипоксического воздействия, сохраняют эти более высокие уровни NOx во время кратковременной гипоксии и в период восстановления. У тех же мужчин наблюдаются значительно более низкие уровни лактата в плазме, которые также остаются на более низком уровне во время воздействия гипоксии. Наши данные позволяют более точно прогнозировать физиологические реакции на острую околокритическую нормобарическую гипоксию у здоровых людей и выделять лиц, более устойчивых к острому сильному гипоксическому воздействию.

### Список литературы:

1. *Carpenter K.L., Timofeev I.* et al. Nitric oxide in acute brain injury: a pilot study of NO(x) concentrations in human brain microdialysates and their relationship with energy metabolism // *Acta Neurochir.* – 2008. – V. 102. – P. 207–213.
2. *Grocott M.P., Martin D.S.*, et al. Arterial blood gases and oxygen content in climbers on Mount Everest // *N Engl J Med.* – 2009. – V. 360. – P. 140–149. *Heinonen I., Saltin B.* et al. Skeletal muscle blood flow and oxygen uptake at rest and during exercise in humans: a pet study with nitric oxide and cyclooxygenase inhibition // *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* – 2011. – V. 300. – P. H1510–H1517.
4. *Kato G.J., McGowan V.* et al. Lactate dehydrogenase as a biomarker of hemolysis-associated nitric oxide resistance, priapism, leg ulceration, pulmonary hypertension, and death in patients with sickle cell disease // *Blood.* – 2006. – V. 107. – P. 2279–2285.
5. *Lewis N.C.S., Bain A.R., Wildfong K.W., Green D.J., Ainslie P.N.* Acute hypoxaemia and vascular function in healthy humans // *Exp Physiol.* – 2017. – V.102. – P. 1635–1646.
6. *Montoya J.J., Fernandez N.* et al. Nitric oxide-mediated relaxation to lactate of coronary circulation in the isolated perfused rat heart // *J Cardiovasc Pharmacol.* – 2011. – V.58. – P. 392–398.
7. *Murray A.J.* Metabolic adaptation of skeletal muscle to high altitude hypoxia: how new technologies could resolve the controversies // *Genome Med.* – 2009. – V. 1. – P. 117.
8. *Parshukova O.I., Varlamova N.G., Bojko E.R.* Nitric oxide production in professional skiers during physical activity at maximum load // *Front. Cardiovasc. Med. Hypertens.* – 2020. – V. 7. – P. 1–8.
9. *Pichon A., Zhenzhong B.* et al. Long-term ventilatory adaptation and ventilatory response to hypoxia in plateau pika (*Ochotona curzoniae*): role of nNOS and dopamine // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2009. – V. 297. – P. R978–R987.
10. *Sutton J.R., Reeves J.T.* et al. Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude // *J. Appl. Physiol.* – 1988. – V. 64. – P. 1309–1321.
11. *West J.B.* Point: the lactate paradox does/does not occur during exercise at high altitude // *J Appl Physiol.* – 2007. – V. 102. – P. 2398–2399.

УДК: 616.092:616.91+615.83

**Цыганова Татьяна Николаевна,**  
д.м.н., профессор  
ООО «СЕЛЛДЖИМ-РУС», г. Москва, Россия

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПО-ГИПЕРОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ В ЛЕЧЕНИИ И ПРОФИЛАКТИКЕ ОСЛОЖНЕНИЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

**Аннотация.** COVID-19 и ее возбудитель в первую очередь поражает легочные ткани и нарушает газообмен, что приводит к острому респираторному дистресс-синдрому, системной гипоксии и к повреждению легких. Известно, что для проникновения внутрь клетки легкого или кишечника вирусу COVID-19 нужны определенные условия со стороны клеточных мембран: наличие структур, которые позволяют вирусу «зацепиться» за клетку (ACE2-рецептор), белковая структура TMPRSS2. Такие коронавирусы, как SARS-CoV и SARS-CoV-2, активируются ферментом TMPRSS2 и, следовательно, ингибиторы этого фермента могут блокировать вирус. Вирус использует в качестве рецептора для входа в клетку, АПФ2 и TMPRSS2 необходим для активации вирусного S-белка. Без этих структур проникновение вируса COVID-19 в клетку невозможно. Было установлено, что активация HIF-1  $\alpha$ -сигнальный путь в условиях умеренной гипоксии будет уменьшать ACE2 и TMPRSS2 и увеличивать уровни ADAM17 на поверхности альвеолоцитов и, следовательно, уменьшать инвазивность SARS-CoV-2.

В последнее время была обоснована возможность использования новой методики: нормобарической интервальной гипо-гипероксической тренировки. На принципах, повышающих защиту от повреждающих воздействий, лежащих в обосновании механизмов действия, были сформулированы основные положения создания новой методики и нового поколения гипоксикатора, дающего не только гипоксические, но и гипероксические смеси. Интервальная гипо-гипероксическая тренировка незаменима не только в профилактике вирусной инфекции, но и в реабилитации после вирусной пневмонии, а также как метод, снижающий тяжесть протекания вирусной инфекции в случае заражения.

**Ключевые слова:** коронавирус 2 (SARSCoV-2), нормобарическая интервальная гипо-гипероксическая тренировка, адаптация, гипероксия, гипоксикатор.

## КОВИД-19 КОРОНАВИРУСУ ИНФЕКЦИЯСЫНЫН ӨТҮШҮП КЕТҮҮСҮН ДАРЫЛОО ЖАНА АЛДЫН АЛУУДА ГИПО-ГИПЕРОКСИЯЛЫК ТРЕНИНГДИ КОЛДОНУУНУ НЕГИЗДӨӨ

**Аннотация.** COVID-19 жана анын козгогучтары биринчи кезекте өпкө ткандарына таасир этет, газ алмашууну бузат, бул курч респиратордук дистресс синдромуна, системалык гипоксияга жана өпкөнүн бузулушуна алып келет. Белгилүү болгондой, өпкө же ичеги клеткасына кирүү үчүн, COVID-19 вирусу клетка мембраналарынан белгилүү бир шарттарды: вирустун клеткага «илешүүсүнө» мүмкүндүк берүүчү структуралардын болушу (ACE2 рецептору), TMPRSS2 белок структурасын талап кылат. SARS-CoV жана SARS-CoV-2 сыяктуу коронавирустар TMPRSS2 ферменти тарабынан активдештирилет, ошондуктан бул ферменттин ингибиторлору вирусту бөгөттөй алышат. Вирус клеткага кирүү үчүн рецептор катары ACE2 колдонот, ал эми TMPRSS2. вирустук S-белоктун активдешүүсү үчүн зарыл.

Бул структураларсыз COVID-19 вирусунун клеткага кириши мүмкүн эмес. Жеңил гипоксиянын шарттарында HIF-1  $\alpha$ -сигнал жолунун активдешүүсү ACE2 жана TMPRSS2 төмөндөтөт жана альвеолоциттердин бетинде ADAM17 денгээлин жогорулатат жана ошондуктан, SARS-CoV-2 инвазивдүүлүгүн азайтат.

Жакында жаңы ыкманы: нормобарикалык интервал гипо-гипероксик машыгуу, колдонуу мүмкүнчүлүгү далилденди. Зыяндуу таасирлерден коргоону, иш-аракеттердин механизмдерин

негиздөөнү күчөтүүчү принциптердин негизинде, гипоксиялык гана эмес, ошондой эле гипероксиялык аралашмаларды да берүүчү жаңы техниканы жана жаңы муундагы гипоксикаторду түзүүнүн негизги жоболору түзүлгөн.

Интервалдык гипо-гипероксиялык тренинг вирустук инфекциянын алдын алууда гана эмес, ошондой эле вирустук пневмониядан кийинки реабилитацияда, инфекция болгон учурда вирустук инфекциянын оорчулугун төмөндөтүүчү ыкма катары өтө зарыл.

**Негизги сөздөр:** коронавирус 2 (SARSCoV-2), нормобарикалык интервал гипо-гипероксиялык машыгуу, адаптация, гипероксия, гипоксикатор.

## JUSTIFICATION OF THE USE OF HYPO-HYPEROXIC TRAINING IN THE TREATMENT AND PREVENTION OF COMPLICATIONS OF COVID-19 CORONAVIRUS INFECTION

**Abstract.** COVID-19 and its causative agent primarily affects the lung tissues and disrupts gas exchange, which leads to acute respiratory distress syndrome, systemic hypoxia and lung damage. It is known that the COVID-19 virus needs certain conditions from the cell membranes to penetrate into the lung or intestinal cells: the presence of structures that allow the virus to «catch on» to the cell (ACE2 receptor), the TMPRSS2 protein structure. The TMPRSS2 enzyme activates Coronaviruses such as SARS-CoV and SARS-CoV-2 and, therefore, inhibitors of this enzyme can block the virus. The virus uses APF2 as a receptor for entering the cell, and TMPRSS2 is necessary for the activation of the viral S-protein. Without these structures, the penetration of the COVID-19 virus into the cell is impossible. It was found that activation of the HIF-1  $\alpha$ -signaling pathway under conditions of moderate hypoxia will reduce ACE2 and TMPRSS2 and increase ADAM17 levels on the surface of alveolocytes and, consequently, reduce the invasiveness of SARS-CoV-2.

**Key words:** coronavirus 2 (SARSCoV-2), normobaric interval Hypo-hyperoxic training, adaptation, hyperoxia, hypoxicator.

Высокоинфекционный вирус SARS-CoV-2 в первую очередь поражает легочные ткани и нарушает газообмен, что приводит к острому респираторному дистресс-синдрому и системной гипоксии и в первую очередь разрушается система насыщения крови, а значит, и всего организма кислородом [1,2]. Растущая смертность в мировом масштабе требует новых разработок методов лечения и профилактики последствий заражения вирусом COVID-19. В этом плане особое место должны занимать эффективные методы бронхо-легочной и сердечно-сосудистой реабилитации после перенесенной пневмонии, вызванной COVID-19.

В 2019 году важную роль в изучении патогенетического влияния гипоксии на различные функциональные системы организма сыграли исследования английских и американских ученых Уильяма Кэлина, Питера Рэтклифф и Грегга Семенза, которые впоследствии получили Нобелевскую премию по медицине за цикл исследований в области адаптации клеток к недостатку или отсутствию кислорода [3,4].

В настоящее время известно, что для проникновения внутрь клетки легкого или кишечника вирусу COVID-19 нужны определенные условия со стороны клеточных мембран: наличие ACE2-рецептора и мембрано-связанной сериновой протеазы TMPRSS2 (Transmembrane protease, serine 2), которая обеспечивает проникновение содержимого оболочки вируса в клетку и активирует вирусный S-белок пепломера. Поскольку коронавирусы SARS-CoV и SARS-CoV-2 активируются ферментом TMPRSS2, то его ингибиторы могут блокировать вирус [5]. Вирус SARS-CoV-2 использует в качестве рецептора для входа в клетку ангиотензинпревращающий фермент 2 (АПФ2 – мембранный белок, экзопептидаза) и TMPRSS2 необходим для активации вирусного S-белка пепломера. Без этих структур проникновение вируса COVID-19 в клетку невозможно. Эта аксиома может стать основой для применения гипокситерапии для профилактики и лечения последствий коронавирусных инфекций.

Т.В.Серебровской с соавт. [1] была выдвинута гипотеза о потенциальной полезности так называемого «гипоксического кондиционирования» для активации HIF-1-индуцированной цитопротекторной сигнализации (HIF-1 – *hypoxia-inducible factor-1*) с целью снижения тяжести заболевания и улучшения функций жизненно важных органов у пациентов с COVID-19. Авторы предположили, что активация HIF-1  $\alpha$ -сигнального пути в условиях умеренной гипоксии будет уменьшать активность ACE2 и TMPRSS2 и увеличивать ADAM17 (metalloproteinase 17) на поверхности альвеолоцитов и, следовательно, уменьшать инвазивность SARS-CoV-2. Напротив, белковые мишени HIF-1 $\alpha$  участвуют в тяжелой гипоксией индуцированной активации экспрессии провоспалительных цитокинов и последующем воспалительном процессе, и фазе цитокинового шторма COVID-19 [6].

Использование различных видов управляемой гипоксии в лечебных и профилактических целях имеет древнюю историю [7]. Клиническое применение контролируемой гипоксии вошло в практику, начиная с 80-х годов прошлого века, и называлась она нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка. Доказано, что этот фактор обладает выраженным терапевтическим эффектом при различных заболеваниях, сопровождающихся гипоксемией [8].

В этом плане важно подчеркнуть, что буквально недавно появилась новая клиническая дисциплина, получившая название «митохондриальной медицины», занимающаяся проблемами профилактики и лечения, первичных и вторичных митохондриальных нарушений [9,10].

Функциональные возможности различных органов и тканей, а также их регенеративный потенциал напрямую зависят от энергетического обеспечения, осуществляемого АТФ-производящими внутриклеточными органеллами, митохондриями. Известно, что при возникновении различных заболеваний, в том числе и вирусных инфекций, повреждаются митохондрии. В этом случае возникает целый каскад метаболических и энергетических нарушений, которые создают неблагоприятный патологический фон для процессов восстановления. Кроме того, митохондрии обладают сигнальной функцией, являются первичными сенсорами уровня кислорода и как только уровень кислорода

меняется, при участии этих внутриклеточных органелл, включаются механизмы адаптации.

Если меняется содержание кислорода (например, когда человек поднимается в горы), митохондрии включают вначале быстрые сигналы, затем начинают действовать более медленные механизмы адаптации. В конечном счете, через 2-3 недели пребывания в горах человек адаптируется к гипоксии. А когда он опускается на уровень моря, клетки, таким образом, уже могут использовать кислород более экономно, им надо меньше кислорода, чтобы произвести ту же работу. В то же время установлено, что при использовании метода интервальной гипогипероксической тренировки этот эффект усиливается [11].

При адаптации к периодической гипоксии повышается активность антиоксидантной системы, являющейся главной системой защиты клеточных мембран, снижается активность перекисного окисления липидов в мембранах клеток. Это приводит к уменьшению проницаемости клеточных мембран и улучшению работы ферментных систем клеток. Ученые из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обнаружили, что фермент каталаза может быть эффективен для снятия симптомов COVID-19, поскольку этот фермент способен подавлять размножение коронавируса в организме и регулировать выработку цитокинов [12]. Это помогает предотвратить цитокиновый шторм, что, в конечном счете, повышает резистентность клеток внутренней поверхности альвеол в легких.

У пациентов с бессимптомным течением коронавирусной инфекции отмечается повышенная активность ферментов антиоксидантной защиты. У этих людей наблюдается мощная ответная иммунная реакция на инфекционное начало, происходит выброс свободных радикалов, что приводит к элиминации вирусов и бактерий [13]. Но, если снижена активность супероксиддисмутазы, то возникает системная мощная воспалительная реакция по всему эндотелию, развивается микротромбоз и нарушение микроциркуляции, формируется гиперэргический системный ответ, который в конечном итоге приводит к летальному исходу. И чтобы этого не произошло, надо всего лишь наличие в клетках клетки большого антиоксидативного резерва за счет активации собственных ферментов.

В настоящее время интервальная гипоксическая тренировка широко и успешно



применяется в клинике, как в целях профилактики, так и для лечения и реабилитации множества хронических заболеваний, а также в спорте. Тем не менее, возможности этого метода используются далеко не в полной мере [14].

Известно, что горный климат полезен для здоровья, в горах люди болеют меньше и живут дольше. Начиная уже с 1952 г. по предложению академика Н.Н.Сиротинина используется адаптация к гипоксической гипоксии в горах. С конца 80-х годов стала использоваться для этой цели прерывистая нормобарическая гипоксическая терапия (ПНГ) по Р.Б.Стрелкову, или, как ее точнее назвали в 1992 г. по предложению профессора А.З.Колчинской «нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка» (ИГТ) – термин, более точно передающий механизм ее действия [14].

ИГТ успешно применяется при бронхиальной астме, хроническом бронхите, заболеваниях сердечно-сосудистой системы, аллергии, железодефицитной анемией, при лечении и реабилитации больных с хроническими неспецифическими заболеваниями женской половой сферы, профилактики осложнений беременности, подготовки к родам беременных группы высокого риска, сохранения их полноценного потомства [11]. ИГТ – эффективное средство профилактики осложнений и реабилитации после хирургических операций. Она успешно используется в эндокринологии для лечения диабета и гипотиреоза.

В легких при использовании гипокситерапии увеличивается дыхательная поверхность и количество альвеол, увеличивается масса дыхательных мышц, происходит гипертрофия нейронов дыхательного центра, в результате чего повышается эффективность вентиляционной функции легких. И.Х.Борукаевой и Т.Н.Цыгановой было проведено комплексное обследование и лечение интервальной гипоксической тренировкой и энтеральной оксигенотерапией 285 больных бронхиальной астмой [15]. Установлено, что одновременное применение адаптации к гипоксии в курсе интервальной гипоксической тренировки и энтеральной оксигенотерапии оказывает положительное влияние на состояние больных бронхиальной астмой легкой и средней степени тяжести. Это достигается, во-первых, за счет механизмов, активирующихся при применении интервальной гипоксии: улучшаются процессы альвеоляр-

ной вентиляции, бронхиальной проходимости, увеличивается доля альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, что способствовало уменьшению функционально мертвого пространства. Изменения состава и количества конденсата выдыхаемого воздуха свидетельствовали о нормализации мукоцилиарного клиренса в дыхательных путях и улучшении метаболических процессов в легочной ткани, что свидетельствовало об уменьшении гипоксии и вызвано как активацией компенсаторных реакций при применении интервальной гипоксической тренировки, так и действием оксигенотерапии на бронхиальное дерево. Комбинированный прием кислородных коктейлей и гипокситерапии привели к улучшению всех звеньев функциональной системы, что отразилось на нормализации кислородного режима организма больных. В результате нормализации показателей функциональной системы дыхания и кислородного режима организма больных бронхиальной астмой после комбинированного метода лечения улучшилось клиническое течение астмы, увеличилось время ремиссии. Таким образом, комбинированное применение интервальной гипоксической тренировки и энтеральной оксигенотерапии может успешно применяться для лечения больных бронхиальной астмой легкой и средней степени тяжести.

Итак, метод гипокситерапии не является методом лечения или профилактики какого-то специфического заболевания. Он повышает неспецифическую резистентность организма, благодаря чему достигается эффект лечения и профилактики многих заболеваний, устойчивости организма к различным неблагоприятным воздействиям, повышению физической и умственной работоспособности [14].

С 2010 года в медицинской практике стали применять интервальную гипо-гипероксическую тренировку. При этом способом достижения резистентности организма явилось применение в качестве фактора адаптации периодического воздействия газовой среды с различным уровнем кислорода как ниже, так и выше нормы, т.е. попеременное сочетание гипоксии и гипероксии. Известно, что фактором развития устойчивости организма является не только собственно действие гипоксии, но и действие перехода от гипоксии к нормоксии – к реоксигенации. При этом образуются активные формы кислорода, которые, как известно, обладают

при высоких концентрациях повреждающим эффектом [16].

Доказано, что АФК (активные формы кислорода) принимают участие в начальных этапах внутриклеточной редокс-сигналикации, запускающей передачу сигнала к клеточному ядру. В результате редокс-сигнализация приводит к насыщению клетки молекулами, повышающими ее защиту от повреждающих воздействий, причем эндогенная, т.е. сформировавшаяся в самой клетке защита гораздо эффективней внешней, с помощью экзогенных добавок. Была сформулирована концепция участия активных форм кислорода в механизмах повышения неспецифической компоненты резистентности организма при периодически действующем факторе [17]. Поступающий при адаптации к периодической гипоксии свободнорадикальный сигнал вызывает повышение резистентности клеток к действию самых различных повреждающих факторов. В этих условиях возможно усиление интенсивности свободнорадикального сигнала не за счет углубления гипоксического воздействия, а за счет добавления гипероксии. И это стало важным обоснованием в создании нового поколения гипоксикатора [18]. Выяснилось, что адаптация к сочетанному применению гипоксии и гипероксии обладает выраженным защитным эффектом и адаптационный эффект достигается значительно раньше, чем при использовании для адаптации только периодов гипоксии.

Интервальная гипо-гипероксическая тренировка является признанным, в том числе международным научным сообществом, методом повышения неспецифической резистентности организма человека и его устойчивости к различным патологическим факторам окружающей среды, в том числе инфекционным [14]. Этот немедикаментозный аппаратный метод лечения, профилактики и реабилитации применяется в нашей отечественной медицине с 1982 года. Суть метода – в дыхании газовой смесью с пониженным (от 9 до 16% O<sub>2</sub>), а затем с повышенным (до 37% содержанием кислорода) [14,18].

В настоящее время Министерством здравоохранения Российской Федерации выпущены Временные методические рекомендации

(профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции) [19]. В разделе Медицинской реабилитации 2-го этапа было рекомендовано проведение нормобарической гипокситерапии с целью насыщения тканей кислородом, увеличения органного кровотока, улучшения тканевого дыхания и уменьшения альвеолярной гипоксии с учетом противопоказаний к методу.

Для этих целей была разработана (патент № 2301686, 2007, аппарат для гипо-, гиперокситерапии [20]) установка для получения гипоксических и гипероксических газовых смесей ГИПО-ОКСИ-1 (торговая марка ОХУТERRA), который позволяет получать из окружающего воздуха как гипоксические газовые смеси с содержанием кислорода от 7 до 21% кислорода, так и гипероксические смеси (до 37% O<sub>2</sub>). Наличие дополнительных приборов – вальвометра и пульсоксиметра, вариабельности сердечного ритма, смещение сегмента ST, позволяет вести определение многих функциональных показателей: дыхательного объема, минутного объема дыхания, его частоты, максимальной вентиляции легких, частота сердечных сокращений, насыщение гемоглобина кислородом, непрерывный ЭКГ-мониторинг с анализом сегмента S-T [18].

Перечисленное позволяет предложить использовать аппарат не только для проведения ИГТ, но и в качестве диагностического прибора, позволяющего оценивать и контролировать состояние организма пациентов. В настоящее время прибор прошел практически все испытания, получено регистрационное удостоверение №2009/06438и в настоящее время налажено промышленное производство.

Таким образом, интервальная гипо-гипероксическая тренировка как эффективный неспецифический метод повышения защитных сил организма незаменима и в профилактике вирусной инфекции и в реабилитации после вирусной пневмонии, а также как метод, снижающий тяжесть протекания вирусной инфекции в случае заражения. И что очень важно, сочетанное применение гипоксии и гипероксии приводит к более выраженному насыщению крови кислородом (сатурации) и к повышению ее кислородной емкости.

**Список литературы:**

1. *Серебровская З.О., Чонг Э.Ю., Серебровская Т.В., Тумановская Л.В., Лэй Си.* Гипоксия, HIF-1 $\alpha$  и COVID-19: от патогенных факторов к потенциальным терапевтическим мишеням // *Acta Pharmacologica Sinica*. – М, 2020. – С. 1–8.
2. *Цюй Е., Ван Б., Мао Дж.*, Патогенез и лечение «Цитокин шторм» в COVID-19 // *J.Infect.*, 2020. – v. 80. – P. 607–613.
3. *Semenza G.L.* Perspectives on oxygen sensing // *Cell*, 1999. – v.98. – P. 281–284.
4. *Semenza G.L.* Signal transduction to hypoxia-inducible factor // *J. Biochem. Pharmacol.*, 2002. – v.64. – P.993–998.
5. *Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S.* et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor // *Cell*, 2020. – v.181 (2). – P. 271.
6. *Хосе Р.Дж, Мануэль А.* Цитокиновый шторм COVID-19: взаимодействие между фибрином и коагуляция // *Ланцет. Респир. Мед.*, 2020; – т.8. – e46–e47.
7. *Цыганова Т.Н.* Экскурс в развитии науки о гипоксии // *Физиотерапевт*, 2015. – №5. – С. 76–84.
8. *Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А.* Интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Медицина, 2003. – 407 с.
9. *Царегородцев А.Д., Сухоруков В.С.* Митохондриальная медицина – проблемы и задачи // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*, 2012. – т. 4(2). – С.4–12.
10. *Цыганова Т.Н., Прокопов А.Ф.* Использование метода гипо-гиперокситерапии в практике митохондриальной медицины (обзорная статья) // *Физиотерапевт*, 2016. – №3. – С. 15–22.
11. *Цыганова Т.Н.* Автоматизированный анализ эффективности и механизмы действия нормобарической интервальной гипоксической тренировки в восстановительной коррекции функциональных резервов организма. Дисс...д.м.н., М.: 2004. – 289 с.
12. Common antioxidant enzyme may provide potential treatment for COVID-19 by University of Colifornia, Los Angeles. *Advanced materials*, 09.2020.
13. *Yu J., Yu J., Mani R.S., Cao Q.* et al. An integrated network of androgen receptor, polycomb, and TMPRSS2-ERG gene fusions in prostate cancer progression. *Cancer Cell*. 2010; 17 (5): 443–449.
14. *Колчинская А.З.* Интервальная гипоксическая тренировка-эффективность, механизмы действия. – Киев, 1992. – 159 с.
15. *Борукаева И.Х., Цыганова Т.Н.* Комбинированное применение гипокситерапии и оксигенотерапии в санаторно-курортном лечении бронхиальной астмы // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*, 2012. – № 4. – С. 10–14.
16. *Сазонтова Т.Г., Анчишкина Н.А., Жукова А.Г.* и др. Роль активных форм кислорода и редоксигнализации в защитных эффектах адаптации к изменению уровня кислорода // *Фізіологічний журнал*, 2008. – т.54. – № 2. – С. 12–29.
17. *Arkhipenko Y., Vdovina I., Kostina N., Sazontova T., Glazachev O.* Adaptation to interval hypoxia-hyperoxia improves exercise tolerance in professional athletes: experimental substantiation and applied approbation // *European Scientific Journal*, 2014. – v.10. – P. 135–154.
18. *Цыганова Т.Н.* Нормобарическая интервальная гипо-гипероксическая тренировка – обоснование создания нового поколения гипоксикатора – гипокси-1 (обзорная статья) // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2019. – №1. – С.47–66.
19. Временные методические рекомендации – профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) Версия 9 (26.10.2020) Министерства здравоохранения РФ.
20. *Цыганова Т.Н., Бобровницкий И.П.* «Аппарат для гипо-, гиперокситерапии». Патент № 2301686, 2007.



УДК [612.223.12: 615.834]: 612.127]-092.4

**Зинчук Виктор Владимирович,***д.м.н., профессор,***Билецкая Елена Степановна,****Гуляй Ирина Эдвардовна***к. б. н., доцент,**Кафедра нормальной физиологии Гр ГМУ Гродно, Беларусь*

## ВКЛАД ОЗОНА В АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ К ГИПОКСИИ

**Аннотация.** Проведена оценка особенностей эритроцитарного ответа на действие озона в опытах *in vitro*. Выявлено усиление эффекта данного газа на показатели транспорта кислорода суспензии эритроцитов, который более выражен при добавлении донора газотрансмиттера монооксида азота (нитроглицерина) и не отмечается при введении сероводорода. Инкубация эритроцитарной суспензии с озоном обуславливает развитие окислительного стресса, проявляющееся ростом концентраций диеновых конъюгатов, малонового диальдегида, а также снижением активности каталазы, что свидетельствует о перегрузке механизмов антиоксидантной защиты. Нитроглицерин и гидросульфид натрия не меняют активирующего действия озона на процессы свободнорадикального окисления, однако активируют ферментативное звено антиоксидантной защиты каталазы.

**Ключевые слова:** эритроциты, озон, газотрансмиттер, монооксид азота, сероводород.

## ОЗОНДУН ГИПОКСИЯНЫН АДАПТАЦИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРИНЕ КОШКОН САЛЫМЫ

**Аннотация.** Озондун таасирине эритроциттердин жооп берүү өзгөчөлүктөрү *in vitro* эксперименттеринде бааланган. Эритроциттердин суспензиясында кычкылтек ташуу көрсөткүчтөрүнө бул газдын таасиринин жогорулашы аныкталды, ал азот оксидинин донордук газ өткөргүчүнүн (нитроглицерин) кошулушу менен көбүрөөк байкалат жана күкүрт суутектин киришинде байкалбайт. Эритроцит суспензиясынын озон менен инкубацияланышы диен конъюгаттарынын, малондиальдегиддин концентрациясынын жогорулашынан жана каталаза активдүүлүгүнүн төмөндөшүнөн көрүнүп турган кычкылдануу стрессинин өнүгүшүн шарттайт, бул антиоксиданттык коргонуу механизмдеринин ашыкча жүктөлүшүн көрсөтөт. Нитроглицерин жана натрий гидросульфиди озондун эркин радикалдык кычкылдануу процесстерине активдештирүүчү таасирин өзгөртпөйт, бирок антиоксиданттык коргонуу каталазасынын ферменттик байланышын активдештирет.

**Негизги сөздөр:** эритроциттер, озон, газ өткөргүч, азот оксиди, күкүрттүү суутек.

## CONTRIBUTION OF OZONE TO ADAPTATION PROCESSES TO HYPOXIA

**Abstract.** The evaluation of the features of the erythrocyte response to the action of ozone in experiments *in vitro* was carried out. An increase in the effect of this gas on the parameters of oxygen transport in a suspension of erythrocytes was revealed, which is more pronounced with the addition of a donor of gas-transmitter nitrogen monoxide (nitroglycerin) and is not observed with the introduction of hydrogen sulfide. Incubation of erythrocyte suspension with ozone causes the development of oxidative stress, which is manifested by an increase in the concentrations of diene conjugates, malondialdehyde, and a decrease in catalase activity, which indicates an overload of antioxidant defense mechanisms. Nitroglycerin and sodium hydrosulfide do not change the activating effect of ozone on the processes of free radical oxidation, however, they activate the enzymatic link of the antioxidant defense catalase.

**Key words:** erythrocytes, ozone, gas transmitter, nitrogen monoxide, hydrogen sulfide.

## Введение

Красные кровяные клетки участвуют в метаболизме газотрансмиттера монооксида азота (NO): его образовании и элиминации [1]. В гипоксических условиях существенным источником NO могут быть эритроциты. Кроме того, было показано, что данные клетки могут способствовать продукции сероводорода ( $H_2S$ ) [2]. Образование нитрозилгемоглобина усиливается сульфидом и показывает наличие перекрестных взаимодействий между данными газотрансмиттерами в эритроцитах [3]. Одним из факторов, влияющих на систему газотрансмиттеров, является озон ( $O_3$ ).  $O_3$  влияет на функциональное состояние организма, в частности, на систему крови [4]. Проведённые ранее нами исследования доказывают эффект озона на кислородтранспортную функцию (КТФ) крови, который ещё больше увеличивается при добавлении нитроглицерина [5]. Данный газ проявляет свои эффекты, в том числе и за счёт воздействия на NO-генерирующую систему [6]. Эритроциты выполняют важную роль в развитии окислительного стресса, влияя на биодоступность NO [7]. В связи с наличием высокоактивных оксидантов эритроциты хорошо оснащены антиоксидантными системами, в иерархии данных процессов особое место занимают газотрансмиттерные механизмы. Воздействие  $O_3$  на кровь приводит к активации процессов перекисного липидов клеточных мембран и способствует синтезу пероксида водорода [8]. Сероводород может предотвращать развитие окислительного стресса у мышей, которым вводили  $O_3$  [9]. Другой газотрансмиттер NO также участвует в восстановлении окислительно-восстановительного баланса в условиях введения озона. Ранее нами было показано, что инкубация крови с озонированным изотоническим раствором хлорида натрия приводит к увеличению содержания диеновых конъюгатов (ДК), малонового альдегида (МДА) и активности каталазы в эритроцитарной массе [10]. Однако вклад озона в процессы адаптации к гипоксии непосредственно в эритроцитарной суспензии при участии доноров газотрансмиттеров остаётся недостаточно изученным.

**Цель.** Оценить вклад озона в адаптационные процессы к гипоксии.

**Методика.** Опыты были выполнены на суспензии эритроцитов. Образцы крови ( $n=10$ ) были разделены на 4 аликвоты по 1,2 мл, ко-

торые предварительно центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 минут для разделения плазмы и эритроцитов, затем дважды промывали охлаждённым изотоническим раствором. К эритроцитарной массе добавляли озонированный изотонический раствор хлорида натрия в объёме 1 мл (в контроль без озонирования) и 0,1 мл растворов, содержащих газотрансмиттеры (в 3-ю – нитроглицерин в конечной концентрации 0,05 ммоль/л, 4-ю – гидросульфид натрия в конечной концентрации 0,38 ммоль/л), в остальные группы – изотонический раствор хлорида натрия, после чего пробы перемешивались. Время инкубации составляло 60 мин. Изотонический раствор хлорида натрия барбатируется озono-кислородной смесью, которая создавалась озонотерапевтической установкой УОТА-60-01-Медозон (Россия).

Показатели КТФ крови определяли на газоанализаторе StatProfilepHOxplusL(США) при 37°C: парциальное давление кислорода ( $pO_2$ ), степень оксигенации ( $SO_2$ ). Средство гемоглобина к кислороду (СГК) оценивали спектрофотометрическим методом по показателю  $p50_{\text{реал}}$  ( $pO_2$  крови при 50% насыщении ее кислородом). По формулам Severinghaus рассчитывали значение  $p50_{\text{станд}}$  и положение кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО).

Активность свободнорадикальных процессов оценивали по содержанию первичных (диеновых (ДК) и промежуточных (малоновый диальдегид (МДА)) продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в эритроцитарной массе. Для определения активности каталазы в гемолизатах использовали метод М. Королюк, основанный на спектрофотометрической регистрации количества окрашенного продукта реакции  $H_2O_2$  с молибденовокислым аммонием, имеющим максимальное светопоглощение при длине волны 410 нм.

Все показатели проверяли на соответствие признака закону нормального распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка. С учетом этого была использована непараметрическая статистика с применением программы «Statistica 10.0». Результаты представлены как медиана (Me), 25-й и 75-й квартильный размах. Уровень статистической значимости принимали за  $p<0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Добавление озона в эритроцитарную суспензию приводит к росту основных показателей КТФ суспензии

эритроцитов, таких как  $SO_2$ ,  $pO_2$ ,  $p50_{\text{реал}}$ ,  $p50_{\text{станд}}$  и смещению КДО вправо в сравнении с контрольной группой. Отмечается увеличение  $SO_2$  на 121,8%  $p < 0,05$ ;  $pO_2$  на 74,1%  $p < 0,05$ ; показателя СГК  $p50_{\text{реал}}$  21,43 %  $p < 0,05$ . Подобная тенденция сохраняется и по отношению к  $p50_{\text{станд}}$ . При анализе параметров кислотно-основного баланса значимых изменений не выявлено. Нитроглицерин усиливает эффект данного газа на КТФ суспензии эритроцитов в заданных условиях,  $SO_2$  и  $pO_2$  увеличиваются на 12,54%  $p < 0,05$  и на 21,04%  $p < 0,05$  соответственно по отношению к группе в которую предварительно добавлялся озон. Показатель  $p50_{\text{реал}}$  возрастает на 7,5%  $p < 0,05$  и сдвиг КДО вправо становится более выраженным. Гидросульфид натрия не оказывает подобного эффекта.

Содержание МДА в эритроцитарной суспензии при добавлении озона возрастает на 85% ( $p < 0,05$ ), ДК на 77% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой. Активность каталазы уменьшается на 44% ( $p < 0,05$ ). Добавление нитроглицерина и гидросульфида натрия приводит к увеличению активности фермента на 46 % ( $p < 0,05$ ) и на 44% ( $p < 0,05$ ) соответственно, в сравнении с группой эритроцитарная суспензия с добавлением озона. Значимых изменений показателей перекисного окисления липидов в данных группах не выявлено.

Эритроциты являются важной мишенью для действия озона в сравнении с другими форменными элементами. Данный газ улучшает доставку кислорода за счёт гексозомонофосфатного шунта, способствуя активации 2,3-дифосфоглицерат (ДФГ) мутаза, что в итоге приводит к сдвигу КДО вправо [11]. На наш взгляд, кроме данного механизма могут работать и другие, в частности, опосредованные газотрансмиттерами. Эритроциты содержат эритроцитарную NO-синтазу, которая продуцирует NO [12]. Наши данные показывают, что эффект газотрансмиттеров неоднозначен, так добавление экзогенного донора монооксида азота (нитроглицерина) усиливает влияние  $O_3$  на КТФ эритроцитарной суспензии, а гидросульфид натрия подобным эффектом не обладает. Высвобождение NO из красных кровяных клеток регулируется изменениями  $pO_2$  в крови, а наличие  $O_3$  способствует росту данного параметра.

Постоянное воздействие на эритроциты множества различных оксидантов способствует формированию у них мощной системы внутриклеточной антиоксидантной защиты. При нейтрализации которых образуется пероксид водорода, что и приводит к возрастанию активности каталазы [13], однако в наших исследованиях активность фермента снизилась, данный факт свидетельствует о перегрузке антиокислительных механизмов. В мембранной фракции эритроцитов озон, как источник кислорода, реагирует с NO, приводя к образованию сильнодействующего окислителя пероксинитрита [14]. Последующее окисление метгемоглобина пероксинитритом может привести к синтезу глобиновых радикалов, которые усиливают прооксидантную активность в эритроцитах [15].

Таким образом, полученные нами данные реализуются при участии газотрансмиттеров, в частности, NO, но не  $H_2S$ , что и демонстрируют особенности эритроцитарного ответа на действие озона на показатели КТФ, за счёт влияния на NO-продуцирующую функцию красных кровяных клеток при добавлении донора монооксида азота (нитроглицерина). Однако следует отметить, что наблюдается свободнорадикальное повреждение клеток озоном.

**Заключение.** Физиологические эффекты  $O_3$  реализуются через эритроцитарное звено, что проявляется в росте следующих показателей КТФ суспензии эритроцитов:  $pO_2$ ,  $SO_2$ ,  $p50_{\text{реал}}$  и  $p50_{\text{станд}}$ . Добавление нитроглицерина в заданных условиях приводит к усилению эффекта данного фактора на КТФ эритроцитов и более выраженному сдвигу КДО вправо, а гидросульфид натрия подобного действия не оказывает. Инкубация эритроцитарной суспензии с озонированным изотоническим раствором хлорида натрия обуславливает развитие окислительного стресса (рост ДК, МДА), снижение активности каталазы свидетельствует о перегрузке механизмов антиоксидантной защиты. Доноры газотрансмиттеров (нитроглицерин, гидросульфид натрия) не меняют активирующего действия озона на процессы свободнорадикального окисления, однако активируют ферментативное звено антиоксидантной защиты каталазу.

**Финансирование.** Осуществляется в рамках проекта ГПНИ № 30-24/549-21.

**Список литературы:**

1. *Kuhn V., Diederich L., Keller T.C.* et al. Red Blood Cell Function and Dysfunction: Redox Regulation, Nitric Oxide Metabolism, Anemia // *Antioxid Redox Signal.* – 2017 – Vol. 26, № 13. – P. 718–742.
2. *Cortese-Krott M.M.* Red Blood Cells as a «Central Hub» for Sulfide Bioactivity: Scavenging, Metabolism, Transport, and Cross-Talk with Nitric Oxide // *Antioxid Redox Signal.* – 2020. – Vol. 33, № 18. – P.1332–1349.
3. *Bianco C.L., Savitsky A., Feelisch M.* et al. Investigations on the role of hemoglobin in sulfidemetabolism by intact human red blood cells // *BiochemPharmacol.* – 2018. – Vol. 149. – P. 163–173.
4. *Lacerda A.C., Grillo R., Martins C.B.* et al. Efficacy of biostimulatory ozone therapy: Case report and literature review // *J Cosmet Dermatol.* – 2022. – Vol. 21, № 1. – P. 130–133.
5. *Зинчук В.В., Билецкая Е.С.* Особенности влияния озона на кислородзависимые процессы крови при гипоксических условиях // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 70–76.
6. *Зинчук В. В.* Эффект озона на кислородтранспортную функцию и прооксидантно-антиоксидантный баланс крови в условиях воздействия на NO-генерирующую систему в опытах *invitro* // *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова.* – 2021. – Т. 107, № 1. – С. 16–27.
7. *Kahn M.J., Maley J.H., Lasker G.F., Kadowitz P.J.* Updated role of nitric oxide in disorders of erythrocyte function // *Cardiovasc. Haematol. Disord. Drug Targets.* – 2013. – Vol. 13, № 1. – P.83–87.
8. *Coen H. Wiegman, Feng L., Bernhard R.* Oxidative Stress in Ozone-Induced Chronic Lung Inflammation and Emphysema: A Facet of Chronic Obstructive Pulmonary Disease // *Frontiers in immunology.* – Vol. 11. – 2020. – P. 1–13.
9. *Zhang P., Li F., Wiegman C.H.* et al. Inhibitory effect of hydrogen sulfide on ozone-induced airway inflammation, oxidative stress, and bronchial hyperresponsiveness // *Am J Respir Cell Mol Biol.* – 2015. – Vol. 52. – P. 129–37.
10. *Зинчук В.В., Билецкая Е.С., Гуляй И.Э.* Эффект озона на кислородтранспортную функцию и прооксидантно-антиоксидантный баланс крови в условиях воздействия на по-генерирующую систему в опытах *invitro* // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова.* – 2021– Т.107, №1. – С. 16–27.
11. *Bocsi V.* How a calculated oxidative stress can yield multiple therapeutic effects // *Free Radic Res.* – 2012. – Vol. 46, № 9. – P. 1068–1075.
12. *Kishimoto S., Maruhashi T., Kajikawa M.* et al. Hematocrit, hemoglobin and red blood cells are associated with vascular function and vascular structure in men // *Sci Rep.* – 2020. – Vol. 10, № 1. – P. 11467.
13. *Dei Zotti F., Verdoy R., Brusa D.* et al. Redox regulation of nitrosyl-hemoglobin in human erythrocytes // *Redox Biol.* – 2020. – Vol. 34. – P.101399.
14. *Dei Zotti F., Lobysheva I.I., Balligand J.L.* Nitrosyl-hemoglobin formation in rodent and human venous erythrocytes reflects NO formation from the vasculature in vivo // *PLoS One.* – 2018; – Vol. 13, №7. – P. 1–20.
15. *Rifkind J.M., Nagababu E.* Hemoglobin redox reactions and red blood cell aging // *Antioxidants Redox Signal.* 2013; – Vol. 18, №17. – P. 2274–2283.

УДК 615.21:616-035.1:616-039

**Бузник Галина Викторовна,**  
кандидат медицинских наук;

**Шабанов Петр Дмитриевич,**

доктор медицинских наук, профессор;

Кафедра фармакологии ФГБВОУ «Военно-медицинская академия  
им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, отдел нейрофармакологии  
им. С.В. Аничкова ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»,  
Санкт-Петербург, Россия

### СУКЦИНАТСОДЕРЖАЩИЕ АНТИГИПОКСАНТЫ В ЛЕЧЕНИИ АСТЕНИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

**Аннотация.** У больных с астеническими расстройствами (134 хирургических больных, перенесших сочетанную травму, 116 неврологических больных, перенесших закрытую черепно-мозговую травму, 142 больных с невротическими и связанными со стрессом расстройствами, 148 страдающих алкоголизмом) изучали клинические особенности астенического симптомокомплекса методами клинико-психологического опроса с использованием многочисленных шкал для оценки эмоционального состояния, когнитивных процессов, отношения к болезни, самочувствия, настроения и активности, с целью разделения их на подгруппы (рандомизации) и проведения фармакологической коррекции астенических проявлений с помощью сукцинатсодержащих метаболитических протекторов, обладающих свойствами антигипоксантов (мексикор, цитофлавин, метапрот плюс). Работа доказывает, что астенический симптомокомплекс подвергается редукции при назначении фармакологических веществ нейрометаболического типа действия, преимущественно содержащих в своей структуре янтарную кислоту (мексикор, цитофлавин, метапрот плюс). Эти препараты имеют преимущества в эффективности в сравнении с сукцинатнесодержащими метаболитическими протекторами (эмоксипин, рибоксин, метапрот).

**Ключевые слова:** астенический синдром, нейрометаболическая терапия, антигипоксанты, янтарная кислота.

### АСТЕНИЯЛЫК БУЗУЛУУЛАРДЫ ДАРЫЛООДО СУКЦИНАТТУУ АНТИГИПОКСАНТТАР

**Аннотация.** Астениялык бузулуулар менен ооруган бейтаптарда (кошулма жаракат алган 134 хирургиялык пациент, 116 баш мээнин жабык жаракаты бар неврологиялык пациент, 142 невротикалык жана стресске байланыштуу бузулуулар менен ооругандар, 148 алкоголизм менен ооругандар) астениялык симптомдордун комплексинин клиникалык белгилери болгон. Эмоционалдык абалды, когнитивдик процесстерди, ооруга болгон мамилени, бейпилдикти, маанайды жана активдүүлүктү баалоо үчүн көп сандаган шкалаларды колдонуу менен клиникалык-психологиялык интервью методдору менен, аларды подгруппаларга бөлүү (рандомизация) жана фармакологиялык коррекциялоо жүргүзүү, астеникалык көрүнүштөр, антигипоксанттардын касиетине ээ сукцинатты камтыган метаболитикалык коргоочулардын жардамы менен изилденет. (Mexicor, Cytoflavin, metaprot plus). Нейрометаболитикалык таасир этүүчү типтеги фармакологиялык заттар, негизинен структурасында сукцин кислотасын (Mexicor, Cytoflavin, Metaprot Plus) камтыган фармакологиялык заттар дайындалганда астениялык симптомдордун комплекси азаярын иш далилдейт.

Бул дары-дармектер сукцинатсыз метаболитикалык коргоочуларга (эмоксипин, рибоксин, метапрот) салыштырмалуу натыйжалуулугу боюнча артыкчылыктарга ээ.

**Негизги сөздөр:** астеникалык синдром, нейрометаболитикалык терапия, антигипоксанттар, янтарь кислотасы.



## SUCCINATE-CONTAINING ANTIHYPOXANTS IN THE TREATMENT OF ASTHENIC DISORDERS

**Absrtact.** In patients with asthenic disorders (134 surgical patients who had a concomitant injury, 116 neurological patients who had a closed craniocerebral injury, 142 patients with neurotic and stress-related disorders, 148 suffering from alcoholism), the clinical features of the asthenic symptom complex were studied by methods of clinical and psychological interviews with using numerous scales to assess the emotional state, cognitive processes, attitudes towards the disease, well-being, mood and activity, in order to divide them into subgroups (randomization) and carry out pharmacological correction of asthenic manifestations with the help of succinate-containing metabolic protectors that have the properties of antihypoxants (Mexicor, Cytoflavin, Metaprot plus). The work proves that the asthenic symptom complex undergoes reduction when pharmacological substances of the neurometabolic type of action are prescribed, mainly containing succinic acid in their structure (Mexicor, Cytoflavin, Metaprot plus). These drugs have advantages in efficiency in comparison with succinate-free metabolic protectors (emoxipin, riboxin, metaprot).

**Key words:** asthenic syndrome, neurometabolic therapy, antihypoxants, succinic acid.

Астенические расстройства представляют собой весьма распространенные нарушения, часто встречающиеся в клинической практике. Астения проявляется в разных клинических формах, приводя к усложнению структуры болезненного состояния, развитию не только астенических жалоб, но и многочисленными соматических, прежде всего, вегетативно-сосудистых нарушений. Это создает определенные трудности в подборе эффективных средств коррекции ее проявлений. Важно отметить, что астенические проявления (синдромы), как правило, формируются в период реконвалесценции после инфекционных болезней и экзогенных интоксикаций, нередко встречаются в исходе соматических заболеваний, травм и ранений, отмечаются при многих профессиональных заболеваниях, связанных с чрезмерными нагрузками и хроническими стрессирующими воздействиями [4, 9]. С медицинской точки зрения астения – это аномальная, спонтанная вялость, возникающая без нагрузки, продолжающаяся долго и не проходящая после отдыха [1-3, 6]. Астения изменяет физические и интеллектуальные способности человека, что существенно отражается на его активности на работе и в семейной жизни. Это часто сопровождается нарушениями сна, раздражительностью, когнитивными дисфункциями, пессимистической самооценкой, снижением мотиваций и сексуальными нарушениями. С позиций этиологии астенические состояния делят на две большие группы – физиогенные (соматогенные) и психогенные астении [2, 4].

Для лечения астенических расстройств используют различные психотерапевтические ме-

тоды, широкий спектр психофармакологических средств, главным образом транквилизирующих, антидепрессантных, иногда антипсихотических, многочисленные симптоматические средства для лечения основных заболеваний, в том числе анальгетики, антиостеопорозные, антитромботические, антигипертензивные и др. [7, 8].

В последние годы для лечения астенических состояний соматогенного и психогенного происхождения стали активно использовать препараты ноотропного типа действия [5, 8]. Среди них высокую активность проявили как классические ноотропы типа пирацетама, пиридитола, пантогама [2, 5], так и ноотропоподобные препараты (кортексин, фенибут, пирроксан, мексидол) с выраженным анксиолитическим компонентом в механизме действия [2]. Однако до настоящего времени нет общепринятых установившихся представлений о назначении подобных препаратов, дозах и продолжительности курсового лечения, предпочтительности тех или иных средств при различных формах астенического симптомокомплекса. Поэтому с клинической точки зрения важны понятные и доказательные представления о дифференцированном назначении метаботропных препаратов при той или иной форме астении (соматогенной, психогенной, адаптационной, смешанной). Именно эти соображения и легли в основу выполнения настоящей работы.

**Целью исследования** была разработка принципов рационального фармакологического дифференцированного лечения астенических расстройств разного генеза с помощью сукцинатсодержащих метаболических протекторов.

**Методы исследования.** В качестве объекта исследования были выбраны хирургические больные и пострадавшие с сочетанными травмами (n=134), больные с невротическими и связанными со стрессом расстройствами (n=142), больные, перенесшие закрытую травму головного мозга (n=116) и больные с сформировавшейся зависимостью от алкоголя (алкоголизм II стадии) в постабстинентный период (n=148).

С целью оценки астенических расстройств использовали психопатологический, анамнестический, экспериментально-психологический и психофизиологический методы обследования больных и пострадавших.

Из клинко-психологических методов применяли Айовскую шкалу астении (Iowa-FatigueScale, или IFS); опросник выраженности психопатологической симптоматики (SCL-90-R) для оценки наличия и выраженности болезненных проявлений; госпитальную шкалу Гамильтона для оценки депрессии (Hamilton psychiatric rating scale for depression, или HDS, или HAMD); шкалу тревоги Гамильтона (Hamilton anxiety scale, или НАМА); шкалу общего клинического впечатления CGI, которая включает две подшкалы – шкалу оценки степени тяжести заболева-

ния (CGI-S) и шкалу общего улучшения клинической картины заболевания (CGI-I); опросник «Мини-Мульт», представляющий собой сокращенный вариант американского Миннесотского опросника MMPI; опросник симптомов отмены; из психофизиологических методов – тест на запоминание 10 слов (для оценки когнитивного компонента по А.Р. Лурия) и теппинг-тест для оценки общей работоспособности [1–3].

Дизайн исследования представлял собой двойное слепое плацебо-контролируемое рандомизированное сравнительное исследование в парах сукцинатнесодержащих и сукцинатсодержащих препаратов (табл. 1). В ходе исследования предполагали выяснить, является ли включение янтарной кислоты в состав (структуру) препарата фактором усиления его антиастенических свойств или же оно нейтрально [10]. Все препараты по механизму действия относятся к средствам метаболического типа действия (метаболическим активаторам). Для сравнения формировали две группы активного контроля, включающего плацебо (получавшие внутримышечно раствор или внутрь таблетки или капсулы), повторяющего форму исследуемого препарата.

**Таблица 1.** Характеристика фармакологических препаратов

Химическое или международное непатентованное название	Торговое название	Производитель	Лекарственная форма	Кратность введения
Метилэтилпиридинол	Эмоксипин	ООО МЦ «Эллара», Москва, Россия	1%-ный раствор по 2 мл в/м	1 раз в сутки
Этилметилгидроксипиридина сукцинат	Мексикор	ООО МЦ «Эллара», Москва, Россия	5%-ный раствор по 2 мл в/м	1 раз в сутки
Инозин (гипоксантина нуклеозид)	Рибоксин	ПАО «Биосинтез», Пенза, Россия	табл по 0,02 г	2 раза в день
Янтарная кислота +инозин + никотинамид +рибофлавин +N-метилглюкамин	Цитофлавин	ООО НПФФ «Полисан» (Санкт-Петербург, Россия)	табл по 0,38 мг	2 раза в день
Этилтиобензимидазола гидробромид	Метапрот	ЗАО «Сотекс», Москва, Россия	капс по 0,25 г	2 раза в день
Этилтиобензимидазола гидробромид + янтарная кислота	Метапрот плюс	ООО НПФ «Антивирал», Санкт-Петербург, Россия	капс по 0,175 г	2 раза в день



Курс назначения препаратов (эмоксипин/мексикор, рибоксин/цитофлавин и метапрот/метапрот плюс и плацебо) составлял 15 дней.

Все больные разделены на группы не менее 13-15 человек в каждой, получавших различные схемы лечения в соответствии с протоколом клинических исследований.

Эффективность препаратов в ходе исследования оценивали по динамике показателей клинико-психологических шкал, анализа показателей опросника побочной симптоматики, а также лабораторных показателей оксидантного и антиоксидантного статуса.

**Результаты исследования.** В результате проведенных исследований получены новые данные о развитии астенического симптомокомплекса у разных категорий больных и пострадавших (перенесших сочетанную травму, закрытую черепно-мозговую травму, с невротическими и связанными со стрессом расстройствами, страдающих алкоголизмом), который проявляются повышенной тревожностью, депрессивностью, психической и физической утомляемостью, слабостью, рассеянностью, расщепленностью внимания, снижением физической и умственной работоспособности, потребностью в значительном отдыхе, высокой психической истощаемостью, нарушениями социальной адаптации. Доказано, что все астенические расстройства требуют лечения, независимо от основного заболевания. Наиболее типична клиническая картина астенического синдрома для пострадавших с сочетанными травмами. У них выявлена прямая зависимость выраженности астенических нарушений от степени тяжести травмы и степени тяжести соматического состояния, что связано с истощением энергетического ресурса вследствие полученных травм.

Структурирование астенического симптомокомплекса у каждого больного зависело от ряда факторов, основными из которых были травматическое воздействие, общесоматическое состояние, а также преморбидные черты личности. Основными клиническими вариантами расстройств астенического спектра у пострадавших с сочетанными травмами являются: астено-депрессивный, тревожно-астенический, астеноэйфорический, астеноипохондрический, астенодинамический и астено-сенситивный. Проведенный клинико-психологические исследования подтвердили основные клинические

варианты астенического симптомокомплекса и позволили выделить два клинических варианта (формы): 1) гиперстеническую, для которой типичны преимущественно тревожность, неустойчивость аффективных проявлений, конфликтность, суетливость, высокая психическая и физическая истощаемость, и 2) гипостеническую, которая характеризуется пассивностью, безынициативностью, вялостью и однообразием эмоциональных проявлений, двигательной и идеаторной заторможенностью. Данное разделение было важно для проведения фармакологической коррекции препаратами метаболического типа действия.

Метаболические протекторы, содержащие (мексикор, цитофлавин, метапрот плюс) или не содержащие (эмоксипин, рибоксин, метапрот) сукцинат в своей структуре, проявляли достаточно высокую клиническую эффективность в устранении либо уменьшении астенического симптомокомплекса у всех изученных категорий больных. В большинстве своем было показано, что антиастеническое действие наиболее выражено при курсовом (2-недельном) назначении сукцинатсодержащих препаратов (цитофлавин, метапрот плюс, мексикор) в сравнении с сукцинатнесодержащими метаболическими протекторами (эмоксипин, рибоксин, метапрот). Оно проявлялось собственно противоастеническим, антидепрессантным, противотревожным, ноотропоподобным (когнитивным) и положительным общесоматическим действием препаратов.

Такой тип действия сохранялся для хирургических больных, перенесших сочетанную травму либо закрытую изолированную травму головного мозга. У больных с невротическими и связанными со стрессом расстройствами антиастеническую активность проявляли как классические анксиолитики (феназепам), так и метаболические протекторы, в основном сукцинатсодержащие препараты (мексикор, цитофлавин и метапрот плюс), которые нормализовали и общесоматические симптомы (уменьшали слабость, истощаемость, проявления вегетативной дисфункции, улучшали настроение и сон) и нервно-психические нарушения (уменьшали obsessions, тревогу, депрессивность и психотические симптомы). У больных со сформированной зависимостью от алкоголя (алкоголизмом II стадии) антиастеническое действие сукцинатсодержащих препаратов (мексикор,

цитофлавин и метапрот плюс), помимо общесоматического и нервно-психического компонентов, проявлялось значительным (на 68-76%) снижением мотивации употребления алкоголя.

Крайне важно, что сукцинатсодержащие препараты (мексикор, цитофлавин и метапрот плюс) эффективны не только как средства клинической поддержки разных категорий больных с астеническим симптомокомплексом, но и как средства профилактики потенциальных астенических расстройств у категорий здоровых лиц в период чрезмерных нагрузок. Так, у спортсменов высоких достижений при выраженных (субмаксимальных) нагрузках в межсоревновательный период сукцинатсодержащие препараты (мексикор, цитофлавин и метапрот плюс), назначаемые коротким курсом (2 недели), способствовали быстрому восстановлению сниженных функциональных показателей, вызванных повышенными физическими и нервно-психическими нагрузками (перетренированностью). Важно, что для контроля эффективности лечения астенических проявлений у разных категорий больных и здоровых лиц при чрезмерных нагрузках можно использовать простые биохимические тесты, оценивающие динамику перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантных систем в крови. В процессе лечения метаболическими протекторами показатели перекисного окисления липидов (содержание диеновых конъюгатов и малонового диальдегида), как правило, снижаются, а активность антиокислительных систем (активность супероксиддисмутазы, уровень восстановленного глутатиона) повышается, что позволяет расценить указанные показатели как адекватные маркеры редукции астенического состояния больных [5].

#### Список литературы:

1. Бузник, Г.В. Сравнение эффективности лечения астенических нарушений вследствие невротических и связанных со стрессом расстройств феназепамом и сукцинатсодержащими метаболическими протекторами / Г.В. Бузник, П.Д. Шабанов // Вестник Смоленской гос. мед. академии. 2020. Т.17, №3. С.31–40.
2. Бузник, Г.В. Фармакологическая реабилитация больных алкоголизмом в постабстинентном периоде метаболическими средствами, содержащими и не содержащими сукцинат / Г.В. Бузник, В.В. Востриков, П.Д. Шабанов // Вестник Смоленской гос. мед. академии. 2020. Т.17, №4. С.25–34.
3. Бузник, Г.В. Фармакотерапия нарушений астенического спектра у хирургических пациентов и пострадавших с сочетанными травмами с помощью сукцинатсодержащих препаратов / Г.В. Бузник, П.Д. Шабанов // Вестник Смоленской гос. мед. академии. 2020. Т.17, №3. С.17–30.
4. Родичкин П.В. Эффективность профессиональной деятельности спортсменов в зависимости от полиморфизма генов регуляторов метаболизма и фармакологической поддержки / П.В. Родичкин, Г.В. Бузник,

**Заключение.** Полученные результаты позволяют привлечь внимание специалистов к астеническому симптомокомплексу, развивающемуся у разных категорий больных (перенесших сочетанную травму, закрытую черепно-мозговую травму, с невротическими и связанными со стрессом расстройствами, страдающих алкоголизмом). Астенические нарушения, как правило, не лечат фармакологически, несмотря на их важность и широкую представленность в клиническом статусе больных (более 60% пациентов имеют жалобы на астенические проявления). В то же время, в структуре многих болезней они утяжеляют их течение и требуют внимания и решения с помощью назначения средств метаболической терапии. Итак, клинически целесообразно выделять астенический симптомокомплекс в качестве терапевтической мишени для улучшения психического и соматического здоровья пациента. Работа доказывает, что астенический симптомокомплекс подвергается редукции при назначении фармакологических веществ нейрометаболического типа действия, преимущественно содержащих в своей структуре янтарную кислоту (мексикор, цитофлавин, метапрот плюс). Эти препараты имеют преимущества в эффективности в сравнении с сукцинатнесодержащими метаболическими протекторами (эмоксипин, рибоксин, метапрот). Исходя из полученных данных, курс лечения сукцинатсодержащими метаболическими протекторами должен составлять не менее 2-3-х недель, в течение которых разворачивается положительное терапевтическое действие данных препаратов. Данные препараты могут назначаться как в госпитальном, так и в амбулаторном звене. При этом допустим как парентеральный, так и пероральный способ введения препаратов нейрометаболического типа действия.

А.О. Пятибрат, П.Д. Шабанов // Теория и практика физич. культуры. 2018. № 8. С.24-27 [Rodichkin, P.V. Professional athletic performance efficiency versus metabolism controlling gene polymorphism and pharmacological support / P.V. Rodichkin, G.V. Buznik, A.O. Pyatibrat, P.D. Shabanov // Theory and Practice of Physical Culture. 2018. N8. P.7].

5. Шабанов П.Д. Фармакотерапия астенического синдрома средствами метаболической терапии: рекомендации для врачей / П.Д. Шабанов, Г.В. Бузник, А.А. Байрамов. СПб.: ВМедА, 2020. 56 с.

6. Fernández, A.A. Chronic fatigue syndrome: aetiology, diagnosis and treatment / A.A. Fernández, Á.P. Martín, M.I. Martínez et al. // BMC Psychiatry. –2009. – Vol. 9, Suppl. 1. – P. S1.

7. Larun, L. Exercise therapy for chronic fatigue syndrome (individual patient data) / L. Larun, J. Odgaard-Jensen, K.G. Brurberg et al. // Cochrane Database Syst. Rev. – 2018. – Vol. 2018, N 12. – CD011040.

8. Voronina, T.A. Combined administration of mexidol with known medicines / T.A. Voronina, E.A. Ivanova // Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova. – 2019. – Vol. 119, N 4. – P. 115–124.

9. Xiao, Z. Efficacy and safety of Jianpishengsui for chemotherapy-related fatigue in patients with non-small cell lung cancer: study protocol for a randomized placebo-controlled clinical trial / Z. Xiao, L. Hu, J. Lin et al. // Trials. – 2020. – Vol. 21. – P. 94.

10. Zarubina, I. V. Antihypoxic and antioxidant effects of exogenous succinic acid and aminothioli succinate-containing antihypoxants / I.V. Zarubina, M.V. Lukk, P.D. Shabanov// Bull. Exp. Biol. Med. – 2012. – Vol. 153, N 3. – P. 336–339.

УДК 616.16-008:611.451:312.273.2

**Зеркалова Юлия Феликсовна,***к.м.н.***Воротникова Марина Вячеславовна,***к.б.н.***Зеркалова Яна Игоревна***Кафедра анатомии человека,**ФГБОУ ВО «Ульяновский Государственный университет»,**Ульяновск, Россия*

## **НЕОДНОРОДНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ КАПИЛЛЯРНОГО РУСЛА РАЗНЫХ ЗОН НАДПОЧЕЧНИКОВ ПРИ АДАПТАЦИИ К ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ**

**Аннотация.** Исследование проводилось на лабораторных крысах-самцах. Гипобарическая гипоксия моделировалась путем разрежения воздуха в барокамере, имитирующей подъемы на высоту 6000–6500 м над ур.м. Гипоксические воздействия на организм проводились в течение 1,3,7,15,30 суток. Установлено, что на всем протяжении эксперимента морфометрические показатели интраогранного микрогемодикуляторного русла надпочечников повышены во всех зонах коры и в мозговом веществе, но наибольшие изменения претерпевает сосудистое русло в пучковой и сетчатой зонах, что свидетельствует о наличии зональности в реакции органа на кислородное голодание тканей.

**Ключевые слова:** гипобарическая гипоксия, крысы, адаптация, надпочечник, капилляры.

## **ГИПОБАРДЫК ГИПОКСИЯГА КӨНУГҮҮДӨ БӨЙРӨК ҮСТҮНДӨГҮ БЕЗДЕРДИН АР КАНДАЙ ЗОНАЛАРЫНДАГЫ КАПИЛЛЯРДЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮНҮН ГЕТЕРОГЕНДУҮЛҮГҮ**

**Аннотация.** Изилдөө лабораториялык эркек келемиштерде жүргүзүлгөн. Гипобардык гипоксия деңиз деңгээлинен 6000–6500 м бийиктикке көтөрүлүүнү симуляциялоочу барокамерада абанын сейректендирүү менен модели түзүлгөн. Организмге гипоксиялык таасир 1,3,7,15,30 күн бою жүргүзүлгөн. Бүткүл эксперименттин жүрүшүндө бөйрөк үстүндөгү бездердин интраограникалык микрогемодикулятордук бөлүгүнүн морфометриялык параметрлери кыртыштын бардык аймактарында жана мээ кабыгында жогорулай тургандыгы аныкталган, бирок кан тамыр катмары фасцикулярдык жана ретикулярдык зоналарда эң чоң өзгөрүүлөргө дуушар болоору ткандардын кычкылтек ачарчылыгына органдын реакциясында райондоштуруунун бар экендигин күбөлөндүрөт.

**Негизги сөздөр:** гипобариялык гипоксия, келемиштер, адаптация, бөйрөк үстүндөгү без, капиллярлар.

## **HETEROGENEITY OF CHANGES IN THE CAPILLARY BED OF DIFFERENT AREAS OF THE ADRENAL GLANDS DURING ADAPTATION TO HYPOBARIC HYPOXIA**

**Abstract.** The study was conducted on male laboratory rats. Hypobaric hypoxia was modeled by rarefaction of air in a pressure chamber simulating ascents to a height of 6000-6500 m above sea level. Hypoxic effects on the body were carried out for 1,3,7,15,30 days. It was found that throughout the experiment, the morphometric parameters of the intra-border microhemocirculatory bed of the adrenal glands were increased in all areas of the cortex and in the medulla, but the vascular bed in the bundle and mesh zones underwent the greatest changes, which indicates the presence of zonality in the organ's response to oxygen starvation of tissues.

**Key words:** hypobaric hypoxia, rats, adaptation, adrenal gland, capillaries.

При действии гипоксии в организме человека и животных развиваются адаптивно- приспособительные реакции в органах и тканях, проявляющиеся гипо- или гиперфункцией и направленные на сохранение гомеостаза [1,2,3,5,6,9]. При действии стрессовых факторов "самые ранние проявления выявляются именно в изменении сосудистых реакций" [7]. Важную роль в кислородном обеспечении тканей играет состояние капилляров, где происходят обменные процессы [8]. В зависимости от уровня метаболических процессов, использования тканями кислорода, неодинаковой чувствительности к его дефициту, надпочечники занимают 6 место после сердца, легких, печени, почек, щитовидной железы. Исследования состояния надпочечников при гипоксии многочисленны, но в большей степени они носили описательный характер с констатацией изменения веса и толщины слоев. Вопросы, касающиеся изменения микроциркуляторного русла этой железы при гипоксической гипоксии, остаются мало изученными.

Авторами проведен сравнительный анализ изменений капилляров коры и мозгового вещества надпочечников при воздействии интервальных гипоксических тренировок. Именно такие кратковременные нагрузки на организм приводят к более быстрому формированию адаптивных процессов.

Исходя из этого, была поставлена **цель исследования**: изучить изменения капилляров разных зон надпочечников при воздействии гипобарической гипоксии.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводились на белых, беспородных, половозрелых лабораторных крысах-самцах массой 180–200 грамм. Животные были разделены на 6 групп: контрольная и пять экспериментальных, которые подвергались гипобарическому воздействию в течение 1,3,7,15 и 30-ти суток. Гипобарическая гипоксия моделировалась путем разрежения воздуха в барокамере, имитирующей подъемы на высоту 6000–6500 м над ур.м. по схеме: 5 минут – «подъем», 1 минута – пребывание на высоте, 5 минут – «спуск», 5 минут – отдых. По срокам эксперимента в течение 2–5 минут под эфирным наркозом через левый желудочек сердца осуществлялось прижизненное инъекционное кровеносное русло водной взвесью черной туши в разведении 1:1 [4]. После эвта-

назии брали образцы надпочечников, которые фиксировали в 10%-м нейтральном формалине с последующей концентрации и заключением в парафин. Из этого материала готовились просветленные гистологические препараты, на которых подсчитывали количество и диаметр капилляров, суммарную площадь сосудов и железистой ткани, а также индекс васкуляризации по формуле  $Ss/Sv$ , (где  $Ss$ -суммарная площадь железистой ткани,  $Sv$ -суммарная площадь сосудов). Измерения проводились с использованием окуляра- микрометра и сетки Автандилова.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В контрольной группе интраоргано микроциркуляторное русло клубочковой зоны надпочечников представлено капиллярами, диаметр которых составляет  $5,87 \pm 0,12$  мкм, а численная плотность сосудов  $74,07 \pm 1,71$  мм<sup>2</sup>. В пучковой зоне капилляры значительно шире, отличаются прямолинейным ходом, диаметр равен  $9,53 \pm 0,17$  мкм, численная плотность их составляет  $63,90 \pm 2,83$  мм<sup>2</sup>. В сетчатой зоне капилляры отличаются меньшим диаметром, чем в пучковой ( $8,34 \pm 0,30$  мкм), сосудистый рисунок имеет вид мелкопетливой сети с ячейками полигональной или округлой формы. Численная плотность капилляров составляет  $95,65 \pm 3,43$  мм<sup>2</sup>. Капилляры мозгового вещества имеют диаметр  $10,77 \pm 0,14$  мкм, и наименьшую численную плотность по сравнению с таковой в других зонах надпочечника. Что касается индекса васкуляризации, то он также самый высокий в мозговом веществе, меньше – в пучковой зоне, и еще меньше- в сетчатой и клубочковой зонах (табл.1). Таким образом, различные зоны надпочечников отличаются разной степенью васкуляризации.

В 1-е сутки гипоксических тренировок в клубочковой зоне капилляры по отношению к контролю отличаются достоверным уменьшением просвета, количество функционирующих капилляров было близким к контролю, индекс васкуляризации не отличается от исходного уровня (табл.1). В пучковой зоне отмечается тенденция увеличения просвета капилляров, их численной плотности, но эти показатели не имели достоверных различий по отношению к исходному уровню. В сетчатой зоне, в отличие от клубочковой и пучковой, наблюдается достоверное увеличение числа функционирующих капилляров (на 13,6%), хотя диаметр капилляров не отличается от контрольной



группы. Соответственно увеличение численной плотности капилляров имеет достоверное различие против контроля и индекс васкуляризации (на 17,5%). В мозговом веществе картина МЦР отличается от коркового вещества железы по динамике своих показателей. Просветы капилляров значительно расширены (на 12,0%), местами с неровными контурами, видны экстравазаты и лакуны, заполненные тушью. Что касается количества функционирующих капилляров, то оно ниже, но достоверно не отличается от контроля ( $p > 0,05$ ).

После 3-х суток гипоксических тренировок обращает на себя внимание однонаправленная динамика увеличения показателей МЦР, что проявляется усилением полнокровия в корковом и мозговом веществе (табл.1).

На 7-е сутки гипоксических тренировок ангиоархитектоника надпочечников характеризуется усилением кровенаполнения, но не в равной степени в различных зонах органа. Картина изменений МЦР клубочковой зоны мало отличалась от предыдущего срока. Отсутствует достоверное отличие от контроля по диаметру капилляров, но возрастает число функционирующих капилляров, индекс васкуляризации увеличен по сравнению с контролем. В пучковой зоне изменения носят более выраженный характер. Величина просвета капилляров превышает контроль на 16,5%. Количество функционирующих капилляров превышает контроль на 58,1%, а индекс васкуляризации – на 25,5%. В сетчатой зоне отмечены признаки значительного кровенаполнения. Диаметр капилляров отличается достоверно не только от контроля (на 36,2%), но и от предыдущего срока наблюдения. Количество функционирующих сосудов превышает контроль на 49,9%, увеличен индекс васкуляризации (на 55,0%). В мозговом веществе картина полнокровия более выражена. Синусоидные капилляры максимально расширены по сравнению со всеми

сроками эксперимента. Численная плотность капилляров превышает контроль на 60,4%. Индекс васкуляризации был максимальным с начала эксперимента (табл.1).

К 15-му дню гипоксических тренировок сохраняется динамика увеличения численности капилляров и их диаметра во всех зонах коры надпочечника. Для мозгового вещества надпочечников выявлена тенденция уменьшения диаметра капилляров, но он превышает контроль на 20,8%. Численная плотность капилляров, наоборот, несколько больше предыдущего срока, отличаясь от контроля на 84,9%.

К 30-му дню гипоксического воздействия большая часть морфометрических показателей по отдельным зонам надпочечников не отличаются от таковых предыдущего срока или характеризуются тенденцией к снижению. Наблюдается тенденция уменьшения диаметра капилляров, но численная плотность их, особенно в пучковой (на 93,8%) и сетчатой (на 56,6%) зонах, остается значительно увеличенной.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что перестройка МЦР в разных зонах коры и мозговом веществе начинается уже с 3-х суток гипоксических тренировок и характеризуется увеличением кровенаполнения надпочечников, как за счет расширения капилляров, так и за счет увеличения их численной плотности. Увеличение этих показателей достигает максимума к 15-ти суточному сроку эксперимента с последующей стабилизацией на новом уровне. Наибольшие изменения претерпевает сосудистое русло в пучковой и сетчатой зонах, где больше всего отмечается увеличение функционирующих сосудов, что, возможно, и обеспечивает высокую активность клеток этих зон, участвующих в регуляции обменных процессов и формировании адаптивных реакций организма при действии гипобарической гипоксии.

Таблица 1

**Морфометрические показатели микрогемодиализаторного русла надпочечников  
при адаптации животных к гипоксическому воздействию (M±m)**

Зона железы	Показатели	Контроль	Сроки эксперимента (в сутках)				
			1	3	7	15	30
Клубочковая	Диаметр капилляров (мкм)	5,87± 0,12	5,33±0,13*	6,05±0,21	6,14±0,19	6,24±0,09*	6,15±0,08
	Численная плотность капилляров (мм <sup>2</sup> )	74,17±1,71	73,68±1,59	75,07±0,94	79,88±1,84*	84,83±2,35*	86,64±2,43*
	Индекс васкуляризации	0,39±0,02	0,37±0,02	0,40±0,03	0,44±0,01*	0,46±0,02*	0,46±0,01*
Пучковая	Диаметр капилляров (мкм)	9,53±0,17	9,82±0,23	10,60±0,09*	11,10±0,08*	11,56±0,28*	11,08±0,30*
	Численная плотность капилляров (мм <sup>2</sup> )	63,90±2,83	71,42±2,59	82,28±3,52*	101,05±4,74*	122,67±8,34*	123,88±9,21*
	Индекс васкуляризации	0,47±0,03	0,49±0,02	0,52±0,01	0,59±0,03*	0,68±0,05*	0,64±0,03*
Сетчатая	Диаметр капилляров (мкм)	8,34± 0,30	8,51± 0,12	9,50± 0,24*	11,36±0,18*	11,60± 0,25*	11,26± 0,22*
	Численная плотность капилляров (мм <sup>2</sup> )	95,65± 3,43	108,63± 1,80*	135,68± 4,04*	143,38± 8,06*	148,57± 7,75*	149,84± 8,93*
	Индекс васкуляризации	0,40±0,02	0,47±0,01*	0,50±0,02*	0,62±0,04*	0,70±0,05*	0,67±0,03*
Мозговое вещество	Диаметр капилляров (мкм)	10,77± 0,14	12,07±0,16*	11,64± 0,31*	13,86± 0,21*	13,01± 0,32*	11,53± 0,16*
	Численная плотность капилляров (мм <sup>2</sup> )	42,63± 1,83	40,05± 0,97	53,15±2,15*	68,41± 2,56*	78,84± 3,51*	72,53± 4,17*
	Индекс васкуляризации	0,60±0,01	0,63±0,02	0,65±0,01*	0,82±0,04*	0,74±0,03*	0,68±0,01*

Примечание: \* – достоверное различие показателей по отношению к контролю (p<0,05)



**Выводы.**

Таким образом, при действии прерывистой барокамерной гипоксии в надпочечниках имеет место стабильное увеличение притока крови, за счет расширения просвета капилляров и увеличения их численности, что свидетельствует о высокой реактивности звеньев микроциркуля-

торного русла органа. Капилляры разных зон надпочечников реагируют неоднозначной реакцией, что, возможно, обусловлено различным кислородным запросом клеток и механизмами регуляции обменных процессов при адаптации к тканевой гипоксии.

**Список литературы:**

1. Балыкин М.В., Тарарак Т.Я., Воротникова М.В., Зеркалова Ю.Ф., Васильева Н.А. Влияние прерывистой гипоксии на газовый состав и кислотно-основное состояние крови // Достижения биологической физиологии и их место в практике образования: тез. докл. Всеросс. конф. с междунар. участием. – Самара. – 2003. – С.28.
2. Балыкин М.В., Каркобатов Х.Д. Системные и органые механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2012. – Т.98. – №1. – С 127–136
3. Зарубина И. В. Современные представления о патогенезе гипоксии и ее фармакологической коррекции // Обзоры по клин. фармакол. и лек. терапии. – 2011. – Т.9, №3 – С.31–48.
4. Катинас Г.С., Полонский Ю.З. К методике анализа количественных показателей в цитологию // Цитология. – 1970. – Т.12. – №3. – С.399–403
5. Адаптация к гипобарической и нормобарической гипоксии, лечебное и тренирующее действие к гипобарической гипоксии / Под ред А. З. Колчинской. – М. – Нальчик: изд-во КБНЦ РАН, 2001. – 75 с.
6. Пиенникова М. Г. Феномен стресса, эмоциональный стресс и его роль в патологии // Актуальные проблемы патофизиологии (избранные лекции). – М.: Медицина, 2000. – С.220–241.
7. Струков А.И., Аруин Л.И. Изменения коры надпочечников при некоторых патологических состояниях // Тер. Архив. - 1967.- №4 (39). – 0.7–12
8. Тарарак Т.Я., Астахов О.Б., Зеркалова Ю.Ф. Динамика микроциркуляторного русла различных органов при адаптации организма к гипоксической гипоксии/ Матер. V общероссийского съезда АГЭ.– Казань.– 2004. – С.96–97.
9. Чеснокова Н. П., Понукалина Е. В., Бизенкова М. Н. Современные представления о патогенезе гипоксий. Классификация гипоксий и пусковые механизмы их развития // Медицинские науки. Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 5. – С. 23–25.

УДК: 612.084

**Любимов Андрей Владимирович,***кандидат медицинских наук***Хохлов Платон Платонович,***кандидат биологических наук,***Шабанов Петр Дмитриевич,***доктор медицинских наук, профессор**отдел нейрофармакологии им. С.В. Аничкова**ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия*

### УРОВНИ HIF-1A В КРОВИ ДОБРОВОЛЬЦЕВ В УСЛОВИЯХ 100-ДНЕВНОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

**Аннотация.** Целью исследования было оценить содержание HIF1 $\alpha$  в крови здоровых добровольцев-мужчин, рассматриваемой в качестве маркера адаптации к длительному воздействию подпорогового (безвредного) уровня нормобарической гипоксической гипоксии. В специальных стеновых условиях моделировали состояние нормобарической гипоксии в течение 100 дней, меняя состав газовой среды от 20 об.% до 12 об.%. В динамике исследовали клинические показатели крови и уровень HIF1 $\alpha$  методом твердофазного иммуноферментного анализа у 6 добровольцев-испытателей. Клинически значимого эритроцитарного ответа на Длительное воздействие нормобарической гипоксической дыхательной смеси малозначимо меняло эритроцитарный ответ у добровольцев. В период адаптации (первые 30 дней) уровень HIF1 $\alpha$  в крови прогрессивно снижался, затем (с 45 дня) начинал восстанавливаться, и в период 60–100 дней не отличался от исходных значений. HIF1 $\alpha$  в крови может рассматриваться в качестве маркера адаптации к длительному воздействию гипоксии, а также как маркер прекондиционирующего воздействия гипоксии.

**Ключевые слова:** нормобарическая гипоксия, адаптация, HIF1 $\alpha$ , маркеры прекондиционирования.

### ЖУЗ КУНДУК НОРМОБАРДЫК ГИПОКСИЯ ШАРТЫНДА ЫКТЫЯРЧЫЛАРДЫН КАНЫНДАГЫ HIF-1A ДЕҢГЭЭЛДЕРИ

**Аннотация.** Изилдөөнүн максаты нормалдуу гипоксиялык гипоксиянын босогодон ашкан (зыянсыз) деңгээлине узак мөөнөттүү таасир этүүгө ыңгайлашуунун маркери катары эсептелген дени сак эркек ыктыярчылардын канындагы HIF1 $\alpha$  курамын баалоо болгон. Атайын стендик шарттарда газ чөйрөсүнүн курамын 20 көлөм.%дан 12 көлөм%гө чейин өзгөртүү менен нормалдуу гипоксиялык абалдын үлгүсү 100 күн бою түзүлгөн. .

Кандын клиникалык параметрлери жана HIF1 $\alpha$  деңгээлинин динамикасын 6 ыктыярчыда ферментке байланышкан иммуносорбенттик анализ аркылуу изилденген. Нормобардык гипоксиялык дем алуу аралашмасынын узакка созулган таасири үчүн клиникалык жактан маанилүү эритроциттердин реакциясы ыктыярчыларда эритроциттердин реакциясын олуттуу түрдө өзгөрткөн эмес. Адаптация мезгилинде (биринчи 30 күн) кандагы HIF1 $\alpha$  деңгээли акырындык менен төмөндөп, андан кийин (45-күндөн баштап) калыбына келе баштаган жана 60–100 күн аралыгында баштапкы көрсөткүчтөрдөн айырмаланган эмес. Кандагы HIF1 $\alpha$  гипоксиянын узак мөөнөттүү таасирине ыңгайлашуунун маркери, ошондой эле гипоксиянын алдын ала шарттоочу эффекттеринин маркери катары каралышы мүмкүн.

**Негизги сөздөр:** нормобардык гипоксия, адаптация, HIF1 $\alpha$ , алдын ала шарттоочу маркерлер.

## LEVELS OF HIF1A IN THE BLOOD OF VOLUNTEERS UNDER CONDITIONS OF 100-DAY NORMOBARIC HYPOXIA

**Abstract.** The aim of the study was to evaluate the content of HIF1 $\alpha$  in the blood of healthy male volunteers, considered as a marker of adaptation to long-term exposure to subthreshold (harmless) levels of normobaric hypoxic hypoxia. Under special bench conditions, the state of normobaric hypoxia was simulated for 100 days, changing the composition of the gaseous medium from 20 vol.% to 12 vol.%. Clinical blood counts and HIF1 $\alpha$  levels were studied in dynamics by enzyme-linked immunosorbent assay in 6 test volunteers. Clinically significant RBC Response to prolonged exposure to a normobaric hypoxic breathing mixture did not significantly change the erythrocyte response in volunteers. During the adaptation period (the first 30 days), the level of HIF1 $\alpha$  in the blood progressively decreased, then (from day 45) it began to recover, and in the period of 60-100 days did not differ from the initial values. HIF1 $\alpha$  in the blood can be considered as a marker of adaptation to long-term exposure to hypoxia, as well as a marker of the preconditioning effects of hypoxia.

**Key words:** normobaric hypoxia, adaptation, HIF1 $\alpha$ , preconditioning markers.

**Введение.** Традиционно маркерами гипоксии считаются регуляторы транскрипции индуцируемый гипоксией фактор 1 (HIF1) и индуцируемый гипоксией фактор 2 (HIF2). HIF1 состоит из индуцибельной (реагирующей на изменение концентрации кислорода) субъединицы 1 $\alpha$  (HIF1 $\alpha$ ) и конституциональной субъединицы 1 $\beta$  (HIF1 $\beta$ ). HIF1 $\alpha$  функционирует как общий регулятор, активируемый гипоксией, во всех ядродержащих клетках многоклеточных организмов. Во многих тканях определяется также гомолог субъединицы HIF1 $\alpha$  – HIF2 $\alpha$ , который способен объединяться с HIF1 $\beta$ , формируя HIF2. В тоже время субъединица HIF2 $\alpha$ , хотя и экспрессируется во многих тканях (мозг, сердце, кишечник, почки, печень, поджелудочная железа) [12] в клетках сосудов и лёгких, особенно в эмбриональный период представлена ограничено [4,10].

Целью исследования было оценить содержание HIF1 $\alpha$  в крови добровольцев, рассматриваемой в качестве маркера адаптации к длительному воздействию подпорогового (безвредного) уровня нормобарической гипоксической гипоксии. Посылками исследования послужили данные, что уровень белка HIF1 $\alpha$  в клетках резко увеличивается при концентрациях O<sub>2</sub> от 6% (соответствует 42 мм рт. ст.) до 0,5% (соответствует 3,5 мм рт. ст.), а при реоксигенации до 20% (140 мм рт. ст.) происходит его быстрый распад с периодом полураспада менее 5 мин [7, 11]. Важным также было сравнить адаптационных реакции человека по показателям характе-

ристики эритроцитов на гипоксическое воздействие с изменениями концентрации HIF1 $\alpha$  [5, 6, 8, 9].

**Материалы и методы.** Исследования проведены на базе испытательного стенда АО «АСМ» (Санкт-Петербург) с участием 6 мужчин в возрасте 25-30 лет (5 человек) и 51 года (1 человек), годных по состоянию здоровья к выходу в море на подводных лодках и подписавших добровольное информированное согласие на участие в испытаниях. В течение 100 суток непрерывно 6 добровольцев-испытателей находилось в герметичном жилом испытательном комплексе в состоянии нормобарической гипоксической гипоксии.

Проведение испытаний с участием испытателей-добровольцев осуществляли в соответствии с действующими нормами международного права и законодательства РФ, необходимостью обеспечения безопасности жизни и здоровья всех участников испытаний, задачами исследования.

В случае появления различных противопоказаний к дальнейшему участию в исследованиях доброволец от исследований отстранялся и направлялся на обследование в стационар медицинской организации. В случае невозможности по различным причинам поддержания параметров гипоксической газовой среды и микроклимата в помещениях объекта в указанных пределах, испытания должны были быть прекращены, испытатели должны были быть выведены из герметичных помещений.

**Таблица 1** – Показатели микроклимата и воздушной среды при пребывании в герметичном жилом стенде

Параметры, ед. изм.	Значение параметров в нормальных условиях
Кислород, об.%	12 – 20
Диоксид углерода, об.%	0,1 – 1,5
Оксид углерода, мг/м <sup>3</sup>	0 – 15
Диоксид азота, мг/м <sup>3</sup>	0 – 1,5
Сероводород, мг/м <sup>3</sup>	0 – 1,5
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	0 – 2,4
Ацетон, мг/м <sup>3</sup>	0 – 15
Сумма ароматических углеводородов, мг/м <sup>3</sup>	0 – 60
Сумма предельных углеводородов, мг/м <sup>3</sup>	0 – 105
Температура, °С	18 – 30
Давление, МПа	0,093 – 0,172
Влажность, %	40 – 70
Скорость движения воздуха, м/с	0,1 – 0,3

Основным параметром гипоксической газовой среды, имеющим наибольший интерес с точки зрения оценки механизмов адаптации к гипоксическим условиям, является концентрация кислорода. В ходе исследования была обеспечена концентрация кислорода в интервале от 12 до 20 об.%.

При анализе эритроцитарного ответа на воздействие мягкой гипоксии оценивали изменение среднего объема эритроцита MCV (MeanCorpuscularVolume), изменение среднего содержания гемоглобина в одном эритроците MCH (MeanCorpuscularHemoglobin) и средней концентрации гемоглобина в эритроците MCHC (MeanCorpuscularHemoglobinConcentration).

Добровольцы находились под 24-часовым медицинским наблюдением в режиме онлайн.

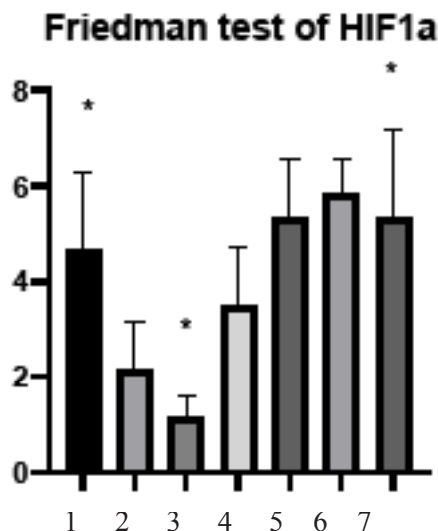
За несколько дней до начала исследования и в течение всего 100-суточного эксперимента через равные интервалы времени у исследователей проводили отбор крови для оценки динамики концентрации HIF1 $\alpha$  в сыворотке венозной крови с помощью иммуно-ферментного анализа (ИФА). Отбор проб крови испытуемых проводили натощак, в покое, в утреннее время с соблюдением всех правил асептики и антисептики. Для проведения ИФА использовали тест-систему «ELISA» (Cloud-CloneCorp.,

Китай). При определении результатов иммунохимической реакции использовали ридер Synergy 2 (Biotek, США). Статистическую обработку производили с использованием пакетов программ GraphPadPrism (V. 8.2.1) и Statistica (V. 10) с оценкой статистической значимости показателей при  $p < 0,05$ . Для статистического анализа полученных данных использовали дисперсионный анализ Фридмана (FriedmanANOVA) и критерий согласованности Кендалла (Kendall's concordance) для зависимых переменных с учетом малой выборки. Важно отметить что, являясь непараметрическим, данный анализ не требует соблюдения условий «нормальности» распределения и однородности дисперсий в исследуемых группах. Тем не менее, для контроля типа распределения применяли критерий Шапиро-Уилка, по результатам которого было подтверждено распределение как ненормальное.

**Результаты исследования.** Клинически значимого эритроцитарного ответа на длительное воздействие нормобарической гипоксической дыхательной смеси, как и ожидали, выявлено не было, хотя при этом были определены статистически значимые колебания средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC) и абсолютного числа эритроцитов.

При анализе концентрации HIF1 $\alpha$  были получены данные, характеризующие значимый ответ ( $p < 0,05$ ) в изменении концентрации HIF1 $\alpha$  в течение периода наблюдения. Из рисунка 1 видно, что в период адаптации (первые 30 дней) уровень HIF1 $\alpha$  прогрессивно снижается, затем

(с 45 дня) начинает восстанавливаться, и в период 60–100 дней не отличается от исходных значений. Дополнительно был рассчитан коэффициент согласованности Кендалла, равный 0,68, позволяющий предположить существенное различие в динамике концентрации HIF1 $\alpha$ .



*Рисунок 1* – Изменение концентрации HIF1 $\alpha$  в крови мужчин-добровольцев при длительном воздействии нормобарической гипоксической газовой среды

По оси ординат – концентрация HIF1 $\alpha$  в пг/мг белка, по оси абсцисс – число наблюдений. Первый столбик (1) – до начала эксперимента, остальные столбики (2-7) – результаты измерений каждые 15 дней (Ранговый дисперсионный анализ Фридмана и конкордация Кендалла.

Дисперсионный анализ хи-кв ( $n = 6$ ) = 24,42857,  $p < 0,00044$ ; Коэфф. конкордации = 0,67857, Средн. ранг  $r = 0,61429$ ). \* $p < 0,05$  к средним величинам HIF1 $\alpha$ .

Сниженная концентрация кислорода в используемой дыхательной среде не оказывала отрицательного влияния на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Наблюдали лишь изолированные колебания отдельных параметров в общем и биохимическом анализах крови, не имеющие клинического значения [3].

Обсуждение полученных результатов. В настоящее время в клинической практике на текущий момент не внедрены устойчивые лабораторные или инструментальные индикаторы доклинического гипоксического состояния, указывающего на предпосылки развития патологического процесса. Стандартное обследование, как правило, сосредоточено на поиске уже клинических проявлений процесса. Медикаментозная коррекция в таком случае направлена на восстановление адекватного функционирования органа или системы и не носит профилактического характера.

В проведенном исследовании смоделирована длительная постоянная нормобарическая гипоксическая среда, при этом испытателями-добровольцами осуществлялась интенсивная операторская работа с перерывами на отдых и приём пищи. Непрерывный анализ состояния здоровья испытуемых-добровольцев показал, что клинических проявлений со стороны наиболее остро реагирующей на гипоксию системы – сердечно-сосудистой – зафиксировано не было. Следовательно, длительность исследования определила развитие состояния искусственной гипоксии, а превышение клинического порога значимости не имело отражение в лабораторно-инструментальном обследовании, что свидетельствует о включении в процесс адаптации более тонких механизмов. Колебания лабораторных показателей крови (МСНС и RBC) хоть и были статистически значимы, в целом не имеют клинического значения, поскольку не выходили за рамки референсных



показателей и оценивать их в качестве маркера подпорогового гипоксического состояния с точки зрения практикующего врача возможно лишь с определённой натяжкой.

В то же время, динамическое изменение концентрации HIF1 в периферической крови, особенно в период первичной адаптации (30 дней), можно интерпретировать как значимый молекулярный маркер адаптации к гипоксическим условиям. Несомненно, что изменение концентрации HIF1 в крови стоит отнести к более тонким маркерам гипоксического состояния в сравнении с показателями красной крови. Интерпретация полученных данных требует более детального и комплексного изучения, поскольку HIF1 контролирует не только позитивные, с точки зрения врача-клинициста, явления, но и такие отдаленные последствия, как потенциальный запуск апоптоза и неопластических процессов. Важным с этой точки зрения является изучение отдалённых последствий с целью дифференциальной диагностики адаптивных процессов с патологическими, так как отчётливо определяется вовлечённость именно системных механизмов, а HIF – системный механизм, тонко реагирующий и на острые, и на хронические состояния.

Следует особо подчеркнуть, что определение маркера гипоксического прекондиционирования, каковым может рассматриваться уровень HIF1 $\alpha$  в крови, не является самоцелью применения методики прекондиционирования. Суть её заключена в запуске адаптивных реакций с формированием биохимического ответа на появление прекондиционирующего агента, последствия которого остаются достаточно долго, что и наблюдается в динамике HIF1 $\alpha$ ,

в то время как адаптационные процессы обычно завершаются в течение 2–3 недель. Быстро нормализующиеся показатели энергообмена (АТФ, АДФ, АМФ, энергетический заряд) имеют крайне высокие скорости химических реакций), хотя изменения гликолиза (содержание лактата и пирувата) могут сохраняться достаточно длительно [2], при этом использование их в качестве маркеров гипоксической адаптации, безусловно, затруднительно, поскольку они отражают, как правило, и локальный, и общий текущие процессы.

Отдельного внимания заслуживает вопрос феномена прекондиционирования [1]. Патологических явлений при проведённом нами режиме гипоксии не наблюдалось. Первоначальное понижение концентрации HIF1 $\alpha$  с последующей нормализацией его уровня в крови свидетельствует, что система HIF является не единственным, но одним из важных составляющих компонентов адаптации к гипоксии. Выбранный нами относительно щадящий режим нормобарической гипоксии можно использовать в качестве методики экзогенного прекондиционирования, хотя он, безусловно, требует доработки, поскольку включает ряд изменяющихся параметров, каковыми следует рассматривать не только снижение концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе, но и замещение его инертным газом, соотношение газов во вдыхаемой смеси, конкретные режимы данных изменений и т. д. С другой стороны, временное повышение концентрации HIF1 $\alpha$  в периферической крови в случае постепенной адаптации может означать и отсутствие негативных последствий в виде запуска механизмов апоптоза.

### Список литературы:

1. Зарубина И.В., Шабанов П.Д. От идеи С.П. Боткина о «предвоздействии» до феномена прекондиционирования. Перспективы применения феноменов ишемического и фармакологического прекондиционирования // Обз. по клин. фармакол. и лек. терапии. – 2016. Т.14, № 1. С. 4–28. [Zarubina IV, Shabanov PD. From the S.P. Botkin's idea of «preexposure» to preconditioning phenomenon. Perspectives for use of phenomena of ischemic and pharmacological preconditioning. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2016;14(1):4-28 (In Russ.)]. doi:10.17816/RCF1414-28.
2. Зарубина И.В., Нурманбетова Ф.Н., Шабанов П.Д. Антигипоксанты при черепно-мозговой травме. Спб.: Элби-СПб, 2006. С. 159. [Zarubina IV, Nurmanbetova FN, Shabanov PD. Antigipoksanty pri cherepno-mozgovoј travme. Spb.: Elbi-SPb; 2006. 159 p.(In Russ.)]
3. Любимов А.В., Иванов А.О., Безкишкий Э.Н. Оценка влияния длительного непрерывного пребывания в искусственной гипоксической газовой среде при нормальном атмосферном давлении на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека // Обз. по клин. фармакол. и лек. терапии. 2018. Т.16, № 3. С. 47–53. [Lyubimov AV, Ivanov AO, Bezkishkij EN. Assessment of the effect of long-term continuous

stay in the artificial hypoxic gas-air environment at normal atmospheric pressure on the functional state of the cardiovascular system. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2018;16(3):47–53. (In Russ.)] doi: 10.17816/RCF16347-53.

4. *Ema M, Taya S, Yokotani N, Sogawa K, et al.* A novel bHLH-PAS factor with close sequence similarity to hypoxia-inducible factor 1 $\alpha$  regulates the VEGF expression and is potentially involved in lung and vascular development. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1997; 94(9): 4273–4278,.doi: 10.1073/pnas.94.9.4273.

5. *Ensrud K, Grimm RH Jr* The white blood cell count and risk for coronary heart disease. *Am Heart J*. 1992;124(1):207–213. doi:10.1016/0002-8703(92)90942-O.

6. *Horne BD, Anderson JL, John JM, et al.* Which white blood cell subtypes predict increased cardiovascular risk? *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(10):1638–1643. doi:10.1016/j.jacc.2005.02.054;

7. *Jiang BH, Semenza GL, Bauer C, Marti HH.* Hypoxia-inducible factor 1 levels vary exponentially over a physiologically relevant range of O<sub>2</sub> tension. *Am J Physiol Cell Physiol* 1996;271: C1172–C1180. doi: 10.1152/ajpcell.1996.271.4.C1172.

8. *Lee G, Choi S, Kim K, et al.* Association of hemoglobin concentration and its change with cardiovascular and all-cause mortality. *J Am Heart Assoc*. 2018;7(3): e007723. doi: 10.1161/JAHA.117.007723.

9. *Smith M, Arthur D, Camitta B, et al.* Uniform approach to risk classification and treatment assignment for children with acute lymphoblastic leukemia. *J Clin Oncol*. 1996;14(1):18–24. doi:10.1200/JCO.1996.14.1.18.

10. *Tian H, McKnight SL, Russell DW.* Endothelial PAS domain protein 1 (EPAS1), a transcription factor selectively expressed in endothelial cells. *Genes Dev*. 2011: 72–82, 1997. doi: 10.1101/gad.11.1.72.

11. *Wang GL, Semenza GL.* Purification and characterization of hypoxia-inducible factor 1. *J Biol Chem*.1995;270:1230–1237. doi: 10.1074/jbc.270.3.1230.

12. *Wiesener MS, Jurgensen JS, Rosenberger C, et al.* Widespread hypoxia-inducible expression of HIF-2 $\alpha$  in distinct cell populations of different organs. *FASEB J*. 2003;17(2): 271–273. doi: 10.1096/fj.02-0445fje.

УДК 612.273.2:612.223:612.67

**Ключникова Елена Анатольевна,***ст. преподаватель***Балыкина Елена Сергеевна,***аспирант***Евстигнеева Ольга Валерьевна,***к.б.н., доцент***Антипов Игорь Викторович,***к.б.н., доцент***Балыкин Михаил Васильевич,***д.б.н., профессор**кафедра АФК факультета ФКиР УлГУ, г. Ульяновск***Каркобатов Хасан Джолдубаевич,***д.б.н.**Институт горной физиологии и медицины НАН КР*

### **ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК НА ГАЗООБМЕН И ТРАНСПОРТ КИСЛОРОДА У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА**

**Аннотация.** В исследовании приняли участие мужчины в возрасте 60–65 лет. Курс прерывистой нормобарической гипоксии (ПНГ) проводили на протяжении 3 недель. До и после курса гипоксии определяли дыхательный объем, частоту и минутный объем дыхания, потребление кислорода, выделение углекислого газа, артериальное давление, минутный объем кровообращения, частоту сердечных сокращений, содержание эритроцитов, гемоглобина, насыщение, содержание и скорость транспорта кислорода артериальной кровью, кислородную емкость крови. До и после курса ПНГ определяли уровень общей физической работоспособности с использованием велоэргометрической пробы (PWC150) в модификации для лиц пожилого возраста. Установлено, что курс ПНГ приводит к повышению устойчивости организма к гипоксии, экономизации функций кардиореспираторной системы, при увеличении числа эритроцитов, гемоглобина, кислородной емкости крови и эффективности утилизации кислорода тканями, что способствует повышению общей физической работоспособности лиц пожилого возраста.

**Ключевые слова:** кровь, гемодинамика, кислородное обеспечение, работоспособность, пожилой возраст, гипоксия.

### **КАРЫ АДАМДАРДЫН ГАЗ АЛМАШУУ ЖАНА КЫЧКЫЛТЕКТИ ТАШУУСУНА ГИПОКСИЯЛЫК МАШЫГУУЛАРДЫН ТААСИРИ**

**Аннотация.** Изилдөөгө 60–65 жаштагы эркектер катышкан. Үзгүлтүктүү нормобардык гипоксиянын (ҮНГ) курсу 3 жума бою жүргүзүлдү. Гипоксиянын жүрүшүнө чейин жана андан кийин, дем алуунун көлөмү, дем алуунун ылдамдыгы жана мүнөттүк көлөмү, кычкылтектин керектелиши, көмүр кычкыл газынын бөлүнүп чыгышы, кан басымы, кан айлануунун мүнөттүк көлөмү, жүрөктүн кагышы, эритроциттердин жана гемоглобиндин курамы, каныккандыгы, артериялык кан менен кычкылтек ташуунун ылдамдыгы, кандагы кычкылтектин сыйымдуулугу аныкталган. (ҮНГ) курсуна чейин жана андан кийин жалпы физикалык көрсөткүчтөрдүн деңгээлин улгайган адамдар үчүн модификацияда велосипед эргометрикалык үлгүлөрдүн (PWC150) колдонуу аркылуу аныкталган.

(ҮНГ) курсу эритроциттердин, гемоглобиндин, кандын кычкылтек сыйымдуулугунун жогорулоосунда жана ткандар аркылуу кычкылтектин пайдалануу эффективдүүлүгүнүн көбөйүшү менен организмдин гипоксияга туруктуулугун жогорулатууга, жүрөк-дем алуу системасынын функцияларын үнөмдөөгө алып келүүсү улгайган адамдардын жалпы физикалык көрсөткүчтөрүн жогорулатууга өбөлгө түзөөрү аныкталды.

**Негизги сөздөр:** кан, гемодинамика, кычкылтек менен камсыз кылуу, эмгекке жөндөмдүүлүк, карылык, гипоксия.

## THE EFFECT OF HYPOXIC TRAINING ON THE OXYGEN SUPPLY OF THE ELDERLY

**Abstract.** The study involved men aged 60–65 years. The course of intermittent normobaric hypoxia (APG) was carried out for 3 weeks. Before and after the course of hypoxia, respiratory volume, frequency and minute volume of respiration, oxygen consumption, carbon dioxide release, blood pressure, minute volume of blood circulation, heart rate, erythrocyte count, hemoglobin, saturation, content and rate of oxygen transport by arterial blood, oxygen capacity of blood were determined. Before and after the APG course, the level of general physical performance was determined using a bicycle ergometric test (PWC150) in a modification for the elderly. It has been established that the course of APG leads to an increase in the body's resistance to hypoxia, economization of the functions of the cardiorespiratory system, with an increase in the number of red blood cells, hemoglobin, oxygen capacity of blood and the efficiency of oxygen utilization by tissues, which contributes to an increase in the overall physical performance of elderly people.

**Key words:** blood, hemodynamics, oxygen supply, working capacity, old age, hypoxia.

**Введение.** Известно, что с возрастом формируются закономерные морфофункциональные преобразования в организме, которые сопровождаются снижением уровня окислительных процессов, изменениями дыхательной функции крови [2] и кардиореспираторной системы [4], создающими предпосылки для развития тканевой гипоксии и ограничения физической работоспособности [3]. Поиск эффективных средств воздействия на эти системы в различные возрастные периоды представляет актуальную проблему физиологии и медицины.

**Цель исследования.** Изучить влияние прерывистой нормобарической гипоксии на газообмен и транспорт кислорода у лиц пожилого возраста.

**Материалы и методы исследования.** В исследовании приняли участие 15 практически здоровых мужчин в возрасте 60–65 лет, которые не использовали фармакологических средств для коррекции кардио-респираторной системы и не предъявляли жалоб к своему здоровью. Все испытуемые получили подробную информацию и подписали добровольное согласие на участие в исследовании. Гипоксическое воздействие моделировалось с использованием гипоксикатора «Тибет-4» (Россия).

Для определения реактивности кардиореспираторной системы испытуемые на протяжении 5-ти минут дышали газовой смесью с содержанием  $O_2$  18–15–13–10%, с пятиминутными интервалами нормоксии между гипоксическими воздействиями. Во время каждого гипоксического интервала и в период восстановления определяли динамику АД и ЧСС. Исходя

из полученных результатов, были определены режимы гипоксических тренировок.

Имеющиеся схемы прерывистой нормобарической гипоксии (ПНГ) в спорте и в терапии используют жесткие режимы гипоксии 10–8%  $O_2$  [5]. С учетом возраста и реакций на гипоксию была разработана модель ступенчатого снижения содержания кислорода во вдыхаемом воздухе, состоящая из отдельных сеансов, которые включали чередование пятиминутных интервалов гипоксии и пятиминутных интервалов отдыха (нормоксия). Курс гипоксической тренировки проводили ежедневно, 6 раз в неделю на протяжении трех недель. На первой неделе гипоксическая тренировка проводилась по схеме: первый цикл – дыхание 18%  $O_2$ , второй и третий цикл – 15%  $O_2$ , четвертый и пятый цикл – 13%  $O_2$ . Начиная со второй недели, процентное содержание  $O_2$  во вдыхаемом воздухе составляло 15%  $O_2$  с последующим снижением до 13–10%  $O_2$ . На третьей неделе циклы ПНГ включали 13%  $O_2$ , с последующим снижением до 10%  $O_2$ .

До и после курса ПНГ оценивали функции внешнего дыхания (спирограф СМП-21/01 (Россия), с определением дыхательного объема ( $V_T$ ), частоты ( $f$ ) и минутного объема дыхания ( $VE$ ). Потребление кислорода ( $VO_2$ ) и выделение углекислого газа ( $VCO_2$ ) в выдыхаемом воздухе определяли с использованием газоанализатора «СпиROLIT-2» (Германия). Лабораторными методами определяли содержание эритроцитов (RBC), гемоглобина (Hb), насыщение ( $SaO_2$ ), содержание  $O_2$  ( $CaO_2$ ) и скорость транспорта  $O_2$  ( $qaO_2$ ) артериальной кровью, кислородную емкость крови (КЕК). Рассчитывали содержание

$O_2$  в смешанной венозной крови ( $CvO_2$ ), артерио-венозную разницу  $C(a-v)O_2$ , коэффициент утилизации кислорода тканями ( $KVO_2, \%$ ) [1]. Систолическое (Ps) и диастолическое (Pd) артериальное давление определяли общепринятым методом (тонометр OMRONRX-3, Россия). Минутный объем кровообращения (Q), частоту сердечных сокращений (HR) определяли с использованием реографа «РЕАН-ПОЛИ» РГПА-6/12. До и после курса ПНГ определяли реакции кардио-респираторной системы на велоэр-

гометрическую нагрузку (2 Вт/кг). Полученные данные статистически обработаны с использованием пакета математических программ StatSoft 6.0.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Установлено, что до курса ПНГ уровень потребления кислорода, RQ, частота сердечных сокращений и минутный объем кровообращения соответствует среднестатистическим возрастным нормам (табл.1).

Таблица 1.

### Газообмен у лиц пожилого возраста до и после курса ПНГ ( $m \pm m$ )

Параметры	До курса ПНГ	После курса ПНГ	Разница показателей (%)
$VO_2$ , мл/мин*кг	5,8±0,2	6,7±0,4*	+15,5
$VCO_2$ , мл/мин*кг	5,4±0,7	5,9±0,2	+9,2
Q, л/мин	5,1±0,4	4,3±0,4	-15,6
RBC, $10^{12}/л$	4,8±0,1	5,5±0,4*	+14,5
КЕК, об. %	20,6±0,2	21,5±0,1*	+7,5
Hb, г/л	154,2±21,5	161,0±14,1	+4,4
Ca $O_2$ , об. %	18,3±0,3	19,8±0,4*	+8,1
$Cv O_2$ , об. %	12,2±0,1	12,0±0,2	-1,6
$C(a-v)O_2$ , об. %	6,1±0,4	7,8±0,3*	+27,8

Примечание. \* – различия достоверны по сравнению с показателями до курса ПНГ,  $p \leq 0,05$ .

После курса прерывистой нормобарической гипоксии уровень  $VO_2$  у лиц пожилого возраста увеличивается на 15,5%, что связано с повышением артерио-венозной разницы на 1,7 об. % ( $p \leq 0,05$ ). Эти изменения происходят в результате достоверного повышения  $CaO_2$ , при увеличении содержания RBC на 14,5% ( $p \leq 0,05$ ) и гемоглобина на 4,4%. Установлено, что после курса ПНГ происходит снижение Q, за счет снижения HR и стабилизации в верхней гра-

нице нормы артериального давления. Полученные данные показывают, что трехнедельный курс прерывистой нормобарической гипоксии у лиц пожилого возраста приводит к повышению эффективности тканевого дыхания при улучшении функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Подтверждением этого является изменение реактивности кардиореспираторной системы при физической нагрузке (табл.2).

Таблица 2.

### Реакции кардиореспираторной системы у лиц пожилого возраста при велоэргометрической нагрузке до и после курса ПНГ ( $m \pm m$ )

Параметры	До курса		После курса	
	Покой	Нагрузка (2 Вт/кг)	Покой	Нагрузка (2 Вт/кг)
$V_E$ , л/мин	7,3±1,5	61,3±4,2	10,0±0,3*	52,8±3,1*
F, уд/мин	12,3±1,1	47,2±6,5	12,5±0,6	48,0±10,0
$V_T$ , литр	0,6±0,1	1,3±0,1	0,8±0,03	1,1±0,07
Ps, мм.рт.ст.	139,0±2,3	178,4±8,0	130,5±7,5	159,0±3,0*
Pd, мм.рт.ст.	90,0±4,0	82,0±4,0	76,0±5,0	78,0±5,0
HR, уд/мин	79,6±5,2	94,4±2,2	72,5±6,5	93,3±2,6



Установлено, что минутный объем дыхания при стандартной велоэргометрической нагрузке (2Вт), до трехнедельного курса ПНГ, увеличивается в 8,4 раза ( $p \leq 0,001$ ), после курса в 5,8 раз ( $p \leq 0,001$ ).

Уровень артериального давления и HR после гипоксических воздействий изменяется в меньшей степени, что свидетельствует о снижении реактивности и повышении толерантности испытуемых к физической нагрузке. Результаты теста PWC150 показали прирост общей фи-

зической работоспособности в среднем на 6,3 % ( $p < 0,05$ ).

**Заключение.** Трехнедельный курс ПНГ приводит к повышению устойчивости организма к гипоксии, экономизации функций кардиореспираторной системы, при увеличении числа эритроцитов, гемоглобина, кислородной емкости крови и эффективности утилизации кислорода тканями, что способствует повышению общей физической работоспособности лиц пожилого возраста.

### Список литературы:

1. Балыкин М.В., Каркобатов Х.Д. Системные и органные механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья // Российский физиол. журн. – 2012. – № 1. С. 127–136.
2. Ключникова Е.А., Аббазова Л.В., Лоханникова М.А., Ананьев С.С., Балыкин М.В. Влияние прерывистой нормобарической гипоксии на системную гемодинамику, биохимический состав крови и физическую работоспособность у лиц пожилого возраста. Ульяновский медико-биологический журнал. Ульяновск. – 2017. – № 4. – С. 155–164.
3. Коркушко О.В., Осьмак Е.Д., Осьмак Д.Д., Дужак Г.В. Устойчивость к гипоксии у людей пожилого возраста с гипертонической болезнью: влияние Кардиоаргина. Кровообіг та гемостаз, оригінальні дослідження. 2015. (1–2). – С. 31–37.
4. Кривошеков С.Г., Балиоз Н.В., Некипелова Н.В., Каплевич Л.В. Возрастные, гендерные и индивидуально-типологические особенности реагирования на острое гипоксическое воздействие. Физиология человека. 2014. – 40 (6). – С. 34–45.
5. Пупырева Е.Д., Балыкин М.В. Влияние гипоксической тренировки на физическую работоспособность и функциональные резервы организма спортсменов. Вестник ТвГУ «Биологии и экологии». 2011. – 21 (2). – С. 7–17.

УДК 796.525: [612.273.2+613.735]

**Ганапольский Вячеслав Павлович,**

*д.м.н., доцент*

*Кафедра фармакологии ВМедА имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург*

**Матыцин Вячеслав Олегович,**

*к.м.н.*

*Научно-исследовательский отдел (обитаемости) НИЦ*

*ВМедА имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург*

## **МЕТОДИКА ПРЕРЫВИСТЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК ПРИ ПОДГОТОВКЕ АЛЬПИНИСТОВ**

**Аннотация.** На основании анализа литературы и проведения собственных исследований предлагается методический подход по физиологическому сопровождению альпинистских команд, готовящихся к восхождению, включающий в себя проведение курса прерывистых гипоксических гипобарических тренировок в условиях барокамеры. Курс гипоксических тренировок альпинистов предлагается проводить в условиях моделирования высот не более 3000 м над уровнем моря, в ежедневном режиме, не менее 10 подъемов продолжительностью 1 час, с проведением пульсоксиметрического мониторинга. С целью контроля физической работоспособности и выносливости альпинистов рекомендовано выполнение перед курсом тренировок и после их завершения кардиореспираторного нагрузочного теста на велоэргометре с оценкой максимальной мощности мышечной работы, значения максимального потребления кислорода на максимуме физической нагрузки и порога анаэробного окисления. Данный подход апробирован с участием команды из 8 альпинистов (6 мужчин, 2 женщины) с разным возрастом и степенью подготовки. Проведенное сравнение итоговых показателей нагрузочных тестов с исходными показало, что все альпинисты сохраняли физическую работоспособность и выносливость после завершения курса гипоксических тренировок.

**Ключевые слова:** анаэробный порог, потребление кислорода, физическая работоспособность, альпинисты, гипоксия, гипобарическая тренировка.

## **АЛЬПИНИСТТЕРДИ ДАЯРДОДОГУ ҮЗГҮЛТҮКТҮҮ ГИПОКСИЯЛЫК МАШЫГУУЛАР ЫКМАСЫ**

**Аннотация.** Адабияттарды талдоонун жана өзүбүздүн изилдөөлөөрүбүздүн негизинде даярдалып жаткан альпинизм командаларына барокамера шартында үзгүлтүктүү гипоксиялык гипобарикалык машыгуу курсун камтыган физиологиялык жактан камсыз кылуу ыкмасы сунуш кылынат. Альпинисттер үчүн гипоксиялык машыгуу курсун деңиз деңгээлинен 3000 м ашпаган бийиктиктере, күн сайын 1 саат ичинде 10 жолу бийиктикке көтөрүлүү, пульсоксиметрдик мониторингди жүргүзүп туруу шарттарында өткөрүү сунушталат. Альпинисттердин физикалык көрсөткүчтөрүн жана чыдамкайлыгын контролдоо максатында булчуң ишинин максималдуу күчүн, максималдуу кычкылтек керектөөсүн жана анаэробдук кычкылдануу босогосун баалоо менен курска чейин жана алар аяктагандан кийин велосипед эргометринде кардиореспиратордук тесттен өткөрүү сунушталат. Бул ыкма ар турдуу курактагы жана даярдыктагы 8 альпинисттерден (6 эркек, 2 аял) турган топ менен сыналган. Гипоксиялык машыгуу курсун аяктагандан кийин бардык альпинисттер физикалык көрсөткүчтөрүн жана чыдамкайлыгын сактап калышкан.

**Негизги сөздөр:** анаэробдук босого, кычкылтекти керектөө, физикалык көрсөткүчтөр, альпинисттер, гипоксия, гипобарикалык машыгуу.

## THE METHOD OF INTERMITTENT HYPOXIC TRAINING IN THE PREPARATION OF CLIMBERS

**Abstract.** A methodological approach for the physiological support of climbing teams preparing for ascent, based on the analysis of the literature and our own research, which includes a course of intermittent hypoxic hypobaric training in the conditions of the hypobaric chamber, is proposed. The course of hypoxic training of climbers is proposed to be carried out under conditions of modeling heights of less than 3000 m above sea level, at least 10 ascents lasting 1 hour daily, with pulse oximetry monitoring. In order to control the physical performance and endurance of climbers, it is recommended to perform a cardiorespiratory test on a bicycle ergometer before and after training with an assessment of the maximum power of muscle work, the value of maximum oxygen consumption at peak exercise and the anaerobic threshold. This approach was tested with the participation of a team of 8 climbers (6 men, 2 women) with different ages and levels of training. The comparison of the final indicators of cardiorespiratory tests with the initial ones showed that all climbers retained physical performance and endurance after completing the course of hypoxic training.

**Key words:** anaerobic threshold, oxygen consumption, physical performance, climbers, hypoxia, hypobaric training.

**Введение.** Для подготовки альпинистов главное значение имеет значение имеет общая физическая подготовка и тренировка выносливости, а также развитие специфических профессиональных навыков, применяемых в условиях горной местности. Тем не менее, горная местность имеет весьма важную особенность – сниженное парциальное давление кислорода в атмосфере, что может оказывать значительное влияние на функционирование организма человека. Недостаток кислорода вызывает развитие у человека высотной гипоксии, следствием чего может явиться снижение его физической работоспособности вплоть до неспособности выполнить задачу из-за проявлений горной болезни. В свою очередь, потеря работоспособности хотя бы у одного члена команды ставит под угрозу срыва выполнение спортивной или профессиональной задачи всей командой. Следовательно, возникает необходимость адаптации альпинистов к высотной гипоксии, поскольку показано, что уровень физической подготовки может не оказывать влияния на чувствительность к высотной гипоксии, а для снижения данной чувствительности необходимы гипоксические тренировки [1]. Еще Поль Бер в 1878 году установил, что пониженное парциальное давление кислорода в атмосфере является стимулом для развития адаптационных реакций [2]. Задача гипоксической тренировки состоит в срочной адаптации организма человека к гипоксии с последующим формированием устойчивого долговременного структурного следа этой адаптации [3]. Поэтому в системе подго-

товки альпинистов важное место занимают гипоксические тренировки.

В настоящее время гипоксические тренировки широко применяются для тренировки спортсменов, в том числе высокого класса, и повышении их устойчивости к гипоксии. Для гипоксических тренировок используют не только проведение выездных тренировок в горной местности, но также гипобарические камеры (барокамеры), моделирующие горные условия с пониженным атмосферным давлением, либо нормобарические камеры, в которых гипоксия создается за счет уменьшения процентного содержания кислорода при нормальном атмосферном давлении. Считается, что как гипербарические, так и нормобарические гипоксические тренировки являются адекватной заменой тренировкам в горной местности. Так, показано, что реакция организма здоровых людей в покое и при физических нагрузках в условиях горной местности на высоте 3375 м над уровнем моря в целом соответствует таковой при моделировании аналогичных гипоксических условий как в нормобарической камере, так и в барокамере, понижающей атмосферное давление [4].

Исследования показывают, что оптимальным режимом гипоксических тренировок спортсменов является моделирование высоты 2000–4000 м над уровнем моря [4–6]. Вместе с тем гипоксические тренировки с подъемами на большие высоты, 4000–5500 м, оказались недостаточно эффективными как для повышения работоспособности спортсменов, так и для улучшения транспорта кислорода кровью [7]. Также

имеются наблюдения, что чередование гипоксических тренировок на высотах около 2500 м с физическими тренировками, выполняемыми в условиях высот, соответствующих уровню моря, является оптимальным режимом подготовки спортсменов. Проведение же физических тренировок в условиях моделирования высотной гипоксии приводит к снижению работоспособности и выносливости спортсменов [8].

Таким образом, **целью** настоящей работы явилась отработка методологии проведения прерывистых гипоксических тренировок альпинистов в условиях барокамеры при подготовке команды к соревнованиям.

**Материалы и методы исследования.** Под наблюдением состояла команда альпинистов (8 мужчин, 2 женщины), проходившая подготовку к соревнованиям по восхождению на Эльбрус. Возрастной состав группы неоднородный: 5 участников молодого возраста (19–25 лет), 3 участника среднего возраста (34–47 лет) и 2 человека старшей возрастной группы (61 и 62 года). Все участники имели хорошую общую физическую подготовку, но по альпинистскому стажу члены команды отличались: стаж более 5 лет имели 3 человека, из них более 15 лет – двое, стаж от 1 до 3 лет имели 5 участников, двое готовились к восхождению впервые.

Физическую работоспособность и выносливость альпинистов оценивали с помощью кардиореспираторного теста с физической нагрузкой на компьютерной эргоспирометрической установке MetaLyser V3 (Германия) с подключенным велоэргометром. Перед началом теста выполняли оценку функций внешнего дыхания с анализом кривой «поток-объем». После 2-минутного периода разогрева без нагрузки на велоэргометр подавали начальную нагрузку 25 Вт, которая постепенно возрастала со скоростью 20 Вт/мин (рамповый протокол), альпинист крутил педали до достижения им максимально переносимой нагрузки (до «отказа»). В ходе теста контролировали электрокардиограмму, частоту сердечных сокращений, артериальное давление, объем легочной вентиляции, потребление кислорода и выделение углекислого газа. Регистрировали максимальную достигнутую мощность мышечной работы, значение максимального потребления кислорода на максимуме физической нагрузки, точку порога анаэробного окисления.

Гипоксические тренировки команды выполняли в термобарокомплексе «Табай» (Япо-

ния) по схеме: 10 барокамерных подъемов ежедневно, высота первого подъема составила 1500 м, второго 2000 м, третьего 2500 м, высота четвертого и остальных подъемов составила 3000 м, продолжительность каждого подъема составляла один час. Для оценки насыщения крови кислородом и частоты пульса во время проведения гипоксических тренировок использовали пульсоксиметры Bitmos Sat 801.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Выбор режима гипоксических тренировок основывался на литературных данных [8], а также на результатах ранее проводившейся тренировки команды альпинистов (15 мужчин в возрасте 23–30 лет). У альпинистов после курса интервальных гипоксических тренировок, представлявших собой восемь сеансов длительностью 1 час в барокамере на высоте 2500 м ежедневно, было выявлено статистически значимое повышение показателей максимального потребления кислорода на пике физической нагрузки на 7%. Также отмечено статистически значимое возрастание значений минутного объема вентиляции на 13%. Это свидетельствовало о том, что использование данного режима прерывистых гипоксических гипобарических тренировок способно повысить физическую выносливость альпинистов [9]. Исходя из данных результатов, была модифицирована схема гипоксических тренировок участников команды, которая представляла собой ежедневные подъемы на термобарокомплексе «Табай», высота первого подъема составила 1500 м, второго 2000 м, третьего 2500 м, высота четвертого и остальных подъемов составила 3000 м; всего выполнено 10 подъемов, продолжительность каждого подъема составляла один час. Участники находились в камере в условиях покоя в креслах.

Физиологическое сопровождение гипоксических тренировок команды альпинистов заключалось в выполнении следующих мероприятий:

*Проведение исходного нагрузочного тестирования.* Каждый член команды перед началом гипоксических тренировок выполняет кардиореспираторный тест с максимальной физической нагрузкой с использованием велоэргометра в условиях постепенно повышающейся нагрузки по рамповому протоколу. Непосредственно перед тестом проводят спирометрическое исследование, основными показателями

которого являются функциональная жизненная емкость легких и объемы форсированного выдоха. В тесте определяют комплекс показателей, основными из которых являются максимальное потребление кислорода и максимальная достигнутая нагрузка.

*Проведение гипоксических тренировок в барокамере.* Предпочтительный режим подъемов ежедневный, общий курс не менее 10 подъемов. Оптимальные высоты для гипоксических тренировок составляют не более 3000 м. Во время каждой тренировки с целью объективной оценки состояния альпинистов рекомендовано мониторирование показателей насыщения крови кислородом и частоту пульса при помощи пульсоксиметров. При проведении тренировок не было зарегистрировано случаев выхода пульсоксиметрических показателей за пределы нормативных значений.

*Проведение итогового нагрузочного тестирования.* После завершения курса гипоксических тренировок рекомендовано проведение кардиореспираторного нагрузочного теста и спирометрического исследования по схемам, аналогичным исходному обследованию. Проведенное сравнение итоговых показателей кардиореспираторного и спирометрического тестов с исходными показало, что все альпинисты сохраняли физическую работоспособность и выносливость после завершения курса гипоксических тренировок.

В настоящее время применение прерывистых гипоксических тренировок в практике подготовки альпинистских команд ограничено

и преследует главным образом научно-исследовательские цели. Однако данные тренировки способствуют не только повышению устойчивости альпинистов к высотной гипоксии и снижению риска развития тяжелых форм горной болезни, но также позволяют поддерживать физическую работоспособность и выносливость альпинистов за счет стимуляции адаптационных реакций организма. Предлагается методический подход к тренировкам команд альпинистов перед восхождением, включающий в себя в качестве обязательных компонентов проведение курса гипоксических тренировок с исходным и итоговым нагрузочным тестированием.

**Выводы.** Предложен методический подход по физиологическому сопровождению альпинистских команд, готовящихся к восхождению в горы, включающий в себя:

1. Курс прерывистых гипоксических тренировок членов команды в условиях барокамеры с моделированием высот до 3000 м над уровнем моря, в ежедневном режиме, не менее 10 подъемов продолжительностью 1 час. Непосредственно при выполнении гипоксических тренировок выполняется пульсоксиметрия.

2. С целью контроля физической работоспособности и выносливости альпинистов рекомендовано выполнение перед курсом тренировок и после их завершения кардиореспираторного нагрузочного теста на велоэргометре с оценкой максимальной мощности мышечной работы, значения максимального потребления кислорода на максимуме физической нагрузки и порога анаэробного окисления.

### Список литературы:

1. Luks A.M. Physiology in Medicine: A physiologic approach to prevention and treatment of acute high-altitude illnesses // Journal of Applied Physiology. American Physiological Society. – 2014. – Vol. 118, № 5. – P.509–519.
2. Bert P. La Pression Barométrique: Recherches De Physiologie Expérimentale. – Paris: Masson, 1878.
3. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. – Москва: Медицина, 1988. – 252с.
4. Woods D.R. et al. Markers of physiological stress during exercise under conditions of normoxia, normobaric hypoxia, hypobaric hypoxia, and genuine high altitude // Eur. J. Appl. Physiol. – 2017. – Vol.117, № 5. – P. 893–900.
5. Левшин И.В. и др. Физиологические закономерности гипоксических воздействий на функциональное состояние системы внешнего дыхания спортсменов в спорте высших достижений // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – Т.67, № 9. – С. 62–66.
6. Kim S.-H. et al. Effects of 2-week intermittent training in hypobaric hypoxia on the aerobic energy metabolism and performance of cycling athletes with disabilities // J Phys Ther Sci. – 2017. – Vol. 29, № 6. – P.1116–1120.
7. Rodriguez F.A. et al. Performance of runners and swimmers after four weeks of intermittent hypobaric hypoxic exposure plus sea level training // J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol.103, № 5. – P.1523–1535.
8. Levine B.D. Intermittent hypoxic training: fact and fancy // High Alt. Med. Biol. – 2002. – Vol. 3, № 2. – P.177–193.
9. Гананольский В.П. и др. Повышение физической работоспособности спортсменов на основе интервальной гипоксической тренировки // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 10. – С.18–19.



## СЕКЦИЯ ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

УДК 612.111: (612.017.2-057.875)(575.2)

**Кононец Ирина Евгеньевна,**

*д.м.н., профессор*

**Цопова Ирина Александровна,**

*к.б.н., и.о. доцента*

*Кафедра фундаментальной и клинической физиологии им. С.Б. Даниярова  
КГМА им. И.К. Ахунбаева, г.Бишкек*

### СОСТОЯНИЕ ЛЕЙКОГРАММЫ И КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА У СТУДЕНТОВ-ПЕРВОКУРСНИКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВУЗАХ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСТАНА

**Аннотация.** У 135 студентов, постоянно проживающих в низкогорье и высокогорье, изучен физиологический статус иммунной системы в зависимости от района проживания до переезда в связи с учебой и в конце первого года обучения. Определяли содержание в периферической крови лейкоцитов, лимфоцитов с рецепторами CD4+, CD3+, CD56+, CD16+, CD19+ на проточном цитометре Бекман Култер (США), а также исследовали лейкограмму (лейкоцитарную формулу). Показано, что у студентов обеих групп содержание лейкоцитов и лимфоцитов в периферической крови находится в пределах референсных значений, но у представителей высокогорья – на верхней границе физиологической нормы, а у низкогорцев – на нижней. При этом отмечается дефицит содержания Т- и В-лимфоцитов у проживающих в низкогорье, у представителей высокогорья есть изменения в популяции ЕК и хелперов, которые компенсируются к концу первого года обучения. В лейкоцитарной формуле у 18% высокогорцев отмечается незначительный моноцитоз, у 25% низкогорцев – эозинофилия, что минимизируется к моменту окончания первого курса. По изменениям показателей можно констатировать, что отклонения от общепринятых пределов колебания иммунологических параметров сказываются на эффективности иммунной защиты студентов, а проживание в условиях высокогорья с момента рождения способствует формированию более высокого уровня иммунного здоровья.

**Ключевые слова.** Студенты, клеточный иммунитет, лейкоциты, лейкоцитарная формула, CD-кластеры дифференцировки, низкогорье, высокогорье.

### КЫРГЫЗСТАНДЫН АР КАЙСЫ АЙМАГЫНДАГЫ ЖОГОРКУ ОКУУ ЖАЙЫНДАГЫ БИРИНЧИ КУРСТАГЫ СТУДЕНТЕРИНИН КЛЕТКАЛЫК ИММУНИТЕТИ ЖАНА ЛЕЙКОГРАММАНЫН АБАЛЫ

**Аннотация.** 135 студенттин иммундук системасынын физиологиялык абалы окуу менен байланыштуу көчүп келгенге чейин, жашаган жерине жараша жана окууга тапшыргандан бир жыл өткөндөн кийин изилденген. Перифериялык кандагы лейкоциттердин, CD4+, CD3+, CD56+, CD16+, CD19+ рецепторлору бар лимфоциттердин курамы Бекман Култер агымынын цитометринде (АКШ) аныкталып, лейкограмма (лейкоцит формуласы) изилденген.

Эки топтун студенттеринин перифериялык кандагы лейкоциттердин жана лимфоциттердин саны референс көрсөткүчтөрдүн чегинде аныкталган, бирок бийик тоолуу жерде жашагандарда бул көрсөткүчтөр физиологиялык норманын жогорку чегинде көрсөтүлгөн, ал эми жапыз тоолуу жерде жашагандарда болсо төмөнкү чегинде аныкталган. Ошол эле учурда ойдуң жерде жашагандарда Т- жана В-лимфоциттердин жетишсиздиги байкалса, бийик тоолуу жерлерде жашагандарда

ЕК жана жардамчылардын популяциясынын өзгөрүшү байкалат, алар окуунун биринчи жылынын аягында компенсацияланат.

Лейкоциттик формулада тоолуктардын 18%ында азыноолак моноцитоз, ал эми ойдуң жерде жашагандарда 25% эозинофилия бар, бул биринчи курстун аягында азаят. Көрсөткүчтөрдүн өзгөрүшүнө ылайык, иммунологиялык көрсөткүчтөрдүн олку-солкулуктарынын жалпы кабыл алынган чегинен четтөө окуучулардын иммундук коргонуусунун эффективдүүлүгүнө таасирин тийгизет, ал эми төрөлгөндөн баштап бийик тоолуу шарттарда жашоо ден соолуктун жогорку иммундук деңгээлинин калыптанышына өбөлгө түзөт.

**Негизги сөздөр:** студенттер, клеткалык иммунитет, лейкоциттер, лейкоциттердин формуласы, CD-кластерлердин дифференцировкасы, жапыз тоолор, бийик тоолор.

## STATE OF LEUKOGRAM AND CELLULAR IMMUNE IN FIRST-YEAR STUDENTS STUDYING IN UNIVERSITIES OF VARIOUS REGIONS OF KYRGYZSTAN

**Abstract.** In 135 students permanently residing in low and high mountains, the physiological status of the immune system was studied depending on the area of residence before moving due to study, and at the end of the first year of study. The content of leukocytes, lymphocytes with CD4+, CD3+, CD56+, CD16+, CD19+ receptors in the peripheral blood was determined on a Beckman Coulter flow cytometer (USA), and the leukogram (leukocyte formula) was examined. It was shown that in students of both groups the content of leukocytes and lymphocytes in the peripheral blood is within the reference values, but in the representatives of the highlands it is at the upper limit of the physiological norm, and among the lowlanders it is at the lower limit. At the same time, there is a deficiency in the content of T- and B-lymphocytes in those living in low mountains, and in representatives of high mountains there are changes in the population of ECs and helpers, which are compensated by the end of the first year of study. In the leukocyte formula, 18% of the Highlanders have a slight monocytosis, and 25% of the Lowlanders have eosinophilia, which is minimized by the end of the first course. According to the changes in indicators, it can be stated that deviations from the generally accepted limits of fluctuations in immunological parameters affect the effectiveness of students' immune protection, and living in high mountains from the moment of birth contributes to the formation of a higher level of immune health.

**Key words.** students, cellular immunity, leukocytes, leukocyte formula, differentiation CD-clusters, low mountains, high mountains.

**Введение.** Современной наукой признано, что одна из главных задач современного общества – сохранение здоровья молодого поколения как наиболее важного социального ресурса. 75% молодежи по окончании школы поступают в вузы и часто мигрируют из регионов постоянного проживания. Адаптация к новым условиям обучения в вузах сопровождается значительным напряжением компенсаторно-приспособительных систем организма студентов, в т.ч. иммунной [3,4,9]. Кроме этого важным фактором, влияющим на развитие молодого организма, является комплекс природных условий (высота проживания, ландшафт, климатические условия и т.д.), формирующий биологическую зрелость организма, а также его морфологические и психофизиологические особенности [1,2]. Поэтому, изучив изменения в крови, которая для поддержания постоянства внутренней среды реагирует изменением качественного и коли-

чественного состава на любые стрессовые воздействия, можно оценить состояние иммунной системы, уровень её реактивности и функциональное состояние организма, его возможности адаптироваться к новым условиям жизни [5,6,8]. Анализ сложных взаимодействий иммунных клеток и результатов их реакций на изменения условий среды позволяет определить насколько происходящие изменения являются стрессовыми и сказываются или оказывают влияние на функциональное состояние организма студента [7].

**Цель исследования.** Для прогнозирования состояния здоровья студентов и разработки комплексных мер по его укреплению изучить показатели лейкоцитарной формулы и выявить особенности клеточного иммунитета у студентов-первокурсников, обучающихся в вузах Кыргызстана, расположенных в двух различных климато-географических зонах.

**Материал и методы исследования.**

135 студентов-первокурсников, постоянно проживающих в различных климато-географических зонах, были разделены на 2 группы: 1-ая группа – 73 уроженца Чуйской области (низкогорье, 760 м над уровнем моря) – 40 девушек и 33 юноши, поступивших на 1 курс Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ), г. Бишкек; 2-ая группа – 62 первокурсника Нарынского государственного университета (НГУ) – 32 девушки и 30 юношей, уроженцы Нарынской области (2020 м над уровнем моря). На гематологическом анализаторе «BC-6200», «Mindray» (Китай) исследовали: количество лейкоцитов (WBC) в единице объема крови и лейкограмму (процентное содержание отдельных видов лейкоцитов). Популяционный состав лимфоцитов исследовали с

использованием моноклональных антител к поверхностным дифференцировочным антигенам (кластерам дифференцировки) на клетках иммунной системы методом проточной лазерной цитофлуорометрии (FC-500, BeckmanCoulter (США). Определяли Т-лимфоциты (CD3+), Т-хелперы (CD3+CD4+), натуральные естественные киллеры (CD16+CD56+), В-лимфоциты (CD19+). Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 15.0.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ количества лейкоцитов (WBC) в исследуемой когорте свидетельствует о разнице не только у представителей низко- и высокогорья, но и у юношей и девушек внутри групп, а также на момент поступления в вуз и спустя девять месяцев после обучения (табл.).

Таблица.

**Лейкограмма студентов-первокурсников низкогорья и высокогорья на момент поступления в вуз и после окончания 1 курса**

Группы, регион		На момент поступления в вуз				На момент окончания 1 курса			
		1гр		2гр		1гр		2гр	
		юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки
WBC, $\times 10^9 \text{ \textbackslash л}$		3,7 $\pm$ 2,4	4,1 $\pm$ 3,3	7,1 $\pm$ 3,1	7,4 $\pm$ 4,2	5,9 $\pm$ 3,8*#	6,3 $\pm$ 2,6*#	8,0 $\pm$ 3,3*#	7,8 $\pm$ 4,3*#
Neu	$\times 10^9 \text{ \textbackslash л}$	2,9 $\pm$ 1,1	3,5 $\pm$ 0,6	2,8 $\pm$ 0,8	3,1 $\pm$ 0,4	3,8 $\pm$ 1,5*#	5,2 $\pm$ 1,3*#	4,4 $\pm$ 1,7*#	3,5 $\pm$ 0,9
	п\я, %	1	2	2	2	1	3	2	2
	с\я, %	64	60	43	50	60*#	48*#	57*#	55*#
	эоз, %	7	5	4	2	2	3	1	1
Lim	$\times 10^9 \text{ \textbackslash л}$	2,2 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,6	3,4 $\pm$ 0,6	3,7 $\pm$ 1,1	2,5 $\pm$ 1,1*#	3,0 $\pm$ 0,7*#	3,3 $\pm$ 1,3*#	3,5 $\pm$ 1,2*#
	%	23	27	42	40	30*#	38*#	35*#	37*#
Mon	%	5	6	9	6	7*#	8*#	5*#	5

\*  $p < 0,1$  достоверность различий показателей между I и II группами на момент поступления в вуз  
#  $p < 0,1$  достоверность различий показателей между I и II группами после окончания 1 курса

Так, было выявлено, что у юношей и девушек 1 гр. количество лейкоцитов снижено по сравнению с представителями 2 гр. в 1,9 и 1,8 раз соответственно, а также ниже референтных значений, что не исключает снижение адапта-

ционных возможностей. В лейкоцитарной формуле 1 гр. у представителей обоих полов выше нормы число эозинофилов (5% у девушек и 7% у юношей), причем эти показатели у высокогорцев в пределах референтных значений. На мо-

мент окончания первого курса число эозинофилов в 1 гр. нормализовалось, но в 1,8 раза и в 1,5 раза увеличилось число лимфоцитов у юношей и девушек соответственно. У представителей 2 гр. на момент поступления в вуз все показатели в пределах референсов, высшей границы было число лимфоцитов и моноцитов. По окончании первого курса в этой группе отмечена положительная динамика в лейкограмме.

Особая значимость при исследовании была уделена определению отдельных фенотипов иммунокомпетентных клеток, которые проявляются на этапе выбора направления дифференцировки, когда под влиянием значительного многообразия антигенных факторов (внутрен-

них и внешних) именно соотношение отдельных фенотипов клеток оказывается решающим и стимулирует или тормозит конкретный этап развития иммунной реакции в процессе адаптации [7,9].

На момент поступления в вуз иммунологические показатели юношей и девушек 2 гр. в 58% случаев характеризовались сниженным содержанием Т- и В-лимфоцитов (рис. 1). Еще более низкие средние показатели зрелых Т-клеток (CD3+) выявлены у 88% представителей 1 гр. ( $0,8 \pm 0,2 \times 10^9$  кл/л), что свидетельствует о снижении в периферической крови относительного содержания функционально активных дифференцированных Т-лимфоцитов.

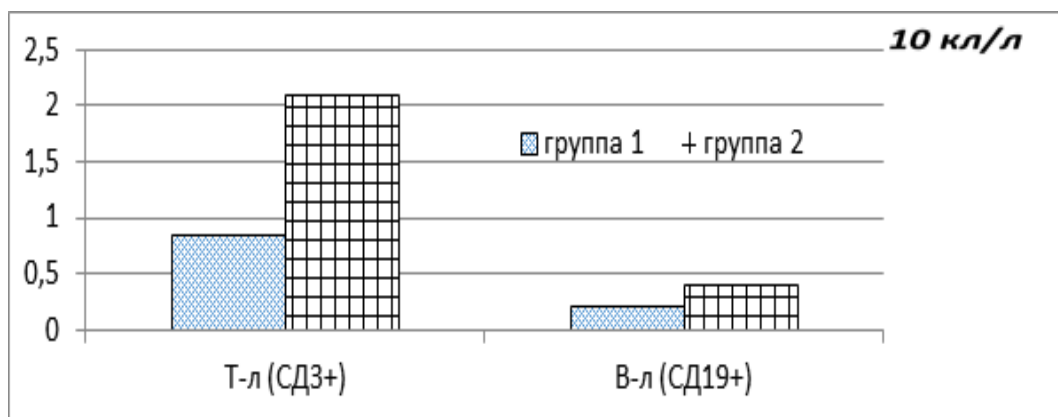


Рисунок 1.

Показатели Т- и В-лимфоцитов у студентов-первокурсников низкогорья и высокогорья на момент поступления в вуз

К моменту окончания первого курса в показателях Т-лимфоцитов в 1 гр. отмечается увеличение количества до  $1,2 \pm 0,9 \times 10^9$  кл/л ( $p < 0,05$ ). Во 2 гр. – снижение до  $0,8 \pm 0,7 \times 10^9$  кл/л, что говорит о дефиците содержания в крови Т-клеток. Число В-лимфоцитов у представителей обеих групп увеличилось и не исключается активация гуморального ответа (рис. 2).

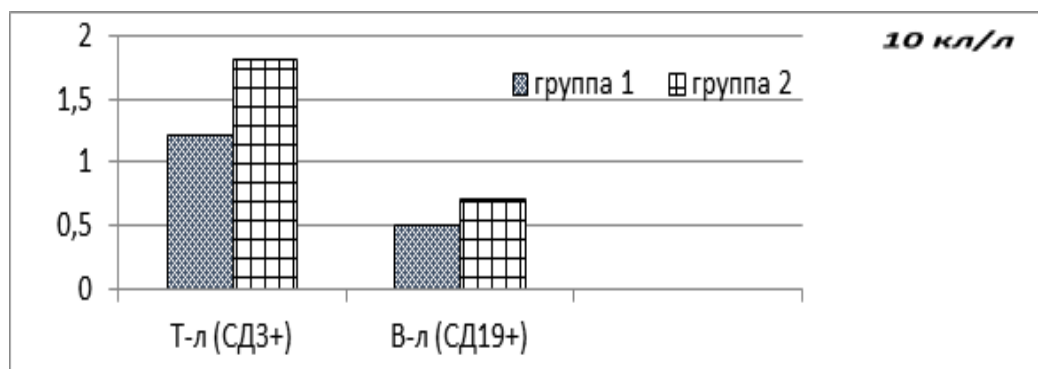


Рисунок 2.

Показатели Т- и В-лимфоцитов у студентов-первокурсников на момент окончания 1 курса

Уровень Т-лимфоцитов хелперов/индукторов CD4+ со средним и низким значением был выявлен у 28,6% всех обследуемых, что показывает сокращение резервных возможностей Т-клеточного пула. Наиболее низкие средние значения выявлены в 1 группе ( $0,4 \pm 0,01 \times 10^9$  кл/л). При этом наиболее значим указанный дефицит у лиц мужского пола обеих групп. Средние значения по данному показателю у студентов-первокурсников 2 группы регистрируются ближе к верхним границам общепринятых норм ( $0,8 \pm 0,03 \times 10^9$  кл/л). Выраженная активизация естественных киллеров (CD3-CD16+CD56+) установлена у студентов 1 группы (71,27%), особенно у девушек. Высокая киллерная активность свидетельствует о выраженном напряжении в системе клеточного иммунитета, кроме того, вероятно, именно дифференцированные клетки CD 16+ компенсируют на определенном этапе развития иммунного ответа дефицит зрелых функционально активных Т- клеток (CD3+) (рис.3).

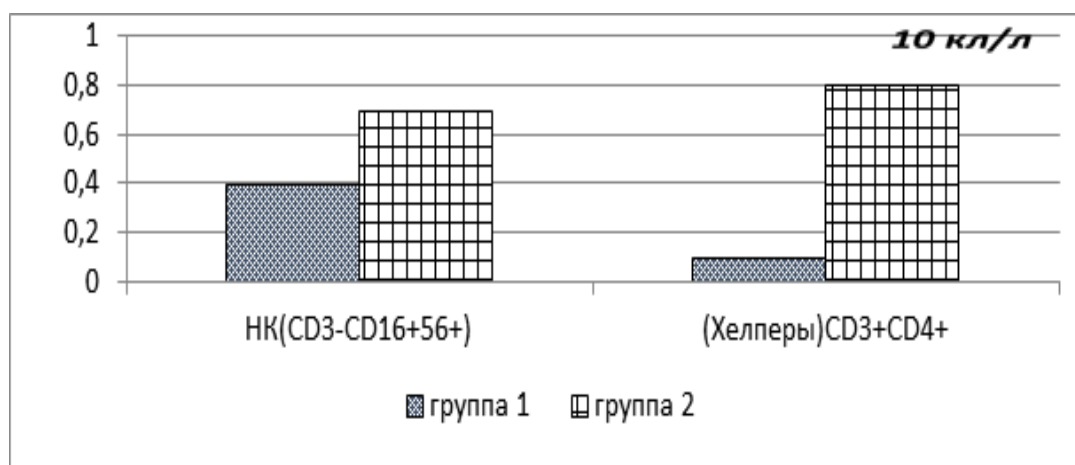


Рисунок 3.

Показатели НК и хелперов у студентов-первокурсников низкогорья и высокогорья на момент поступления в вуз

В конце первого года обучения в вузе показатели НК у студентов высокогорных районов снижаются с  $0,7 \times 10^9$  кл/л до  $0,5 \times 10^9$  кл/л, особенно у представителей мужского пола, в группе низкогорцев незначительно увеличиваются. Количество же хелперов, увеличивается в группе высокогорцев с  $0,8 \times 10^9$  кл/л до  $1,0 \times 10^9$  кл/л, у низкогорцев – с  $0,1 \times 10^9$  кл/л до  $0,5 \times 10^9$  кл/л  $p < 0,05$  (рис.4).

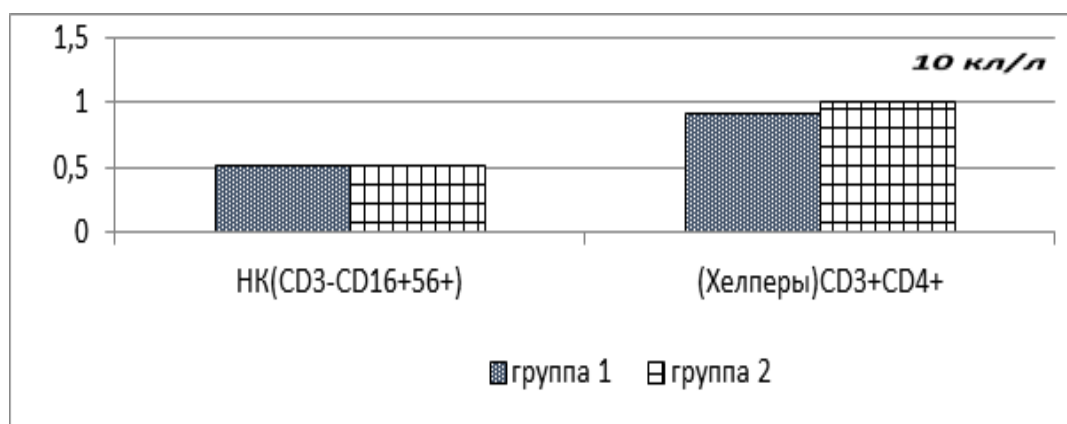


Рисунок 4.

Показатели НК и хелперов у студентов-первокурсников низкогорья и высокогорья на момент окончания первого курса



Таким образом, проведенное исследование устанавливает различия реакций иммунной системы у студентов низкогорья и высокогорья. Не исключается, что исходное состояние иммунной системы, регистрируемое у лиц в условиях высокогорья, влияет на возможность организма формировать адекватный иммунный ответ, что и является отличительной физиологической особенностью молодежи, проживающей на высокогорье.

#### **Выводы:**

1. У студентов-первокурсников рожденных, проживающих и обучающихся в высокогорных районах, отмечается повышение количества лейкоцитов до максимального референсного значения на момент поступления, которое

сохраняется достоверно высоким до окончания первого курса. В аналогичной когорте низкогорцев число лейкоцитов, находящееся на нижней границе референса при поступлении в вуз, нормализуется к концу обучения.

2. Гармоничная лейкоцитарная формула отмечается только у поступивших на первый курс студентов, уроженцев высокогорья. Лейкограмма с увеличением числа эозинофилов констатирована у студентов-первокурсников низкогорья с последующим снижением до нормы к концу обучения.

4. В обеих группах есть дефицит содержания Т- и В-лимфоцитов, который наиболее выражен у лиц, уроженцев низкогорья, что сохраняется до конца первого года обучения.

#### **Список литературы:**

1. Агаджанян Н.А., Двоеносов В.Г., Ермакова Н.В., Морозова Г.В., Юсупов Р.А. Двигательная активность и здоровье // Казань: КГУ. – 2005. – 216 с.
2. Галочкина, Д. А. Исследование взаимосвязи здорового образа жизни и жизнестойкости современных студентов (на примере студентов департамента психологии): магистерская диссертация//УРФУ. – Екатеринбург. – 2020. – 98 с.
3. Кеберле С.П. Оценка состояния здоровья студентов в современных условиях обучения//Международный студенческий научный вестник. – 2019. – №1.URL:<https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19531>
4. Кононец И.Е., Цопова И.А. Параметры гипофизарно-тиреоидных гормонов и обмена железа у студентов первых курсов вузов различных регионов Кыргызстана//Universum:Медицина и фармакология.-2016.-№5(27).URL: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/3197>
5. Кононец И.Е., Цопова И.А. Показатели красной крови у студентов-первокурсников различных регионов Кыргызстана //Вестник КРСУ. 2021. – №5. – С. 131–136.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46182274>
6. Плитман Н.В. Иммунологическая резистентность студентов в условиях привычной и повышенной двигательной активности // Вестник ЮУрГУ. – 2011. – № 7. – С. 118–122.
7. Татьянаенко А.А., Татьянаенко С.А. Здоровье студентов в период дистанционного обучения// Международный журнал экспериментального образования. – 2021. – №2. – С.26–30.URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=12021>
8. Шашкова Е.Ю., Щёголева О.Е., Айвазова М.С. и др. Иммунологическая реактивность у студентов Поморского государственного университета имени М.В. Ломоносова города Архангельска//Материалы XII Всероссийской медико-биологической науч. конф. молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина». СПб. – 2009. – С. 428.
9. Щёголева Л. С., Сергеева Т. Б., Шашкова Е. Ю. Особенность иммунологической активности периферической крови у лиц разных возрастных групп приполярного региона // Экология человека. -2016.-С.15-20.
10. Irwin M. R. Cole S. W., Reciprocal regulation of the neural and innate immune systems // Nat. Rev. Immunol. – 2011. – Vol. 1(9). – P. 625–632.

УДК 612.8.04

**Асташенко Анжела Павловна,**  
*к.б.н., доцент*

**Епихина Татьяна Валерьевна,**  
*студент*

**Волкова Светлана Алексеевна,**  
*студент*

**Дорохов Евгений Владимирович,**  
*к.м.н., доцент*

*Кафедра нормальной физиологии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко,  
Воронеж, Россия*

### **ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ КОРТИЗОЛА СЛЮНЫ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ (СТУДЕНТОВ ВУЗА) С ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ УЧЕБНОЙ УСПЕВАЕМОСТИ**

**Аннотация.** Психоэмоциональный стресс является неотъемлемой частью жизни современных молодых людей. Исследовали уровень свободного кортизола слюны у 23 молодых здоровых людей (студентов университета) в межсессионный период и экзаменационный период. Применяли метод иммуноферментного анализа. Испытуемые были разделены на две группы: 1 группа – с высокой эффективностью обучения, 2 группа – с низкой эффективностью обучения. Получены следующие результаты: резкое повышение уровня кортизола в момент влияния сильнодействующего психоэмоционального фактора (например, экзамен для студента) оказывает мобилизующее воздействие на нервную систему человека и организм в целом, что подтверждается высокоэффективными результатами учебной успеваемости. Напротив, высокие показатели кортизола слюны в период умеренного психоэмоционального окружающего фона (например, межсессионный период) являются маркером хронического стресса обучающегося, резко снижающего мобилизующий эффект кортизола в соответствующие жизненные этапы студента, что отражается в низких результатах эффективности учебной деятельности.

**Ключевые слова:** кортизол слюны, психоэмоциональный стресс, эффективность обучения.

### **ОКУУ НАТЫЙЖАЛУУЛУГУ ЖОГОРКУ ЖАНА ТӨМӨН БОЛГОН ЖАШТАРДЫН (УНИВЕРСИТЕТТЕРДИН СТУДЕНТТЕРИНИН) ШИЛЕКЕЙИНДЕГИ КОРТИЗОЛДУН ДЕНГЭЭЛИНИН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ**

**Аннотация.** Психоэмоционалдык стресс азыркы жаштардын жашоосунун ажырагыс бөлүгү болуп саналат. 23 дени сак жаш адамдарда (университеттин студенттери) сессиялар аралык мезгилде жана сынак мезгилинде шилекейдеги бош кортизолдун деңгээли изилденген. Иммуноферменттик анализ ыкмасы колдонулган. Изилденүүчүлөр эки топко бөлүндү: 1-топ – окуу эффективдүүлүгү жогору, 2-топ – окуу эффективдүүлүгү төмөн. Төмөнкү натыйжалар алынды: күчтүү психоэмоционалдык фактордун таасири учурунда кортизолдун деңгээлинин кескин жогорулашы (мисалы, студент үчүн экзамен) жалпысынан адамдын нерв системасына жана организmine мобилизациялык таасир этүүсү окуудагы жетишкендиктердин жогорку эффективдүү натыйжалары менен тастыкталган. Тескерисинче, орто психоэмоционалдык фон мезгилинде (мисалы, сессиялар аралык мезгил) шилекейдеги кортизолдун жогорку деңгээли студенттин өнөкөт стрессинин белгиси болуп саналат, ал кортизолдун студенттин тиешелүү жашоо этаптарында мобилизациялоочу таасиринин кескин азайышы окуу-тарбия ишинин натыйжалуулугунун төмөн натыйжаларынан көрүнүп турат.

**Негизги сөздөр:** шилекейдеги кортизол, психоэмоционалдык стресс, окуунун эффективдүүлүгү.

## CHANGES IN SALIVARIAN CORTISOL LEVELS IN YOUNG PEOPLE (UNIVERSITY STUDENTS) WITH HIGH AND LOW LEARNING PERFORMANCE

**Abstract.** The psycho-emotional stress is an integral part of the life of modern young people. The level of free salivary cortisol was studied in 23 young healthy people (university students) during the intersessional period and the examination period. The enzyme immunoassay method was used. The subjects were divided into two groups: group 1 – with high learning efficiency, group 2 – with low learning efficiency. The following results were obtained: a sharp increasing of cortisol level at the time of the influence of a strong psycho-emotional factor (for example, an exam for a student) has a mobilizing effect on the human nervous system and the body as a whole, which is confirmed by highly effective results of academic performance. On the contrary, high levels of salivary cortisol during a period of moderate psycho-emotional environmental background (for example, the intersessional period) are a marker of a student's chronic stress, which sharply reduces the mobilizing effect of cortisol in the corresponding life stages of the student, which is reflected in low results in the effectiveness of educational activities.

**Key words:** salivary cortisol, psycho-emotional stress, learning efficiency.

**Введение.** Психэмоциональный стресс является неотъемлемой частью жизни современных молодых людей. Постоянному хроническому стрессу подвержены студенты в следствие больших информационных потоков и необходимости их качественной переработки. Стресс, как физиологическое явление рассматривается со времен знаменитых работ Ганса Селье [1]. Изначально внимание исследователей было направлено на изучение соматических реакций на воздействие различных стрессогенов, однако с появлением работ Дж. Генри, стали учитываться изменения секреторной активности организма, при реализации поведенческих реакций на стресс [2]. Известно, что важная роль в формировании тревожных состояний принадлежит гормонам. Ответная реакция организма человека, подвергнувшегося влиянию стрессорных факторов обусловлена секрецией катехоламинов и стероидных гормонов в кровь [3]. Определение гормонов в слюне имеет важное значение при изучении патологических и физиологических состояний. Преимуществом проведения гормонального анализа слюны заключается в безболезненном сборе образцов, что очень важно для людей, боящихся венопункции [3]. Кортизол («гормон стресса») – основной глюкокортико-стероид, синтезируемый в пучковой зоне коры надпочечников как следствие каскада реакций гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Действие «гормона стресса» вызывает различные физиологические, когнитивные и поведенческие изменения, имеющие решающее значение для успешной адаптации к стрессу [4,5,6]. Концентрацию гормона кортизола в сыворотке крови или в слюне рассматривают

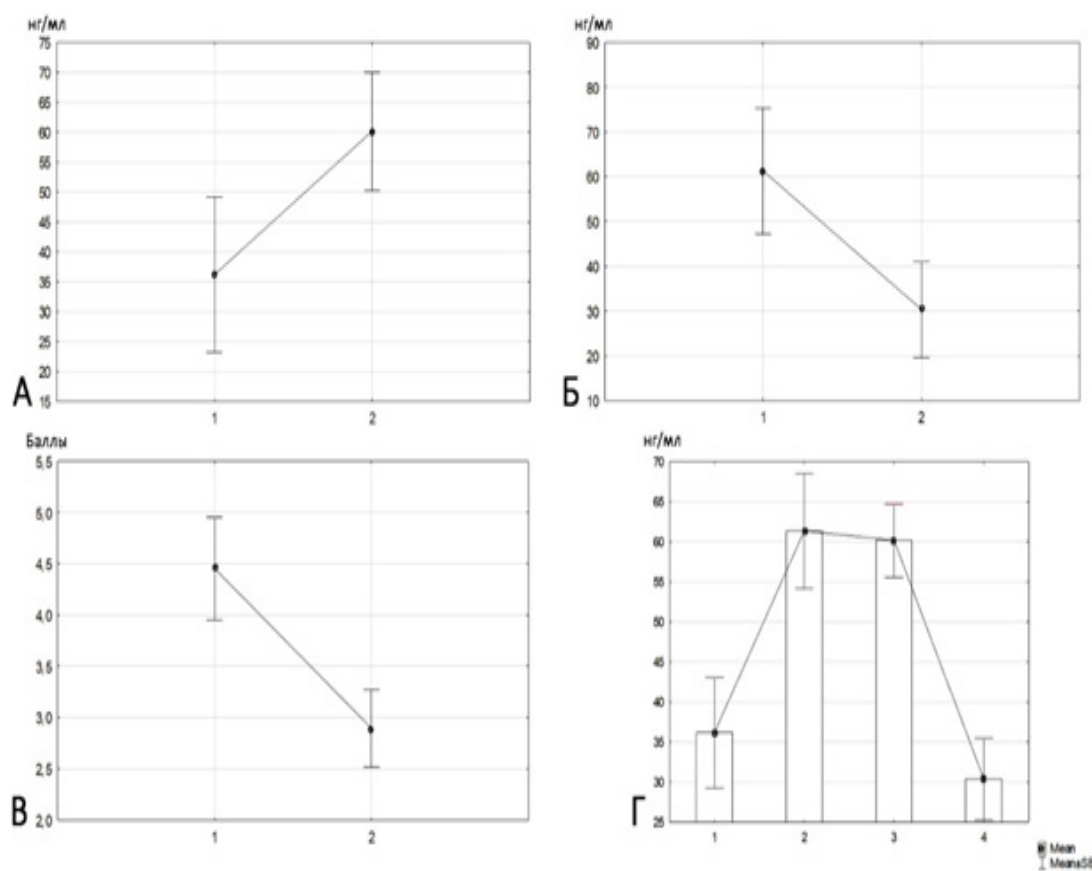
как один из индикаторов уровня стресса. Выработка кортизола происходит ритмично: максимальный уровень гормона в крови наблюдается непосредственно перед пробуждением, минимальный – в вечернее время. Уровень гормона повышается в ситуациях физической и эмоциональной нагрузок. Поскольку при длительном воздействии стрессорного фактора возможно, как повышение, так и снижение активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, что будет проявляться в неоднозначных изменениях концентрации гормона, целью настоящей работы стал анализ данных уровней кортизола слюны молодых здоровых людей (студентов ВУЗа) с высокой и низкой эффективностью учебной успеваемостью в периоды умеренного психэмоционального стресса (межсессионный период) и выраженного учебного стресса (экзаменационный период).

**Материал и методы исследования.** В исследовании приняли участие 23 молодых здоровых испытуемых (студентов 2 курса ВУЗа), 20±1 лет. Забор ротовой жидкости осуществлялся утром с 7-9 часов в межсессионный период обучения и в день экзамена. Для проведения анализа мы собирали 4-5 мл ротовой жидкости без стимуляции с помощью слюносборников в чистую подписанную пробирку после пробуждения перед едой, питьем и чисткой зубов. Образцы хранили во время транспортировки при температуре 4°C не более 24 часов. Концентрацию кортизола выражали в нг/мл [7]. Исследовали уровень содержания свободного кортизола в ротовой жидкости методом иммуноферментного анализа с использованием диагностических наборов Salivary Cortisol

ELISA Kit SLV-2930 (DRG). Данный фрагмент исследований проводился на базе НИИ экспериментальной биологии и медицины ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. Все измерения проводили в соответствии с протоколами, приложенными к наборам.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Группа испытуемых с высокой учебной эффективностью 11 человек характеризовалась: средним экзаменационным баллом  $4.5 \pm 0.1$ , ( $M \pm SE$ ), средним уровнем свободного кортизола слюны в межсессионный период

$36.2 \pm 6.9$  нг/мл, в день экзамена  $61.3 \pm 7.1$  нг/мл,  $Z=4.4$ ,  $p=0.000008$ . Группа испытуемых с низкой учебной эффективностью 12 человек характеризовалась: средним экзаменационным баллом  $2.9 \pm 0.1$ , ( $M \pm SE$ ), средним уровнем свободного кортизола слюны в межсессионный период  $60.2 \pm 6.3$  нг/мл, в день экзамена  $30.4 \pm 6.8$  нг/мл,  $Z=4.6$ ,  $p=0.000003$ . Однофакторный анализ One-wayANOVA показал значимость фактора «учебная успеваемость» в межсессионный период  $F=5.1$ ,  $p=0.03$  и экзаменационный период  $F=2.9$ ,  $p=0.004$ , рис 1.



Обозначения: 1 – межсессионный учебный период, 2 – экзаменационный период для рис. А, Б, В;  
1, 3 – межсессионный период; 2, 4 – экзаменационный период для рис. Г.

Рис. 1.

- А – средний уровень свободного кортизола слюны группы с «высокой успеваемостью»;
- Б – средний уровень свободного кортизола слюны группы с «низкой успеваемостью»;
- В – средний балл по предмету на экзамене;
- Г – изменения среднего уровня кортизола для участников с «высокой успеваемостью», (1,2) и «низкой успеваемостью», (3,4).

Известно, что ситуация экзамена (зачета) представляет собой довольно сильный эмоциональный фактор, который существенно влияет на качество ответа даже хорошо подготовленного студента [8]. Поскольку известно, что высокий уровень тревожности, физическое напряжение сопровождается повышением уровня кортизола [9,10,11], как индикатора стресса, мы предполагали, что в экзаменационный период средний уровень кортизола слюны участников исследования будет выше, чем в межсессионный период. Однако у лиц с высоким уровнем кортизола в межсессионный период наблюдалось снижение уровня кортизола в экзаменационный период. В научной литературе отмечается, что при длительном воздействии стрессора возможно, как повышение, так и снижение активности гипоталамо-гипофизарной системы, что проявляется в неоднозначных изменениях содержания кортизола [12]. Уровень кортизола в слюне повышается на фоне хронического стресса, у социально неудовлетворённых людей и на фоне депрессивных состояний [3]. Хроническое напряжение и общее психологическое истощение ассоциировано с тенденцией к снижению уровня кортизола [13,14]. Отмечается, что повышенные концентрации кортизола оказывают прямое нейротоксическое действие на нейроны гиппокампа, что в последствии при-

водит к когнитивным нарушениям, и амигдалу, стимулируя ее гиперактивное состояние, что способствует поддержанию постоянного повышенного уровня тревоги у человека [15]. Косвенным доказательством, отмеченного выше влияния кортизола, является тот факт, что все участники исследования, у которых наблюдался высокий уровень кортизола слюны в межсессионный период и снижение такового в день экзамена вошли в группу испытуемых с «низкой успешностью» обучения.

**Заключение.** Таким образом, можно заключить, что резкое повышение уровня кортизола в момент влияния сильнодействующего психоэмоционального фактора (например, экзамен для студента) оказывает мобилизующее воздействие на нервную систему человека и организм в целом, что подтверждается высокоэффективными результатами учебной успеваемости. И, напротив, высокие показатели кортизола слюны в период умеренного психоэмоционального окружающего фона (например, межсессионный период) являются маркером хронического стресса обучающегося, резко снижающего мобилизующий эффект кортизола в соответствующие жизненные этапы студента, что отражается в низких результатах эффективности учебной деятельности.

### Список литературы:

1. *Selye H.* A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents // *Nature*. – №138. – 1936. – P.32.
2. *Henry J.P., Stephens P.M., Axelrod J., Mueller R.A.* Effect of psychosocial stimuli on the enzymes involved in the biosynthesis and metabolism of noradrenaline and adrenaline // *Psychosom Med*. – № 33. – 1971. – P. 227–237.
3. *Вавилова Т.П., Островская И.Г., Медведев А.Е.* Модности и перспективы исследования гормонов в слюне // *Биомедицинская химия*. – Т. 60. – №3. – 2014. – С.295–307.
4. *Sapolsky R.M., Romero L.M., Munck A.U.* How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions // *Endocrine reviews*. – №21. – 2000. – P.55–89.
5. *Erickson K., Drevets W., Schulkin J.* Glucocorticoid regulation of diverse cognitive functions in normal and pathological emotional states // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – № 27. – 2003. – P. 233–246.
6. *Schulkin J.* Social allostasis: anticipatory regulation of the internal milieu // *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*. – №2. – 2011 – P. 1–15.
7. *Комиссарова О.В., Дорохов Е.В.* Особенности деятельности стресс-реализующих систем детей младшего школьного возраста // *вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. – №4. – 2019. – С.50–57.
8. *Александров А.Г., Лукьянёнок П.И.* Изменение уровне тревожности студентов в условиях учебной деятельности // *Научное обозрение. Медицинскинауки*. – 2016. – № 6. – С. 5–14.
9. *Schlotz W., Schulz P., Hellhammer J., Stone A.A., Dirk H. Hellhammer D.H.* Trait anxiety moderates the impact of performance pressure on salivary cortisol in everyday life // *Psychoneuroendocrinology*. – №31. – 2006. – P.459–472.
10. *Papacosta E., Nassis G. P., Gleeson M.* Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition // *Journal of Sports Sciences*. – 2016. – V.34, №13. – P.1281–1287.



11. *Lim I.S.* Comparative analysis of the correlation between anxiety, salivary alpha amylase, cortisol levels, and athletes' performance in archery competitions // *J Exerc Nutrition Biochem.* – 2018. – V. 22, № 4. – P. 69–74.
12. *Raison C.L., Miller A.H.* When not enough is too much: The role of insufficient glucocorticoid signaling in the pathophysiology of stressrelated disorders // *Amer. J. Psych.* – 2003. – № 160. – P. 1554–1565.
13. *Demitrack M.* Neuroendocrine correlates of chronic fatigue syndrome: A brief review // *Journal of psychiatric research.* – 1997. – № 31. – P. 69–82.
14. *Nicolson N., Van Diest R.* Salivary cortisol patterns in vital exhaustion // *Journal of psychiatric research.* – 2000. – № 49. – P. 335–342.
15. *Розанов В.А.* Стресс и психическое здоровье (нейробиологические аспекты) // *Социальная и клиническая психиатрия.* – 2013. – Т. 23. – № 1. – С. 79–86.

УДК 612.17+612.79:615.834

**Дорохов Евгений Владимирович,**  
кандидат медицинских наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет  
им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, г. Воронеж, Россия  
dorofov@mail.ru

### ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА У ВЗРОСЛОГО ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА ПОД ВЛИЯНИЕМ СПЕЛЕОКЛИМАТОТЕРАПИИ

**Аннотация.** Исследовано изменение состояния регуляторных систем организма по параметрам кожной проводимости и вариативности сердечного ритма у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклиматотерапии. В исследование приняли участие 29 студентов 2 курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, Воронеж (21 девушка и 8 юношей, возраст 18–21 год). Курс спелеоклиматотерапии включал 10 сеансов длительностью 1 час, при температуре 18°C. Все участники исследования дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. До начала спелеоклиматотерапии, на 3-й, на 10-й день спелеоклиматотерапии и через 7 дней после окончания курса мы зарегистрировали кожную проводимость (КПр) и кардиоритм (КР) пациентов с помощью ПМО Анализ сигналов по полиграфическим каналам совокупно с ЭЭГ-сигналами «Энцефалан-СА» (далее – ПМО «Энцефалан-СА»). Выявлено, что изменение деятельности регуляторных систем организма по параметрам кожной проводимости и вариативности сердечного ритма у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклиматотерапии зависит от пола испытуемых. У девушек и юношей наблюдаются разные механизмы ответа регуляторных систем организма на действие аэроионов. При этом и у юношей, и у девушек в ответе на спелеоклиматическое воздействие не принимают участие центральные механизмы регуляции, механизм действия обусловлен работой внутренних физиологических систем (внутрисистемными механизмами) и вегетативной нервной системы.

**Ключевые слова:** спелеокамера, спелеоклиматотерапия, регуляторная система, кожная проводимость, кардиоритм.

### СПЕЛЕОКЛИМАТОТЕРАПИЯНЫН ТААСИРИ АСТЫНДА ДЕНИ САК АДАМДАРДЫН ОРГАНИЗМИН ЖӨНДӨӨЧҮ СИСТЕМАСЫНЫН АБАЛЫНЫН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ

**Аннотация.** Спелеоклиматотерапиянын таасири астында бойго жеткен дени сак адамда теринин өткөрүмдүүлүгү жана жүрөктүн кагышынын өзгөрүшү боюнча организмдин жөнгө салуучу системаларынын абалынын өзгөрүүсү изилденген. Изилдөөгө Воронеж мамлекеттик медициналык университетинин 2-курсунун 29 студенти катышты. (18–21 жаштагы 21 кыз жана 8 улан). Спелеоклиматотерапия курсу 18°C температурада 1 саатка созулган 10 сессияны камтыйт. Изилдөөнүн бардык катышуучулары изилдөөгө катышууга жазуу жүзүндөгү макулдук беришти. Спелеоклиматотерапия башталганга чейин, спелеоклиматотерапиянын 3-күнүндө жана 10-күнүндө жана курс аяктагандан кийин 7 күндөн кийин ПМО -СА колдонгон бейтаптардын теринин өткөрүмдүүлүгүн (Т. өтк.) жана жүрөктүн кагышын (Ж.к) каттадык» (мындан ары – ПМО «Encephalan-SA»).

Спелеоклиматотерапиянын таасири астында бойго жеткен дени сак адамда теринин өткөргүчтүгү жана жүрөктүн кагышынын өзгөрүлмөлүүлүгү боюнча организмдин жөнгө салуучу системаларынын активдүүлүгүнүн өзгөрүшү сыналучулардын жынысына жараша экени аныкталды. Кыздар жана балдар аба иондорунун таасирине дененин жөнгө салуу системасынын жоопторунун ар кандай механизмдери бар. Ошол эле учурда балдарда да, кыздарда да спелеоклиматтык таасирге жооп иретинде жөнгө салуунун борбордук механизмдери катышпайт, аракет механизми

ички физиологиялык системалардын (система ичиндеги механизмдер) жана вегетативдик нерв системасынын ишине байланыштуу.

**Негизги сөздөр:** спелеокамера, спелеоклиматотерапия, жөнгө салуу системасы, тери өткөргүчтөрү, кардиоритм.

## CHANGES IN THE STATE OF THE BODY'S REGULATORY SYSTEMS IN A HEALTHY ADULT UNDER THE INFLUENCE OF SPELEOCLIMATOTHERAPY

**Abstract.** Changes in the state of the body's regulatory systems by the parameters of cutaneous conductivity and heart rate variability in a healthy adult under the influence of speleoclimatotherapy have been studied. The study involved 29 2nd year students of VSMU named after V.I. N.N. Burdenko, Voronezh (21 girls and 8 boys, age 18-21). The course of speleoclimatotherapy included 10 sessions lasting 1 hour at a temperature of 18 ° C. All study participants gave written informed consent to participate in the study. Before the start of speleoclimatotherapy, on the 3rd, on the 10th day of speleoclimatotherapy and 7 days after the end of the course, we registered the skin conductivity (SCRS) and cardiac rhythm (HR) of patients with the help of PMO Analysis of signals via polygraphic channels combined with EEG signals «Encephalan -CA». It was revealed that the change in the activity of the body's regulatory systems in terms of the parameters of cutaneous conductivity and heart rate variability in an adult healthy person under the influence of speleoclimatotherapy depends on the sex of the subjects. In girls and boys, different mechanisms of the response of the regulatory systems of the body to the action of air ions are observed. At the same time, in both boys and girls, the central mechanisms of regulation do not participate in response to the speleoclimatic effect, the mechanism of action is determined by the work of internal physiological systems (intrasystem mechanisms) and the autonomic nervous system.

**Key words:** speleocamera, speleoclimatotherapy, regulatory system, skin conduction, cardiac rhythm, tension.

Спелеоклиматотерапия широко применяется в санаторно-курортном лечении, в поликлиниках и больницах при бронхо-легочных заболеваниях, психосоматических нарушениях и в восстановительных постковидных программах [1, 2, 3, 4]. Спелеокамеры представляют собой влияние специфического соляного микроклимата, котрый формируется за счет мелкодисперсного аэрозоля NaCl, K<sup>+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, относительно высокой влажности воздуха, низкого и безопасного для организма уровня радиации, наличия легких аэроионов, гипоаллергенности воздуха, поддержания оптимальной, чуть сниженной температуры среды и слабого потока воздуха [5, 6, 7]. Полагают, что спелеоклимат не наносит вреда организму, а действует исключительно положительно на органы и системы органов человека [8], однако тонких механизмов воздействия спелеоклиматотерапии на человека до настоящего времени не выявлено [4, 9, 10].

Цель нашей работы: исследовать изменение состояния регуляторных систем организма по параметрам кожной проводимости и вариативности сердечного ритма у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклиматотерапии.

**Методы исследования.** В исследование приняли участие 29 студентов 2 курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, Воронеж (21 девушка и 8 юношей, возраст 18–21 год). Критериями включения в группу явились отсутствие острого периода вирусной или бактериальной инфекции, отсутствие психических и всех формы наркозависимости, отсутствие заболеваний крови, туберкулеза легких в активной стадии, раковых заболеваний, отсутствие беременности, обострения хронических заболеваний, изменения анатомии носовых ходов. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием людей, соответствуют этическим стандартам национального комитета по исследовательской этике и Хельсинкской декларации 1964 года и ее последующим изменениям или сопоставимым нормам этики. От каждого из включенных в исследование участников было получено информированное добровольное согласие.

Курс спелеоклиматотерапии включал 10 сеансов длительностью 1 час, при температуре 18°C. Все участники исследования дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. До начала спелеоклиматотера-

пии, на 3-й, на 10-й день спелеоклиматотерапии и через 7 дней после окончания курса мы зарегистрировали кожную проводимость (КПр) и кардиоритм (КР) пациентов с помощью ПМО Анализ сигналов по полиграфическим каналам совокупно с ЭЭГ-сигналами «Энцефалан-СА» (далее – ПМО «Энцефалан-СА»). Регистрация выбранных в конфигурации съема сигналов проводилась синхронно, что позволило не только уменьшить суммарное время исследования, но и получить возможность сопоставления показателей, получаемых по разным типам сигналов. Во время исследования пациент находился в удобной позе сидя на стуле, расслабленный, с закрытыми глазами. Для записи КПр электроды накладывались на средний и указательный пальцы испытуемых, кардиоритм записывался в I отведении.

Анализ полученных данных проведен с помощью ПМО «Энцефалан-СА», программ Excel, StatPlusPro и SPSS. Определена нормальность распределения признаков с использованием критерия Шапиро-Уилка. Расчет достоверности отличий между зависимыми переменными (до, на 3-й день спелео, 10-й день спелео и на 7-й день после курса) проведен с использованием непараметрического критерия Уилкоксона для зависимых переменных, расчет достоверности отличий между независимыми переменными (отличия параметров по полу на разных этапах тестирования). Проведен с использованием критерия Манна-Уитни.

**Результаты исследования.** Зарегистрированные параметры кожной проводимости (абсолютное значение показателя – КПр<sub>L</sub> и среднее выпрямленное значение показателя – КПрСр, Ом) представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Параметры кожной проводимости испытуемых до спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L</sub>), на 3-й и 10-й день спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L3</sub> и КПр<sub>L10</sub>) и на 7-й день после окончания спелеокурса (КПр<sub>L7</sub>)**

	КПр <sub>L</sub>	КПрСр	КПр <sub>L3</sub>	КПрСр3	КПр <sub>L10</sub>	КПрСр10	КПр <sub>L7</sub>	КПрСр7
М	208.6	28.61	227.3	29.13	225.2	27.8	151.6	18.74
SD	72.99	11.31	95.4	10.95	107.1	9.72	60.2	5.77
Me	194.0	25.2	210.0	27.8	209.0	25.8	147.0	19.45
Q1	156.0	21.3	157.0	21.7	162.0	19.6	117.2	15.95
Q3	246.0	34.3	286.0	34.7	247.0	32.2	174.0	22.15
p	-	-	-	-	-	-	0.048*	0.004*
Юноши	КПр <sub>L</sub>	КПрСр	КПр <sub>L3</sub>	КПрСр3	КПр <sub>L10</sub>	КПрСр10	КПр <sub>L7</sub>	КПрСр7
М	202.30	28.05	252.6	31.09	222.5	26.53	112.2	15.13
SD	78.95	11.41	107.98	10.94	72.23	8.31	44.22	6.15
Me	177.5	25.55	254.0	32.90	232.0	25.35	118.5	16.0
Q1	158.3	21.25	190.0	22.30	167.25	18.55	95.0	13.65
Q3	208.8	27.0	308.0	37.38	258.0	35.35	135.3	18.50
p	-	-	0.036*	-	-	-	0.028*	0.028*
Девушки	КПр <sub>L</sub>	КПрСр	КПр <sub>L3</sub>	КПрСр3	КПр <sub>L10</sub>	КПрСр10	КПр <sub>L7</sub>	КПрСр7
М	211.3	28.83	217.67	28.39	226.2	28.21	181.1	21.45
SD	72.48	11.54	91.09	11.13	119.3	10.36	54.84	3.913
Me	223.0	25.20	178.0	27.40	189.0	26.30	168.0	21.80
Q1	150.0	21.70	157.0	21.70	162.0	21.30	148.5	19.50
Q3	261.0	35.10	239.0	31.80	241.0	29.80	209.8	22.73

\* статистические значимые различия, рассчитанные с использованием критерия Уилкоксона и критерия Манна-Уитни в сравнении с фоном

Выявлено, что в целом по группе в период действия спелеоклимата параметры кожной проводимости не имели статистически значимых отличий от фоновых показателей, однако на 7-й день после воздействия спелеоклимата параметры абсолютного значения показателя и среднего выпрямленного значения показателя были достоверно ниже, чем в состоянии покоя до воздействия спелеоклимата.

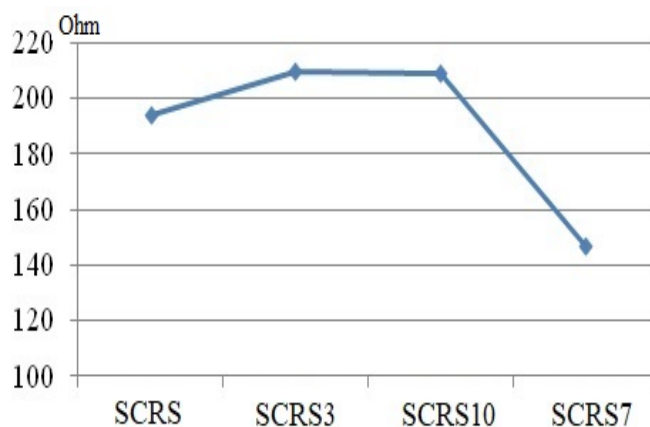


Рис. 1.

Динамика медианы КПр в до спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L</sub>), на 3-й и 10-й день спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L3</sub> и КПр<sub>L10</sub>) и на 7-й день после окончания спелеокурса (КПр<sub>L7</sub>)

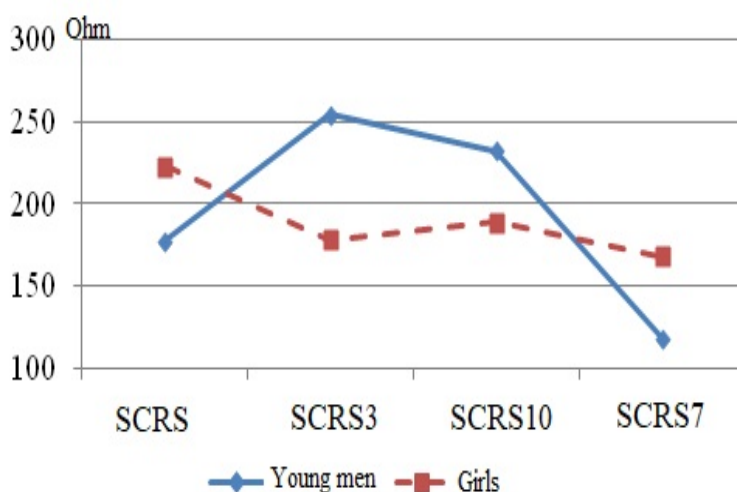


Рис. 2.

Динамика медианы КПр в до спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L</sub>), на 3-й и 10-й день спелеоклиматотерапии (КПр<sub>L3</sub> и КПр<sub>L10</sub>) и на 7-й день после окончания спелеокурса (КПр<sub>L7</sub>) девушек и юношей (отличия по полу статистически незначимы)

Динамика медианы КПр приведена на рисунке 1. Отметим, что на третий день спелеоклиматотерапии КПр несколько возростала, сохраняя свои значения до 10-го дня терапии, и снижалась к 7-му дню после воздействия спелеоклимата.

Несмотря на то, что статистически значимых отличий по параметрам КПр между юно-

шами и девушками выявлено не было, табл. 1, рис. 2, динамика КПр в разные периоды тестирования отличалась. Так, у юношей КПр возростала на 3-й день тестирования (достоверно по отношению к фону,  $p=0,036^*$ ), несколько снижалась на 10-й день спелео, и достоверно снижалась (по отношению к фону) на 10-й день спелеоклиматотерапии ( $p=0,028^*$ ). У девушек



КПр снижалась от фону до к фону после спелеоклиматотерапии, но незначительно.

Следует отметить, что у юношей размах 95%ДИ в состоянии покоя до спелеоклиматотерапии был меньше, чем у девушек, на

3-й день спелео – увеличивался относительно группы девушек, на 10-й день размах стал фактически одинаков в группах, и сохранялся до 7-го дня после окончания курса спелеоклиматотерапии.

Таблица 2.

**Динамика некоторых параметров кардиоритма под влиянием спелеоклиматотерапии**

До спелео	Mo	Амо	BP	HF	LF	ИАП	ИЦ	ИН	ИВВ
М	735.1	47.45	195.4	727.6	875.4	0.928	3.46	5.94	1.82
SD	102.5	10.09	78.85	969.4	897.99	0.628	2.82	1.32	1.47
Me	716.0	48.30	180.0	421.0	610.0	0.80	2.30	5.94	1.46
Q1	679.0	41.0	142.0	269.0	269.0	0.50	1.50	5.12	0.74
Q3	800.0	54.0	209.0	607.0	1052.0	1.20	5.30	6.21	2.33
3-й день	Mo3	Амо3	BP3	HF3	LF3	ИАП3	ИЦ3	ИН3	ИВВ3
М	780.83	44.53	220.2	1197.4	893.3	1.089	2.64	5.76	1.22
SD	103.9	12.77	95.06	1403.9	846.5	0.691	2.41	2.05	1.01
Me	767.0	44.53	184.0	537.5	584.5	0.950	1.60	5.19	0.946
Q1	696.0	35.90	160.0	283.8	277.0	0.575	1.20	4.73	0.554
Q3	873.0	57.70	280.0	1574.5	1303.3	1.40	3.33	6.20	1.32
10-й день	Mo10	Амо10	BP10	HF10	LF10	ИАП10	ИЦ10	ИН 10	ИВВ10
М	807.8	44.67	248.2	1082.7	842.2	1.04	3.42	6.03	1.85
SD	130.6	12.81	156.7	1309.4	669.4	0.75	3.26	2.02	1.97
Me	777.0	45.20	212.0	540.0	669.3	0.80	2.60	5.76	1.24
Q1	724.0	35.0	148.0	261.0	329.0	0.50	1.20	4.76	0.71
Q3	909.0	53.10	270.0	1295.5	953.5	1.35	4.05	6.23	1.92
р									0.043*
7-й день после курса	Mo7	Амо7	BP7	HF7	LF7	ИАП7	ИЦ7	ИН7	ИВВ7
М	752.1	44.8	259.0	1005.2	1192.9	0.786	2.94	7.92	1.76
SD	93.96	12.6	138.8	1108.4	874.8	0.616	1.82	7.37	1.13
Me	752.0	40.2	232.0	704.0	955.9	0.743	2.57	6.20	1.54
Q1	702.0	35.3	162.0	316.3	492.5	0.350	1.70	5.05	0.91
Q3	787.0	56.7	295.5	874.3	1788.0	0.800	3.60	6.73	2.17

\* статистические значимые различия, рассчитанные с использованием критерия Уилкоксона в сравнении с фоном

*Примечание:* RR – длительность RR интервала, ЧСС – частота сердечных сокращений, LF – индекс медленных волн первого порядка, HF – индекс дыхательных волн, ИАП – индекс активации подкорковых центров, ИЦ – индекс централизации, ИН – индекс напряжения, ИВВ – индекс вегетативного взаимодействия.

Динамика параметров кардиоритма под влиянием спелеоклиматотерапии представлена в таблице 2. Представленные показатели, отражающие состояние регуляторных систем кардиоритма, не имели статически значимых отличий

и в период спелеоклиматотерапии внутри выборки, в сравнении с фоном, за исключением индекса вегетативного взаимодействия, который значимо уменьшался на 10-й день спелеоклиматотерапии, табл. 2.

Таблица 3.

**Динамика некоторых параметров кардиоритма под влиянием спелеоклиматотерапии у юношей и девушек**

1. До начала курса спелеоклиматотерапии

<b>Юноши</b>	Mo	Амо	BP	HF	LF	ИАП	ИЦ	ИН	ИВВ
M	731.3	44.4	216.0	664.9	1544.4	0.725	4.69	6.44	2.46
SD	101.4	9.14	65.68	586.8	1346.9	0.587	2.75	1.95	1.03
Me	756.0	43.90	203.5	486.5	983.5	0.700	4.40	5.97	2.14
Q1	664.3	37.85	165.8	266.8	421.5	0.325	3.05	5.68	1.91
Q3	812.5	50.55	254.8	872.8	2677.3	0.875	5.45	6.20	3.14
<b>Девушки</b>	Mo	Амо	BP	HF	LF	ИАП	ИЦ	ИН	ИВВ
M	736.7	48.61	187.5	751.6	620.6	1.01	2.99	5.75	1.57
SD	107.9	10.64	85.26	1113.5	535.8	0.655	2.84	1.03	1.59
Me	716.0	49.80	168.0	337.0	402.0	0.800	1.90	5.44	0.93
Q1	679.0	41.70	141.0	269.0	262.0	0.500	1.30	5.11	0.57
Q3	786.0	54.00	203.0	515.0	847.0	1.30	3.20	6.21	2.08
p					0.012*				

2. На 3-й день курса спелеоклиматотерапии

<b>Юноши</b>	Mo3	Амо3	BP3	HF3	LF3	ИАП3	ИЦ3	ИН3	ИВВ3
M	793.4	40.86	293.0	1675.3	1719.7	0.886	2.94	7.37	1.40
SD	104.9	13.0	95.45	1241.5	1064.0	0.736	2.18	3.50	0.90
Me	775.5	37.15	322.0	1323.0	1314.0	0.700	1.70	6.59	1.06
Q1	716.8	31.30	256.0	829.0	1304.5	0.300	1.30	5.92	0.87
Q3	887.3	49.15	367.8	2470.0	2151.0	1.25	4.20	7.46	1.68
<b>Девушки</b>	Mo3	Амо3	BP3	HF3	LF3	ИАП3	ИЦ3	ИН3	ИВВ3
M	776.1	45.92	192.5	1038.1	617.8	1.16	2.53	5.14	1.16
SD	108.2	13.03	83.61	1480.0	587.2	0.698	2.58	0.61	1.09
Me	767.0	46.20	181.00	410.0	387.0	1.0	1.30	5.01	0.76
Q1	696.0	37.20	150.00	244.0	211.0	0.800	1.20	4.70	0.54
Q3	869.0	57.70	229.00	1445.0	891.0	1.40	2.90	5.26	1.24
			0,025*	0,043*	0,028*				

## 3. На 10-й день курса спелеоклиматотерапии

<b>Юноши</b>	Mo10	Amo10	BP10	HF10	LF10	ИАП10	ИЦ10	ИН 10	ИВВ10
М	808.9	41.81	333.6	1507.3	1419.1	0.871	3.54	7.46	2.02
SD	89.56	11.51	249.5	1767.9	956.8	0.499	3.33	3.40	2.13
Me	789.5	43.30	298.0	949.0	1774.0	0.900	2.80	6.83	1.47
Q1	759.0	34.60	185.8	502.5	576.5	0.500	1.45	5.48	0.81
Q3	885.0	47.20	356.8	1649.5	1975.0	1.20	3.95	8.52	1.92
<b>Девушки</b>	Mo10	Amo10	BP10	HF10	LF10	ИАП10	ИЦ10	ИН 10	ИВВ10
М	807.4	45.76	215.67	934.1	640.3	1.11	3.37	5.49	1.79
SD	148.1	13.67	98.96	1166.1	426.6	0.838	3.41	0.854	2.02
Me	747.0	47.20	200.0	420.0	525.5	0.750	2.20	5.59	1.09
Q1	695.0	35.00	144.0	227.3	292.5	0.500	1.23	4.70	0.74
Q3	918.0	55.60	243.0	1058.5	845.3	1.45	4.30	5.96	1.74
р								0.017*	

## 4. На 7-й день после курса спелеоклиматотерапии

<b>Юноши</b>	Mo7	Amo7	BP7	HF7	LF7	ИАП7	ИЦ7	ИН7	ИВВ7
М	757.8	42.43	362.83	1072.400	1924.2	0.660	3.12	11.81	1.96
SD	80.77	12.99	160.69	702.905	803.3	0.270	0.858	11.48	0.532
Me	762.5	38.25	295.5	872.000	1635.0	0.700	3.50	7.26	1.87
Q1	728.78	33.15	289.5	743.000	1473.0	0.500	3.30	6.66	1.84
Q3	782.0	46.20	358.5	875.000	2436.0	0.800	3.60	8.24	1.98
<b>Девушки</b>	Mo7	Amo7	BP7	HF7	LF7	ИАП7	ИЦ7	ИН7	ИВВ7
М	748.2	46.42	189.8	967.9	786.6	0.856	2.83	5.33	1.65
SD	111.5	13.54	80.5	1377.8	704.6	0.783	2.32	0.773	1.43
Me	750.0	45.50	163.0	467.0	629.0	0.800	2.00	5.12	1.14
Q1	683.0	38.30	148.0	226.0	266.0	0.300	1.40	4.64	0.789
Q3	789.0	57.90	218.0	665.0	759.0	0.800	4.10	6.05	2.24
								0.007*	

\* статистические значимые различия, рассчитанные с использованием критерия Манна-Уитни в сравнении с фоном

В состоянии покоя вне влияния спелеоклимата достоверные отличия между юношами и девушками выявлены только по параметру LF, табл. 3, у девушек выраженность низких волн достоверно ниже, чем у юношей.

На 3-й день посещения спелеокамеры выявлены достоверные отличия между юношами и девушками по параметрам вариационного размаха, низко- и высокочастной волновой активности.

На 10-й день спелеоклиматотерапии эти отличия нивелировались, и выявлялись только

достоверные отличия по индексу напряжения между юношами и девушками: у девушек индекс напряжения на 10-й день спелеокурса был достоверно ниже, чем у юношей.

После окончания спелеокурса на 7-й день у девушек индекс напряжения также был достоверно ниже, чем у юношей.

Динамика медианы индекса вегетативного взаимодействия, рис. 3, демонстрирует снижение ИВВ на 3-й день спелеоклиматотерапии и его увеличение на 10-й день спелео, а затем на 7-й день после окончания курса.

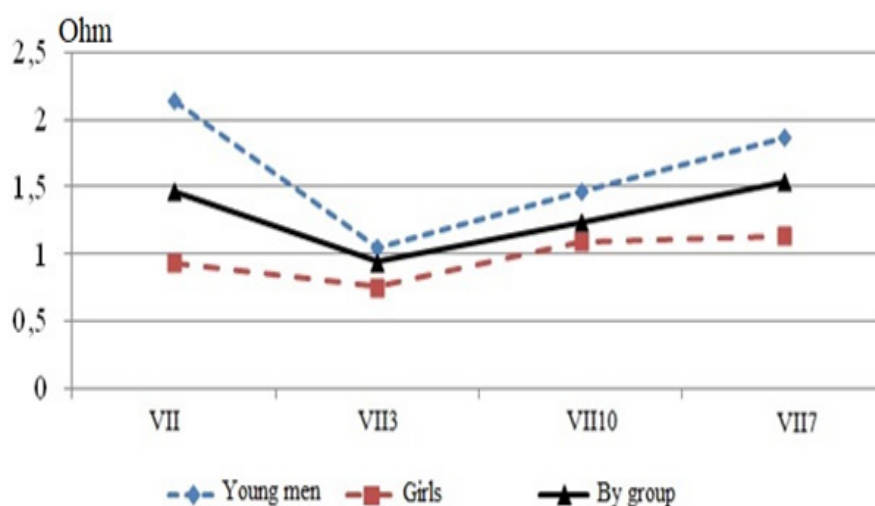


Рис. 3.

Динамика медианы ИВВ до спелеоклиматотерапии (ИВВ), на 3-й и 10-й день спелеоклиматотерапии (ИВВ3 и ИВВ10) и на 7-й день после окончания спелеокурса (ИВВ7) девушек и юношей (отличия по полу статистически незначимы)

Динамика медианы индекса напряжения, рис. 4, демонстрирует небольшое снижение напряжения у девушек на 3-й день спелеоклиматотерапии, повышение его к 10-му дню и снижение к 7-му дню после окончания спелеокурса. А вот у юношей индекс напряжения немного возрастал к от состояния покоя к 10-му дню спелеотерапии и к 7-му дню после окончания терапии.

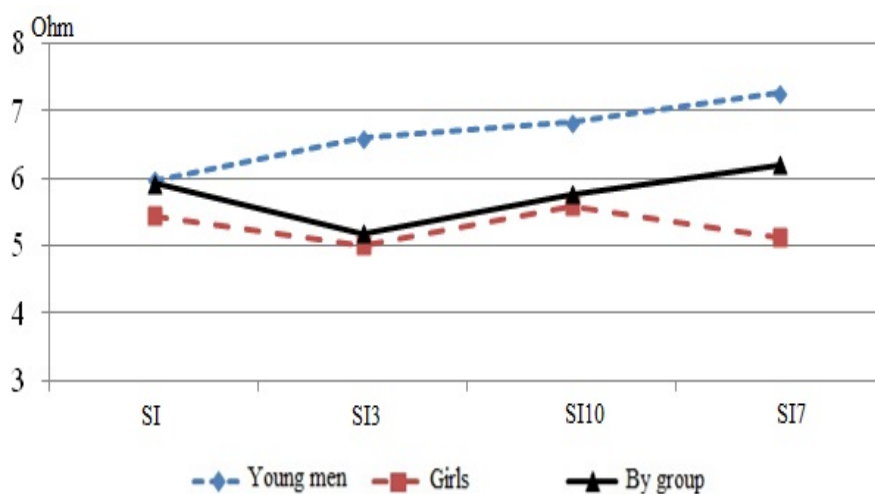


Рис. 4.

Динамика медианы ИН в до спелеоклиматотерапии (ИН), на 3-й и 10-й день спелеоклиматотерапии (ИН3 и ИН10) и на 7-й день после окончания спелеокурса (ИН7) девушек и юношей (отличия по полу статистически незначимы)

**Обсуждение результатов.** Прежде чем переходить к обсуждению результатов, следует отметить, что нахождение испытуемых в выключенной спелеокамере (без создания спелеоклимата), по данным Н.П. Горбатенко [11], не приводит к статистически значимому отклонению параметров регуляторных систем орга-

низма. Так, группа сравнения (плацебо) составила 22 студента, прошедших имитационный курс спелеоклиматотерапии, табл. 4. Исследование проведено на студентах 2 курса ВГМУ имени Н.Н. Бурденко, в спелеокамере кафедры нормальной физиологии.

Таблица 4.

**Изменение показателей вариабельности сердечного ритма у студентов группы «плацебо» при прохождении имитационного курса спелеоклиматотерапии**

Параметр КР	До спелеоклиматотерапии	После спелеоклиматотерапии
Амо	35.45±2.27	37.02±1.96
ВР	372.5±26.65	337.05±23.58
ИН	79.87±15.06	85.07±10.72
Общая мощность волн	7095.01±686.83	6980.25±1287.93

По нашим данным, показатели, отражающие состояние регуляторных систем кардиоритма (ИАП, ИЦ), не имели статически значимых отличий в период спелеоклиматотерапии, что говорит об отсутствии изменений в прямой регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны ЦНС под влиянием спелеоклимата.

Индекс вегетативного взаимодействия, однако, значительно уменьшался на 10-й день спелеоклиматотерапии по отношению к фону, сообщая нам об активации парасимпатического контура регуляции.

Между юношами и девушками в состоянии покоя вне влияния спелеоклимата и под влиянием спелеоклиматотерапии на 3-й день выявленные статистически значимые отличия по волновому спектру кардиоритма также свидетельствуют об изменении регуляции со стороны ВНС.

Однако динамика ИН у юношей и девушек такова, что в группе девушек ИН меняется незначительно на всем периоде исследования, а в группе юношей индекс напряжения постоянно нарастает. То есть напряжение регуляторных систем под влиянием спелеоклиматотерапии более характерно для юношей, нежели чем для девушек. И на 7-й день после окончания спелеокурса у девушек индекс напряжения был достоверно ниже, чем у юношей.

Определение кожной проводимости позволяет нам судить об активации ВНС по физической и тонической компоненте, выраженности эмоциональной напряженности в процессе проведения исследования, оценить переходные процессы на воздействия; с достаточной долей вероятности (80%) судить о работе АКТГ-глюкокортикоидной стресс-реализующей оси (по норадреналину) [12,13,14].

Согласно нашим данным, можно предположить, что нарастающее напряжение у юношей связано с уменьшением ИВВ и, соответственно, активацией оси АКТГ-норадреналин (НА) на 3-й день спелеоклиматотерапии, и связанным последующим ростом ИВВ из-за увеличения НА в системе.

У девушек, вероятно, влияние спелеоклиматотерапии не стимулировало активацию АКТГ-НА стресс-реализующей оси, а происходили изменения внутри самой сердечно-сосудистой системы за счет влияния аэроионов на тканевые и клеточные механизмы.

**ВЫВОДЫ.** Под влиянием спелеоклиматотерапии активировался парасимпатический контур регуляции. Динамика ИН у юношей и девушек отличалась: в группе девушек ИН изменялся незначительно на всем периоде исследования, а в группе юношей индекс напряжения постоянно нарастает.

Изменение деятельности регуляторных систем организма по параметрам кожной проводимости и вариативности сердечного ритма у взрослого здорового человека под влиянием спелеоклиматотерапии зависело от пола испытуемых. У девушек и юношей наблюдались разные механизмы ответа регуляторных систем организма на действие аэроионов.

При этом и у юношей, и у девушек в ответе на спелеоклиматическое воздействие не принимали участие центральные механизмы регуляции (по данным ВСП), механизм действия спелеоклимата был обусловлен работой внутренних физиологических систем (внутрисистемными механизмами) и изменением активности вегетативной нервной системы.

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



### Список литературы:

1. *Beaton S.P., Falkenbach A., Fainburg G., Linde K.* (2009) Speleotherapy for asthma. Cochrane database of systematic reviews (Online : Update Software). № 4. pp. 17–41.
2. *Почивалов А.В., Погорелова Е.И., Панина О.А.* (2015) Эффективность спелео- и ароматерапии у часто болеющих детей. В сборнике: Инновации В Современном Мире. Сборник статей Международной научно-практической конференции. С. 263-265. [Pochivalov A.V., Pogorelova E.I., Panina O.A. (2015) Jeffektivnost' speleo- i aromaterapii u chasto bolejušhijh detej. V sbornike: Innovacii V Sovremennom Mire. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. S. 263-265. (InRuss)]
3. *Дорохов Е.В., Агаджанян Н.А., Карпова А.В., Жоголева О.А.* (2005) Роль спелеотерапии в профилактике и лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы. Аллергология и иммунология. Т. 6., № 3. С. 421. [Dorohov E.V., Agadzhanjan N.A., Karpova A.V., Zhogoleva O.A. (2005) Rol' speleoterapii v profilaktike i lečenii zabolevanij serdečno-sosudistoj sistemy. Allergologija i immunologija. T. 6., № 3. S. 421. (InRuss)]
4. *Файнбург Г.З.* (2018) О доказательности эффективности методов спелеотерапии в калийных рудниках и спелеоклиматотерапии в сальвинитовых спелеокамерах. В сборнике: Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей Материалы I Международной научно-практической конференции. Под ред. Г.З. Файнбурга. С. 416-441. [Fajnburg G.Z. (2018) O dokazatel'nosti jeffektivnosti metodov speleoterapii v kalijnyh rudnikah i speleoklimatoterapii v sil'vinitovyh speleokamerah. V sbornike: Aktual'nye problemy ohrany truda i bezopasnosti proizvodstva, dobychi i ispol'zovanija kalijno-magnievyh solej Materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Pod red. G.Z. Fajnburga. S. 416-441. (InRuss)]
5. *Lăzărescu H., Simionca I., Hoteteu M., Mirescu L.* (2014) Speleotherapy – modern bio-medical perspectives. Journal of Medicine and Life Volume 7, Special Issue 2, 2014. pp. 76–79.
6. *Верихова Л.А.* (2000) Спелеотерапия в России. Теория и практика лечения хронических заболеваний респираторного тракта в подземной сальвинитовой спелеолечебнице и наземных сальвинитовых спелеоклиматических камерах. Пермь. 168 с. [Verihova L.A. (2000) Speleoterapija v Rossii. Teorija i praktika lečenija hroničeskijh zabolevanij respiratornogo trakta v podzemnoj sil'vinitovoj speleolečebnice i nazemnyh sil'vinitovyh speleoklimatičeskijh kamerah. Perm'. (In Rus)]
7. *Файнбург Г.З.* (2017) The permian «know-how» for health resort care by a sylvinite speleoclimatic salt caves. Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2017. № 2. С. 46–51. [Файнбург Г.З. (2017) The permian «know-how» for health resort care by a sylvinite speleoclimatic salt caves. Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2017. № 2. С. 46–51. (In Rus)]
8. *Николаева Е.А., Косяченко Г.Е., Афонин В.Ю.* (2019) Активность ферментативного звена антиоксидантной системы смешанной слюны детей при проведении гало- и спелеотерапии. Здоровье и окружающая среда. 2019. № 29. С. 12-16. [Николаева Е.А., Косяченко Г.Е., Афонин В.Ю. (2019) Активность ферментативного звена антиоксидантной системы смешанной слюны детей при проведении гало- и спелеотерапии. Здоровье и окружающая среда. 2019. № 29. С. 12-16. (In Rus)]
9. *Семилетова В.А.* (2021) Изменение мощностных характеристик биоэлектрической активности мозга человека под влиянием спелеоклиматотерапии. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – № 1. [Semiletova V.A. (2021) Izmenenie moshhnostnyh harakteristik bioelektricheskoj aktivnosti mozga cheloveka pod vlijaniem speleoklimatoterapii. Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. – № 1. (In Rus)]
10. *Семилетова В.А., Дорохов Е.В., Нечаева М.С.* (2021) Влияние спелеоклиматотерапии на фоновую ээг активность головного мозга человека. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. Выпуск 1 (77). С. 116-120. [Semiletova V.A., Dorohov E.V., Nechaeva M.S. (2021) Vlijanie speleoklimatoterapii na fonovuju jejeg aktivnost' golovnogo mozga cheloveka. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. Vypusk 1 (77). S. 116–120. (In Rus)]
11. *Горбатенко Н.П.* (2013) Влияние спелеоклиматотерапии на психоэмоциональное и вегетативное состояние студентов в условиях информационного стресса. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Москва. [Gorbatenko N.P. (2013) Vlijanie speleoklimatoterapii na psihojemocional'noe i vegetativnoe sostojanie studentov v uslovijah informacionnogo stressa. – Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologičeskijh nauk. – Moskva. (In Rus)]
12. *Braithwaite, J.J., Watson, D.G., Jones, R., Rowe, M.* (2016) A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRS) for psychological experiments. Psychophysiology 49. 1017–1034.
13. *Critchley, H. D.* (2002) Electrodermal responses: what happens in the brain. The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry. 8(2). 132–142.
14. *Van der Heijden, A. H. C.* (1996) Perception for selection, selection for action, and action for perception. Visual Cognition. 3(4). 357–361.

УДК: 616-006;612.61;28.07

**Мираков Равшан Саидович,***к.м.н., доцент**Кафедра урологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе*

### **ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО БАЛАНСА У СОБАК С ЕДИНСТВЕННОЙ ОСТАВШЕЙСЯ ПОЧКОЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКОГОРЬЯ И ВЫСОКОГОРЬЯ**

**Аннотация.** Исследовали 22 половозрелых собак-самцов массой 10-14 кг: 10 интактных, 6 нефрэктомированных и 6 собак с единственной резецированной почкой. Наблюдения проводилось на перевале Анзоб (высота 3500м над ур.м.) и в г. Душанбе (высота 850 м. над ур. м.) после односторонней нефрэктомии (6 собак). Определяли концентрацию натрия и калия в плазме, эритроцитах и моче, креатинина и остаточного азота крови и минутный диурез.

Установлено, что в условиях высокогорья компенсаторные возможности почки резко подавляются. Сочетанное воздействие стрессорных факторов вызывало расстройство механизма «насоса натрия», что способствовало накоплению в эритроцитах и моче ионов натрия, снижению его клиренса и экскретируемой фракции. Сдвиг в показателях баланса калия после нефрэктомии был несущественным, за исключением показателя клиренса, который уменьшался только в начальных сроках после операции. Все эти нарушения свидетельствуют о том, что ионорегулирующая функция в оставшейся почке не восстанавливается в полном объеме через месяц после операции.

Отмечено, что динамика изменений функциональной деятельности и электролитного баланса единственной почки в период реадaptации такая же, как и в период пребывания животных в высокогорье, различия имеются лишь в степени выраженности отдельных показателей.

**Ключевые слова:** адаптация, высокогорье, калий, натрий, нефрэктомия, резецированная почка, реадaptация.

### **ЖАПЫЗ ЖАНА БИЙИК ТООЛОРДУН ШАРТЫНДА ЖАЛГЫЗ БӨЙРӨГҮ БАР ИТТЕРДЕГИ ЭЛЕКТРОЛИТТЕРДИН БАЛАНСЫНЫН ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ**

**Аннотация.** Салмагы 10–14 кг болгон 22 жетилген эркек ит: 10 бүтүн, 6 нефрэктомияланган жана 6 бир бөйрөгү резекцияланган иттер изилденди. Байкоолор Анзоб ашуусунда (3500м.д.д. бийиктик.) жана Душанбеде (850 м.д.д. бийиктикте) бир тараптуу нефрэктомиядан (6 ит) кийин жүргүзүлгөн. Плазмадагы, эритроциттердеги жана заарадагы натрий менен калийдин концентрациясы, кандагы креатинин жана калдык азот, минуталык диурез аныкталды.

Бийик тоонун шартында бөйрөктүн компенсациялык мүмкүнчүлүктөрү кескин түрдө ба-сылганы аныкталган. Стресс факторлорунун биргелешкен таасири эритроциттерде жана заарада натрий иондорунун топтолушуна, анын клиренсинин жана бөлүнүп чыгуучу үлүшүнүн төмөндөшүнө шарт түзгөн «натрий насосу» механизмнин бузулушун шарттады. Нефрэктомиядан кийин операциядан кийинки алгачкы мезгилде гана азайган клиренстин көрсөткүчтөрүн кошпогондо калий балансынын жылышы анча деле маанисилүү эмес. Бардык бул бузулуулар операциядан бир айдан кийин калган бөйрөктөгү ионду жөнгө салуучу функция толук калыбына келбегендигин көрсөтүп турат.

Рeadaptация мезгилинде бир бөйрөктүн функционалдык активдүүлүгүнүн жана электролит балансынын өзгөрүшүнүн динамикасы жаныбарлардын бийик тоолуу аймактарда болгон мезгилде окшош экендиги, айрым көрсөткүчтөрдүн билинүү даражасы боюнча гана айырмачылыктар бар экендиги белгиленди.

**Негизги сөздөр:** адаптация, бийик тоолор, калий, натрий, нефрэктомия, резекцияланган бөйрөк, реадaptация.

## CHANGES IN THE ELECTROLYTE BALANCE IN DOGS WITH THE ONLY LEFT KIDNEY UNDER THE CONDITIONS OF LOW AND HIGH MOUNTAINS

**Abstract.** We studied 22 mature male dogs weighing 10-14 kg: 10 intact, 6 nephrectomized and 6 dogs with a single resected kidney. Observations were carried out at the Anzob pass (altitude 3500 m a.s.l.) and in Dushanbe (altitude 850 m a.s.l.) after unilateral nephrectomy (6 dogs). The concentration of sodium and potassium in plasma, erythrocytes and urine, creatinine and residual nitrogen in the blood, and minute diuresis were determined.

It has been established that in conditions of high mountains, the compensatory capabilities of the kidney are sharply suppressed. The combined effect of stress factors caused a breakdown of the "sodium pump" mechanism, which contributed to the accumulation of sodium ions in erythrocytes and urine, and a decrease in its clearance and excreted fraction. The shift in potassium balance after nephrectomy was insignificant, with the exception of the clearance, which decreased only in the initial periods after the operation. All these violations indicate that the ion-regulating function in the remaining kidney is not fully restored one month after the operation.

It was noted that the dynamics of changes in the functional activity and electrolyte balance of a single kidney during the readaptation period is the same as during the stay of animals in the highlands, there are differences only in the severity of individual indicators.

**Key words:** adaptation, high mountains, potassium, sodium, nephrectomy, resected kidney, readaptation.

Данные многочисленных исследований [4, 5, 6, 7, 8] свидетельствуют о значительном напряжении физиологических систем организма при влиянии неадекватных факторов высокогорья. Выделительная система организма и прежде всего его основной орган почки, занимает особое место, поскольку нарушения нормального функционирования почек могут оказывать значительное влияние на состояние других систем организма и вызывает изменения гомеостаза [2, 3]. Между тем, в научной литературе имеются немногочисленные исследования, посвященные изучению функциональной деятельности почек и электролитного баланса при адаптации организма к условиям высокогорья [1, 6].

Цель исследования состоит в изучении показателей баланса ионов натрия и калия в крови и моче после односторонней нефрэктомии и денервации единственной оставшейся почки у экспериментальных животных (собак) в условиях низкогогорья и высокогорья

**Материал и методы исследования.** Изучение функционального состояния почек и водно-электролитного баланса в период адаптации к условиям высокогорья были проведены на 22 половозрелых собаках-самцах массой

10–14 кг: 10 интактных, 6 нефрэктомированных и 6 собак с единственной резецированной почкой. Наблюдения проводилось на перевале Анзоб (высота 3500 м над ур.м.) и в г. Душанбе (высота 850 м. над ур. м.) после односторонней нефрэктомии (6 собак) спустя 2 месяца подняли в высокогорье. Определяли концентрацию натрия и калия в плазме, эритроцитах и моче, креатинина и остаточного азота крови и минутный диуреза. Содержание ионов натрия и калия в крови и моче определяли с помощью плазменной фотометрии на отечественном плазменном фотометре ПФМ, по методу В.Н. Бирюкова (1955). Показатели электролитного баланса определены на 3-10-20-30-е сутки после операции.

**Результаты исследования и их обсуждение.** К 4–5 суткам, как правило, состояние животных приближалось к норме. В первые 10 дней после нефрэктомии, проведенной в условиях долины, в оставшейся почке наблюдается наиболее выраженное расстройство баланса натрия и калия. Так, на 3 сутки после операции отмечались внеклеточная гипернатриемия и клеточная гипонатриемия, концентрация натрия в моче, а его клиренс, экскретируемая фракция увеличивались в два раза по сравне-

нию с показателем для двух нормальных почек. Начиная с 20 суток выявлялась тенденция к нормализации содержания этих ионов в крови и моче, чему способствовали высокие компенсаторно-адаптационные возможности оставшегося органа.

В условиях высокогорья нефрэктомии производили интактным собакам на 2-3 сутки адаптации. В первые трое суток после операции у животных наблюдалось нарушение сна и бодрствования, большую часть дня собаки спали, и их приходилось будить для приема пищи и воды. Анализ данных эксперимента, проведенного на нефрэктомизированных собаках в условиях высокогорья, свидетельствует о тяжелых нарушениях функциональной способности оставшейся почки, подвергнутой двойному стрессорному воздействию: нефрэктомии и экстремальных факторов высокогорья. Оставшаяся почка за время наблюдения в высокогорье оказалась не способной компенсировать функ-

ции утраченной. Установлено, что в условиях высокогорья компенсаторные возможности почки резко подавляются. Сочетанное воздействие стрессорных факторов вызывало расстройство механизма «насоса натрия», что способствовало накоплению в эритроцитах и моче ионов натрия, снижению его клиренса и экскретируемой фракции. Однако, несмотря на уменьшение выделения натрия с мочой, его концентрация в плазме и эритроцитах оставалась пониженной до конца эксперимента. Сдвиг в показателях баланса калия после нефрэктомии был несущественным, за исключением показателя клиренса, который уменьшался только в начальных сроках после операции. Все эти нарушения свидетельствуют о том, что ионорегулирующая функция в оставшейся почке не восстанавливается в полном объеме через месяц после операции. Результаты электролитного баланса нефрэктомизированных собак в период реадaptации к высокогорью отражены на рис. 1.

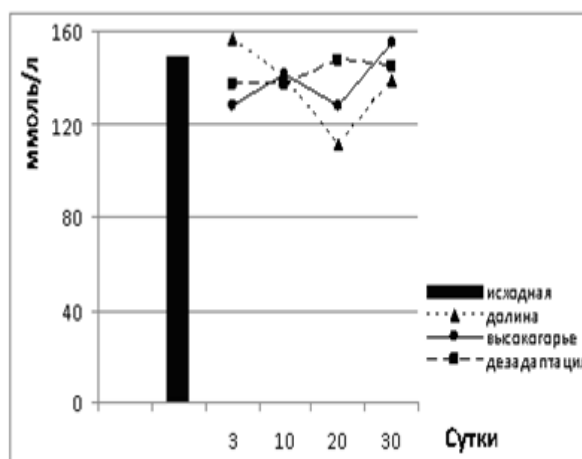


Рис. 1.

Динамика изменения Na плазмы почки нефрэктомизированных собак в период реадaptации к высокогорью

Из рисунка видно, что в начальном сроке (3 сутки) реадaptации характер изменений ионного состава плазмы крови аналогичен выявленному в этот же срок в высокогорье. Так, содержание плазменного натрия сохранялось пониженным по сравнению с показателем на 30 сутки в высокогорье, таковым в долине и исходным для двух почек (в 1,1 раза, везде  $P < 0,05$ ). Отмеченное снижение содержания ионов натрия, возможно, происходило за счет их перехода из внеклеточного пространства в

клеточное. Тенденция к нормализации концентрации внеклеточного натрия проявлялась на 20 сутки. В результате этого он достигал на 30 сутки исходных показателей и уровня таковых животных аналогичного эксперимента в долине. Показатель содержания ионов натрия в эритроцитах на 3 сутки не отличался от такового на 30 сутки в высокогорье, однако был выше в 1,7 раза ( $P < 0,05$ ) относительно такового в долине и в 1,2 раза – 2-х нормальных почек (Рис. 2).

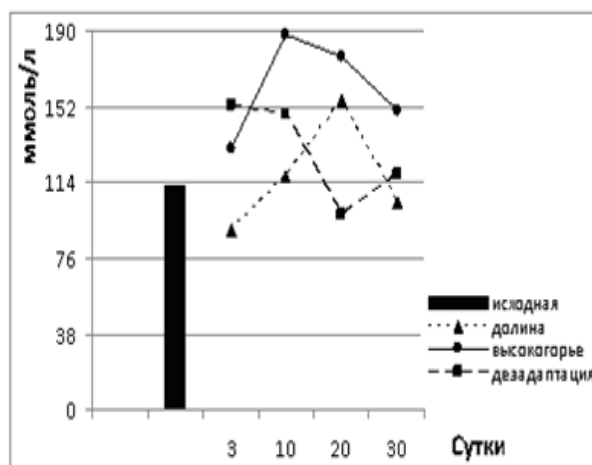


Рис. 2.

Динамика изменения ионов Na эритроцитов нефрэктомированных собак в период реадаптации к высокогорью

Повышенный уровень концентрации клеточного натрия сохранялся до 10 суток, а затем – снижался. На 30 сутки его концентрация составила 113,5% ( $P < 0,05$ ) относительно такового показателя в долине; 78,9% ( $P < 0,05$ ) – такового показателя в высокогорье и 105,1% – исходного для 2-х почек. В течение всех сроков периода реадаптации отмечался низкий уровень содержания ионов натрия в выделяемой моче. Так, на 3 сутки данный показатель был в 2 раза ниже ( $P < 0,05$ ) такового на 30 сутки в высокогорье и в 4,4 раза ( $P < 0,05$ ) – исходного. Значительное

увеличение концентрации натрия в моче выявлялось начиная с 10 суток периода реадаптации (в 1,7 раза,  $P < 0,05$ ), что, по-видимому, связано со снижением его содержания в эритроцитах. К концу периода реадаптации этот показатель составлял 82,8% от такового в долине и 82,3% – от исходного. При этом показатели клиренса и экскретируемой фракции натрия сохраняли низкие значения в течение всех сроков реадаптации ( $P < 0,05$ ). Тенденция к увеличению этих показателей отмечалась с 20 суток после спуска в долину (Рис. 3, 4).

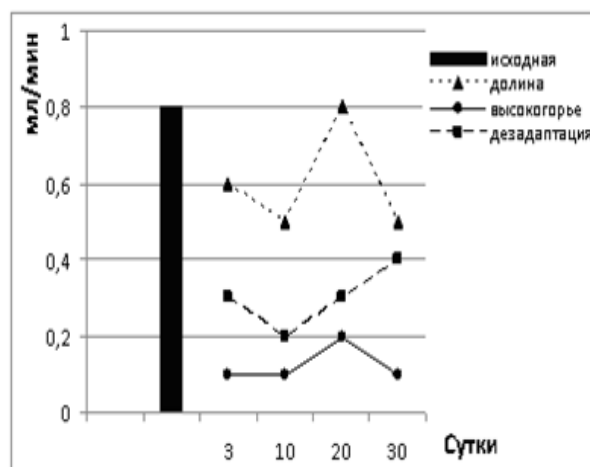


Рис. 3.

Динамика изменения клиренса Na нефрэктомированных собак в период реадаптации к высокогорью



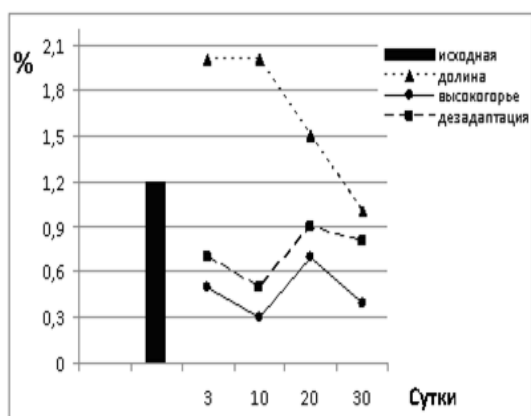


Рис. 4.

Динамика изменения экскреции Na нефрэктомированных собак в период реадaptации к высокогорью

На 30 сутки они составили соответственно: 80% и 80% (везде  $P < 0,05$ ) от таковых в долине; 50% и 67% – от исходных (везде  $P < 0,05$ ). Результаты изменения ионов калия отражены на рисунках 5–6.

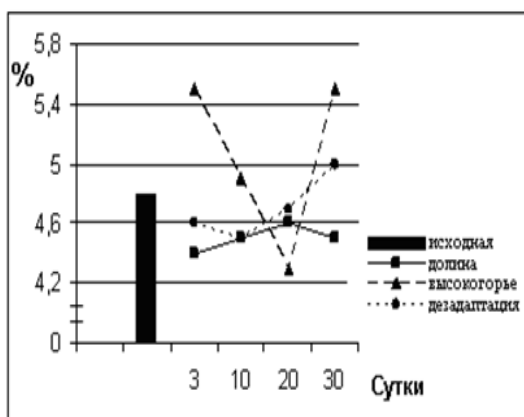


Рис. 5.

Динамика изменения K плазмы нефрэктомированных собак в период реадaptации к высокогорью

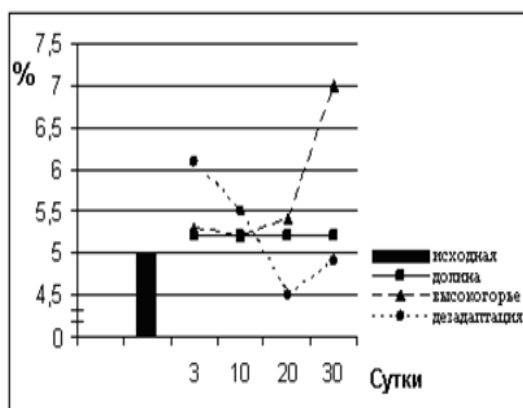


Рис. 6.

Динамика изменения K эритроцитов нефрэктомированных собак в период реадaptации к высокогорью

Из рисунков видно, что На 3 сутки после спуска в долину выявлялась клеточная гиперкалиемия ( $P<0,05$ ), хотя концентрация ионов калия в плазме и эритроцитах становилась пониженной относительно таковой на 30 суток в высокогорье (соответственно: в 1,2 и 1,1 раза,  $P<0,05$ ). В результате прогрессивного снижения этих показателей в последующие сроки

наблюдения, к 30 суткам они устанавливались на уровне исходных значений. Одновременно резко падала концентрация ионов калия в моче: почти в 2 раза ( $P<0,05$ ) относительно 30 суток в высокогорье и в 2,7 раза ( $P<0,05$ ) – исходного (Рис. 7). Всего периода реадaptации оставались на низких значениях.

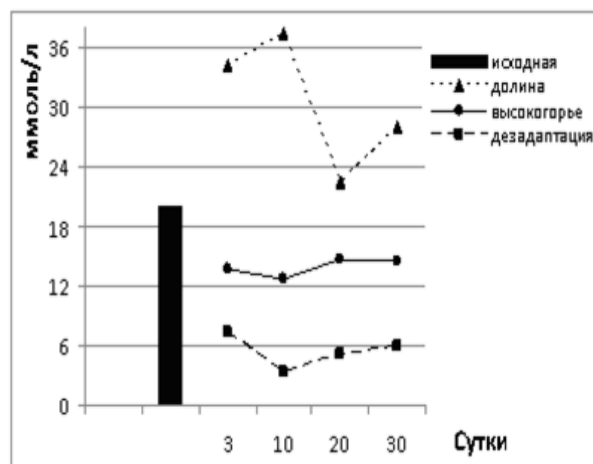


Рис. 7.

Динамика изменения К мочи нефрэктомизированных собак в период реадaptации к высокогорью

Значительное их повышение выявлялось лишь на 20 сутки после спуска животных в долину. К концу периода реадaptации данный показатель составил 34,2% – от такового в долине и 16,4% – исходного (везде  $P<0,05$ ) и, по-видимому, без тенденции к нормализации. Аналогичные изменения отмечались в показателях экскретируемой фракции калия. На 30 сутки периода реадaptации этот показатель составил

31,5% – от такового в долине и 24,2% – исходного (везде  $P<0,05$ ).

Таким образом, динамика изменений функциональной деятельности и электролитного баланса единственной почки в период реадaptации такая же, как и в период пребывания животных в высокогорье, различия имеются лишь в степени выраженности отдельных показателей.

### Список литературы:

1. Баркаев В.В. Влияние климатических факторов горного климата Памира на функцию почек человека / В.В. Баркаев. //Мат. всес. симпоз. по вопросам мед. климатотерапии, климатопрофилактики. – М., 1967. – С. 217–220.
2. Мираков Р.С. Показатели функциональной деятельности единственной оставшейся почки после денервации в условиях низкогогорья и высокогорья //Известия национальной академии Кыргызской республики. – Бишкек, 2019. – С. 38–43
3. Мираков Р.С. Особенности изменения электролитного баланса у собак с единственной резидированной почкой при реадaptации к высокогорью /Мираков Р.С., Мираков Х.М., Мухамедова С.Г./ Доклады академии наук Республики Таджикистан. – Душанбе, 2013, том 56 №1. – С. 82–87
4. Миррахимов М.М. Об адаптивной способности физиологических систем организма к формированию адаптации в норме и патологии / М.М. Миррахимов. // В кн.: Высокогорная адаптация. – Фрунзе, 1984. – С. 3–20.

5. *Мухамедова С.Г.* Хронофизиологические особенности митозов в разных отделах нефрона почки крыс при адаптации к условиям высокогорья Таджикистана: автореф. дисс... докт. биол. наук. / С.Г. Мухамедова. – Москва, 2004. – 35 с.

6. *Рахимов А.А.* Влияние высокогорных факторов на функции почек и баланс некоторых электролитов при парциальной нефрэктомии: автореф. дис... канд. мед наук / А.А. Рахимов. – Киев, 1986. – 18 с.

7. *Ташболтаева С.С.* Роль ренин-ангиотензин-альдостероновой системы в процессе адаптации крыс с единственной почкой к условиям высокогорья: автореф. дисс... канд. биол. наук. / С.С. Ташболтаева. – Душанбе. – 2011. – 20 с.

8. *Шукуров Ф.А.* Адаптация, стресс и здоровье / Шукуров Ф.А. // Сб. статей 49 годичной науч.-практ. конф. ТГМУ. – Душанбе. – 2001. – С. 193 – 204.

УДК 612.062

**Семилетова Вера Алексеевна,***к.б.н., доцент**Кафедра нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВГМУ, Воронеж*

### **ВЛИЯНИЕ СПЕЛЕОТЕРАПИИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЧЕЛОВЕКА: ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС, ПРОСТУЮ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНУЮ РЕАКЦИЮ, КАРДИОРИТМ И ПАРАМЕТРЫ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ**

**Аннотация.** В исследовании приняли участие 59 студентов 2 курса ВГМУ. Курс спелеотерапии состоял из 10 сеансов по 60 минут и проводился в стационарной наземной спелеокамере при температуре 18–22 °С. Все испытуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании. До начала спелеотерапии, на 3-й, на 10-й день спелеотерапии и через 7 дней после окончания курса мы зарегистрировали психологические параметры, простую зрительно-моторную реакцию, кардиоритм и реоэнцефалограмму студентов. Выявлена динамика данных параметров под воздействием спелеотерапии, корректирующее влияние спелео на организм и соответствие ряда полученных изменений адаптационной теории. Отдельно отмечены разнонаправленные изменения параметров кардиоритма под влиянием спелеотерапии.

**Ключевые слова:** спелеотерапия, кардиоритм, реоэнцефалограмма, зрительно-моторная реакция, тревожность, самочувствие

### **СПЕЛЕОТЕРАПИЯНЫН АДАМДЫН ПСИХО-ФИЗИОЛОГИЯЛЫК ПАРАМЕТРЛЕРИНЕ ТААСИРИ: ПСИХОЛОГИЯЛЫК АБАЛ, ЖӨНӨКӨЙ КӨРҮҮ-МОТОР РЕАКЦИЯСЫ, ЖҮРӨК РИТМИ ЖАНА РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММА ПАРАМЕТРЛЕРИ**

**Аннотация.** Изилдөөгө ВММУ-нин 2-курсунун 59 студенти катышты. Спелеотерапия курсу 60 мүнөттөн турган 10 сеанстан туруп, 18–22 °С температурада стационардык жердеги спелеокамерада өткөрүлдү. Бардык субъекттер изилдөөгө катышууга макулдукка кол коюшту. Спелеотерапия башталганга чейин, 3, 10-күндө жана курс аяктагандан кийин 7 күндөн кийин студенттердин психологиялык көрсөткүчтөрүн, жөнөкөй визуалдык-мотордук реакциясын, жүрөктүн кагышын жана реоэнцефалограммасын катталды. Спелеотерапиянын таасири астында бул параметрлердин динамикасы, спелеонун организмге коррекциялык таасири жана алынган бир катар өзгөрүүлөрдүн адаптация теориясына дал келүүсү аныкталган. Өзүнчө, спелеотерапиянын таасири астында жүрөк ритминин параметрлеринин көп багыттуу өзгөрүүлөрү белгиленген.

**Негизги сөздөр:** спелеотерапия, кардиоритм, реоэнцефалограмма, көрүү -мотордук реакция, тынчсыздануу, өздүк абалы

### **INFLUENCE OF SPELEOTHERAPY ON PSYCHO-PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF A HUMAN: PSYCHOLOGICAL STATUS, SIMPLE VISUAL-MOTOR REACTION, CARDIAC RHYTHM AND PARAMETERS OF RHEOENCEPHALOGRAM**

**Abstract.** The study involved 59 2nd year students of VSMU. The course of speleoclimatotherapy consisted of 10 sessions of 60 minutes each and was carried out in a stationary ground speleo-chamber at a temperature of 18–22 °C. All subjects signed an informed consent to participate in the study. Before the start of speleotherapy, on the 3rd, 10th day of speleotherapy and 7 days after the end of the course, we recorded the psychological parameters, simple visual-motor reaction, heart rate and rheoencephalogram of students. The dynamics of these parameters under the influence of speleotherapy, the corrective effect

of speleo on the body and the correspondence of a number of obtained changes to the adaptation theory were revealed. Separately, multidirectional changes in cardiac rhythm parameters under the influence of speleootherapy were noted.

**Key words:** speleootherapy, cardiorythm, rheoencephalogram, visual-motor reaction, anxiety, well-being

**Введение.** Спелеотерапия как немедикаментозный метод сохранения и укрепления здоровья человека становится все более популярной [1]. Спелеокамеры открыты в поликлиниках, санаториях, на предприятиях. Взрослое и детское население активно оздоравливается после перенесенных сезонных вирусных бронхо-легочных заболеваний, проходит профилактическое лечение [2-4].

**Цель исследования** – изучение влияния спелеотерапии на психофизиологические параметры человека: психологический статус, простую зрительно-моторную реакцию, кардиоритм и параметры реоэнцефалограммы.

**Материал и методы исследования.** В исследовании приняли участие 59 студентов 2 курса ВГМУ (18-21 год). Курс спелеотерапии состоял из 10 сеансов по 60 минут и проводился в стационарной наземной спелеокамере при температуре 18–22 °С. Все испытуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании. До начала спелеотерапии, на 3-й,

на 10-й день спелеотерапии и через 7 дней после окончания курса зарегистрированы кардиоритм и реоэнцефалограмма (РЕО) пациентов с помощью ПМО «Энцефалан-СА».

Самочувствие (С), активность (А) и настроение (Н) определены по тесту САН, личностная и ситуативная тревожность (ЛТ и СТ) – по тесту Спилбергера. Определена простая зрительно-моторная реакция (пЗМР) на стимулы красного цвета: по 20 квадратов, кругов, ромбов и треугольников, которые предъявлялись на экране стационарного компьютера. Оценивалось время реакции студентов и ошибочность.

Анализ полученных данных проведен с помощью ПМО «Энцефалан-СА», программ Excel и StatPlusPro.

Результаты исследования и их обсуждение. Выявлено, что самочувствие более чем у 70% испытуемых ухудшалось на 3-й день спелеотерапии и улучшалось относительно первого и третьего дня на 10-й день спелеотерапии, табл. 1.

Таблица 1.

Изменение психологических характеристик под влиянием спелеоклиматотерапии

До спелеотерапии	С	А	Н	ЛТ	СТ
Ме	27,00	26,00	33,00	43,00	41,00
Q1	25,00	17,00	29,00	39,75	28,75
Q3	33,00	28,00	36,00	48,50	45,50
3-й день спелеотерапии	С	А	Н	ЛТ	СТ
Ме	27,50	23,00	29,50	44,00	38,00
Q1	21,75	17,50	21,25	39,00	30,50
Q3	33,75	29,25	36,00	53,00	46,50
10-й день спелеотерапии	С	А	Н	ЛТ	СТ
Ме	30,00	28,00	30,00	45,00	39,00
Q1	26,00	23,00	28,00	40,00	33,00
Q3	31,00	29,00	32,00	47,00	44,00

Активность студентов увеличилась от 1 к 3-му и к 10-му дню спелеотерапии. Настроение более чем у 70% испытуемых ухудшилось на 3-й день, и к 10-му дню спелеотерапии у половины участников улучшилось. Личностная тревожность возросла более чем у 70% испы-

туемых от 1 к 3-му и к 10-му дням спелеотерапии. Ситуативная тревожность снизилась более чем у 70% испытуемых к 3-му дню спелеотерапии, и увеличилась более чем у 70% испытуемых к 10-му дню спелео.



В состоянии покоя время пЗМР испытуемых зависело от формы предъявляемого стимула: было максимально при предъявлении треугольника, минимально – при предъявлении квадрата и ромба; ошибочность испытуемых была выше при предъявлении треугольника.

На 3-ий день посещения спелеокамеры произошло достоверное увеличение времени пЗМР при предъявлении квадрата, круга и ромба. И снижение – при предъявлении треугольника, табл. 2.

Таблица 2.

**Изменение времени пЗМР под влиянием спелеоклиматотерапии**

	Время пЗМР при предъявлении квадрата	Время пЗМР при предъявлении круга	Время пЗМР при предъявлении ромба	Время пЗМР при предъявлении треугольника
Вне влияния спелеоклимата	402,70±0,222	417,36±0,525	400,83±0,215	426,60±0,826
На 3-й спелео	417,28±0,228***	424,15±0,273**	422,25±0,255***	421,24±0,278*
На 10-й спелео	420,56±0,657***	433,37±0,409***	425,18±0,659***	418,86±0,286*
Через 7 дней после спелео	396,07±1,139***	389,69±0,437***	402,89±0,417	389,11±0,381***
*- P<0,05; **- P<0,01; ***- P<0,001 – достоверность рассмотрена в сравнении с фоном				

На десятый день посещения спелеокамеры произошло еще увеличение времени пЗМР при предъявлении квадрата, круга и ромба. И дополнительное снижение – при предъявлении треугольника. Через 7 дней после курса спелеотерапии время пЗМР снизилось при предъявлении квадрата, круга, ромба и треугольника, табл. 2. Причем наиболее сильно снизилось время пЗМР на предъявление треугольника.

Анализ ошибочности выполнения пЗМР показал, что на 3-й день спелеотерапии снизилось количество ошибок при предъявлении квадрата, ромба и треугольника; и увеличилось при определении пЗМР на круг. На 10-й день спелеотерапии количество ошибок при предъявлении квадрата продолжило снижаться, а количество ошибок при предъявлении ромба и треугольника увеличилось; количество ошибок при предъявлении круга уменьшилось относительно 3-го дня воздействия спелео. Через 7 дней после курса спелеотерапии ошибочность пЗМР увеличилась при предъявлении квадрата и круга, и уменьшилась при определении пЗМР на ромб и треугольник.

Полученные нами изменения укладываются в теорию корригирующего влияния спелеотерапии на организм человека, которая гласит о перекрестной адаптации: адаптация организма

к спелеоклимату запускает стресс-реализующие системы, и на этом фоне позволяет системам организма восстановить нарушенное равновесие.

Исследования, посвященные влиянию спелеотерапии на спортсменов, подтвердили теорию корригирующего влияния спелеоклиматотерапии на организм человека. Так, Шаяхметова Э.Ш. показала, что в восстановительном периоде как раз и происходит значительное замедление скорости реакции выбора (18,2 %) по сравнению с предсоревновательным периодом, что наглядно демонстрируется снижением времени пЗМР через 7 дней после курса спелеоклиматотерапии и снижением ошибочности при предъявлении таких по форме сложных фигур, как ромб и треугольник, несмотря на увеличение количества ошибочности при предъявлении квадрата и круга.

Согласно полученным нами данным, длительность RR-интервалов достоверно увеличивалась к 10-му дню спелеотерапии и снижалась после окончания курса спелео. Индекс вагосимпатического взаимодействия (LN/NF) снижался на 10-й день спелеоклиматотерапии и восстанавливался после окончания курса спелео, табл. 3.

Таблица 3.

**Динамика средних значений некоторых параметров кардиоритма под влиянием спелеоклиматотерапии**

Показатель	RR	ЧСС	HF	LF	ИАП	ИЦ
До курса спелеотерапии						
Среднее (M)	742,43	82,74	737,93	892,036	0,914	3,507
Стандартное отклонение (SD)	102,18	10,94			0,647	2,912
Q1			293,75	268		
Q3			648,5	1056,25		
Медиана (Me)			356,0	453,0		
3-й день курса спелеотерапии						
Среднее (M)	741,1	82,83	727,66	875,41	0,928	3,455
Стандартное отклонение (SD)	106,94	10,65			0,704	2,453
Q1			296	269		
Q3			607	1052		
Медиана (Me)			486,5	462,5		
10-й день спелеотерапии						
Среднее (M)	818,52*	75,655*	1082,70	842,19	1,044	3,415
Стандартное отклонение (SD)	131,97	11,26			0,147	0,640
Q1			261	329		
Q3			1295,5	953		
Медиана (Me)			478,0	641,0		
Достоверность отличий (p)	p=0,0073	p=0,0118				
7-й день после спелеотерапии						
Среднее (M)	766,07	80,43	1062,08	1268,46	0,785	3,054
Стандартное отклонение (SD)	98,60	10,34			0,640	1,887
Q1			467	629		
Q3			875	1839		
Медиана (Me)			614,0	898,0		

*Примечание:* RR – длительность RR интервала, ЧСС – частота сердечных сокращений, LF – индекс медленных волн первого порядка, HF – индекс дыхательных волн, ИАП – индекс активации подкорковых центров, ИЦ – индекс централизации.

Динамика кардиоритма отдельных испытуемых была не однозначной: у 60% студентов происходило увеличение длительности RR-интервалов к 10-му дню спелеотерапии, а у 31% студентов – снижение длительности RR-интервалов к 10-му дню спелеоклиматотерапии. Индекс напряжения при этом возрастал, начиная с первого дня спелеоклиматотерапии до 7-го дня после окончания курса.

Реографический индекс (РИ) был достоверно выше на 7-й день после окончания спелеотерапии по отношению к состоянию покоя до

спелеолечения. Амплитуда быстрого кровенаполнения (АБКН) была достоверно ниже в период спелеовоздействия и после, относительно состояния покоя до спелеокурса. Амплитуда конечной диастолической фазы (АКДФ) также значительно снизилась в период спелеокурса и после, относительно состояния покоя до спелеокурса. Амплитуда систолической фазы венозной компоненты (АСФВК) на 7 день после окончания курса стало значительно ниже относительно состояния до воздействия, табл. 4.

Таблица 4.

**Динамика средних значений некоторых параметров реограммы  
под влиянием спелеоклиматотерапии**

До курса спелеотерапии											
	БИ	РИ	ВРПР	ППС С	АБКН	АКДФ	АСФВ К	ВБКН	ВМК Н	ВРПВ_ R	ВМС Н
M	308,39	0,094	167,52	64,86	46,35	19,08	61,70	54,07	57,07	208,35	107,62
SE	13,721	0,005	3,1573	1,541	2,645	1,191	3,630	0,940	1,226	3,741	3,956
S D	73,89	0,029	17,00	8,297	14,25	6,42	19,55	5,06	6,60	20,15	21,30
3-й день курса спелеотерапии											
	БИ	РИ	ВРПР	ППСС	АБКН *	АКДФ *	АСФВ К	ВБКН	ВМК Н	ВРПВ_ R	ВМС Н
M	294,86	0,085	166,35	65,31	40,76	16,72	56,25	54,21	57,79	207,41	112,0
SE	14,06	0,005	3,067	2,310	2,108	1,086	3,401	1,064	1,321	3,703	1,959
S D	75,75	0,025	16,52	12,45	11,35	5,85	18,31	5,73	7,11	19,94	10,55
p					0,038	0,018					
10-й день спелеотерапии											
	БИ	РИ	ВРПР	ППСС	АБКН *	АКДФ *	АСФВК	ВБК Н	ВМК Н	ВРПВ_ R	ВМС Н
M	304,13	0,087	166,10	65,172	41,91	16,87	55,88	54,79	56,24	207,48	111,03
SE	13,64	0,004	3,589	1,695	1,960	0,931	2,477	0,774	1,023	4,114	1,494
S D	73,45	0,023	19,33	9,13	10,56	5,01	11,34	4,17	5,51	22,16	8,05
p					0,047	0,017					
7-й день после спелеотерапии											
	БИ	РИ*	ВРПР	ППСС	АБКН *	АКДФ *	АСФВК*	ВБК Н	ВМК Н	ВРПВ_ R	ВМС Н
M	336,41	0,07	168,67	63,07	33,41	12,78	42,99	53,4	57,27	209,07	110,53
SE	14,69	0,009	4,305	2,854	4,117	1,265	4,694	0,935	1,919	4,674	2,362
S D	56,90	0,034	16,67	11,06	15,95	4,90	18,18	3,62	7,43	18,10	9,15
p		0,0199			0,013	0,003	0,017				

*Примечание:* БИ – базовый импеданс, РИ – реографический индекс, ВРПР – время распространения пульсовой волны по Q, ППСС – показатель периферического сосудистого сопротивления, АБКН – амплитуда быстрого кровенаполнения, АКДФ – амплитуда конечной диастолической фазы, АСФВК – амплитуда систолической фазы венозной компоненты, ВБКН – время быстрого кровенаполнения, ВМКН – время медленного кровенаполнения, ВРПВ\_R – время распространения пульсовой волны по R, ВМСН – время максимального систолического наполнения

В соответствии с адаптационной теорией, 3-й день спелеотерапии соответствует стадии тревоги, что и отражается в сниженных показателях самочувствия, настроения, личностной и ситуативной тревожности, а также в увеличении времени пЗМР на простые стимулы, сни-

жения параметров кровотока (АКДФ, АБКН), увеличении длительности RR интервалов. 10-й день спелеотерапии, как полагают, соответствует фазе резистентности, что согласуется с повышением самочувствия, активности, настроения. Однако повышенное использование

психофизиологических ресурсов организма человека в фазу резистентности у 50% испытуемых сопровождалось увеличением ситуативной и личностной тревожности, что нашло свое отражение в увеличении данных показателей, и уменьшением квартильного размаха настроения и личностной тревожности. Параметры кровотока и кардиоритма изменялись при этом неоднозначно.

Полученные же нами изменения параметров пЗМР укладываются в теорию корректирующего влияния спелеотерапии на организм человека, которая гласит о перекрестной адаптации: адаптация организма к спелеоклимату запускает стресс-реализующие системы, и на этом фоне позволяет системам организма восстановить нарушенное равновесие (например, нарушенное действием информационного стресса).

#### **Выводы.**

1. На 3-й день спелеотерапии у испытуемых снижается самочувствие, настроение, увеличиваются показатели активности и личностной и ситуативной тревожности. На 10-й день спелеотерапии у испытуемых улучшается самочувствие, увеличивается активность, увеличивается личностная тревожность.

#### **Список литературы:**

1. Объективная оценка применения спелеоклиматических камер из природного сильвинита в профилактике и лечении / А. Н. Бохан, Е. В. Владимирский, Ю. В. Горбунов [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2021. – Т. 98. – № 3–2. – С. 51–52. – DOI 10.17116/kurort20219803221. – EDN ZPOWLX.
2. Семилетова, В. А. Влияние спелеоклиматотерапии на динамику параметров дыхания, кардиоритма и кровотока у взрослого здорового человека / В. А. Семилетова, Е. В. Дорохов // Технологии живых систем. – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 28–37. – DOI 10.18127/j20700997-202201-04. – EDN MSSPRF.
3. Семилетова, В. А. Изменение параметров простой зрительно-моторной реакции на стимулы разной формы под влиянием спелеоклимата / В. А. Семилетова, Е. В. Дорохов // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 41–47. – DOI 10.37279/2224-6444-2022-12-1-41-47. – EDN GGZSUM.
4. Семилетова, В. А. Некоторые механизмы влияния спелеоклиматотерапии на организм человека / В. А. Семилетова // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2021. – № 85. – С. 48–54. – EDN HELZGV.
5. Файнбург, Г. З. Воздействие калийно-магниевых соляных аэродисперсных воздушных сред на организм человека / Г. З. Файнбург, Л. В. Михайловская // Безопасность и охрана труда. – 2021. – № 4(89). – С. 65–70. – DOI 10.54904/52952\_2021\_4\_65. – EDN LIZJZS.

2. Под влиянием спелеотерапии, на третий день выявлено увеличение времени пЗМР при предъявлении квадрата, круга и ромба, снижение – при предъявлении треугольника. На десятый день произошло дополнительное увеличение времени пЗМР при предъявлении квадрата, круга и ромба.

3. Длительность RR-интервалов достоверно увеличивалась к 10-му дню спелеотерапии и снижалась после окончания курса. Индекс вагосимпатического взаимодействия (LN/HF) снижался на 10-й день спелеотерапии и восстанавливался после окончания курса.

4. Реографический индекс достоверно увеличивался на 7-й день после окончания спелеотерапии по отношению к состоянию покоя до спелеолечения. Амплитуда быстрого кровенаполнения была достоверно ниже в период спелео и после, относительно состояния покоя до спелеокурса. Амплитуда конечной диастолической фазы достоверно снизилась в период спелеовоздействия и после, относительно состояния покоя. Амплитуда систолической фазы венозной компоненты на 7 день после окончания курса спелео стало достоверно ниже относительно состояния покоя до воздействия.

УДК 612.311

**Косолапова Ирина Владимировна,**  
*ассистент кафедры нормальной физиологии*  
**Дорохов Евгений Владимирович,**  
*к.м.н., доцент, заведующий кафедрой нормальной физиологии*  
**Коваленко Михаил Эдуардович,**  
*к.м.н., доцент кафедры детской стоматологии с ортодонтией*  
*Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко*  
*Воронеж, Российская Федерация*

### **УСТРАНЕНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЖЕВАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПОМОЩИ МИОГИМНАСТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ**

**Аннотация.** Актуальность: Для нормализации функционального состояния жевательной мускулатуры в совокупности с ортодонтической коррекцией активно применяется миогимнастика. Цель работы: Оценка эффективности устранения неблагоприятных условий развития системы жевательного аппарата при помощи усовершенствованного алгоритма миогимнастических упражнений. Материал и методы исследования: В исследовании приняли участие 64 пациента (34 мальчика, 30 девочек) детской клинической стоматологической поликлиники №2 г. Воронежа в возрасте 10–12 лет с дистальным прикусом. Проведен сравнительный анализ обнаружения дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц у пациентов, выполняющих миогимнастические упражнения по авторской методике (группа 1) и применяющих стандартную методику (группа 2) в сочетании с ортодонтической коррекцией, до и после 1 месяца лечения. Результаты: На этапе до лечения статистически значимой разницы ( $p=0,121$ ) между группами по показателю дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц у пациентов не обнаружено, что свидетельствует о сопоставимости групп по данному показателю. Через 1 месяц лечения среди пациентов 1 и 2 групп нами были выявлены статистически значимые различия ( $p=0,012$ ): у пациентов 1 группы количество детей с дисбалансом тонуса уменьшилось на 62,5%, а у пациентов 2 группы – на 34,3%. Вывод: Выявлена более высокая эффективность применения авторского алгоритма миогимнастических упражнений по сравнению со стандартной методикой.

**Ключевые слова:** миогимнастические упражнения, жевательный аппарат, дисбаланс тонуса

### **МИОГИМНАСТИКАЛЫК КӨНҮГҮҮЛӨРДҮН ЖАРДАМЫ МЕНЕН ЧАЙНООЧУ АППАРАТ СИСТЕМАСЫНЫН ӨНҮГҮҮСҮНДӨГҮ ЖАГЫМСЫЗ ШАРТТАРДЫ ЖОЮУ**

**Аннотация.** Маанилүүлүгү: Ортодонтиялык коррекция менен бирге чайноочу булчундардын функционалдык абалын нормалдаштыруу үчүн миогимнастика активдүү колдонулат. Иштин максаты: Гимнастикалык көнүгүүлөрдүн өркүндөтүлгөн алгоритмдерин колдонуу менен чайноочу аппаратынын системасын өнүктүрүү үчүн жагымсыз шарттарды жоюунун натыйжалуулугун баалоо. Изилдөөнүн материалы жана методдору: Изилдөөгө Воронеж шаарындагы №2 балдардын клиникалык стоматологиялык клиникасынын 10-12 жаштагы дисталдык тиштөөсү бар 64 бейтап (34 эркек, 30 кыз) катышты. Автордук метод боюнча миогимнастикалык көнүгүүлөрдү (1-топ) жана ортодонтиялык коррекция менен айкалыштырып стандарттык методду (2-топ) колдонгон пациенттерде туура чайноочу булчундардын тонусундагы дисбалансын аныкталышынын салыштырма талдоосу көнүгүүлөргө чейин жана 1-айдан кийин жүргүзүлгөн. Натыйжалар: Дарылоого чейинки этапта оорулуулардын чайноочу булчундардын тонусундагы дисбаланс боюнча топтордун ортосунда салыштырууда статистикалык маанилүү айырмачылык ( $p=0,121$ ) болгон



эмес. 1 жана 2-группадагы пациенттердин арасында 1 ай дарылоодон кийин статистикалык маанилүү айырмачылыктар аныкталган. ( $p=0,012$ ): 1-топтогу пациенттерде тонус дисбалансы менен ооруган балдардын саны 62,5% га, ал эми 2-топтогу пациенттерде 34,3%.-га төмөндөгөн. Корутунду: Стандарттык методго салыштырмалуу миогимнастикалык көнүгүүлөрдүн автордук алгоритмин колдонуунун натыйжалуулугу жогору экени аныкталган.

**Негизги сөздөр:** миогимнастикалык көнүгүүлөр, чайноочу аппарат, тонустун дисбалансы.

### ELIMINATION OF UNFAVORABLE CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE CHEWING MACHINE SYSTEM WITH THE HELP OF MYOHYMNASTIC EXERCISES

**Abstract.** To normalize the functional state of the chewing muscle in combination with orthodontic correction, myohymnastics is actively used. Aim: Evaluation of effectiveness of elimination of adverse conditions of chewing apparatus system development with the help of improved algorithm of myohymnastic exercises. Materials and methods: The study involved 64 patients (34 boys, 30 girls) of the Children's Clinical Dental Clinic No. 2 in Voronezh, aged 10-12 years with a distal bite. A comparative analysis of the detection of imbalance in the tone of the chewing muscles in patients performing myogymnastic exercises according to the author's method (group 1) and using the standard method (group 2) in combination with orthodontic correction, before and after 1 month of treatment was carried out. Results: At the pre-treatment stage, there was no statistically significant difference ( $p = 0.121$ ) between the groups in terms of the imbalance in the tone of the chewing muscle itself in the patients, which indicates the comparability of the groups in this indicator. After 1 month of treatment, we identified statistically significant differences among patients of groups 1 and 2 ( $p = 0.012$ ): in patients of group 1, the number of children with an imbalance in tone decreased by 62.5%, and in patients of group 2 – by 34.3%. Conclusion: A higher efficiency of using the author's algorithm of myohymnastic exercises compared to the standard method was revealed.

**Key words:** myohymnastic exercises, chewing apparatus, tone imbalance

**Введение.** Функциональная система жевательного аппарата является сложным комплексом взаимодействующих элементов, нарушение в одном из которых может привести к дисбалансу и нарушению функционирования всей системы, что особенно важно в период сменного прикуса. В системе жевательного аппарата имеется два основных костно-мышечных блока: височно-нижнечелюстной сустав и жевательная мускулатура, которые обеспечивают двигательный акт жевания; денто-альвеолярные сочленения между зубами верхней и нижней челюстей. Нарушение в каждом из них оказывает прямое влияние на формирование лицевого скелета в детском возрасте. Так, отклонения от нормы в функциональном состоянии мышц челюстно-лицевой области являются одной из причин развития аномалий прикуса, челюстно-лицевых деформаций и нарушений развития височно-нижнечелюстного сустава [1,11].

Для нормализации функционального состояния жевательной мускулатуры в совокупности с ортодонтической коррекцией активно

применяется миогимнастика. Однако у большинства известных на настоящий момент алгоритмов миогимнастических упражнений отсутствует системный принцип воздействия на функциональную систему жевательного аппарата. Не вызывает сомнения актуальность разработки усовершенствованного алгоритма проведения миогимнастических упражнений для поддержки состояния лицевого скелета, который позволил бы оказывать более широкое воздействие на функциональную систему жевания по сравнению с известными на настоящий момент методиками.

**Цель исследования** – оценка эффективности устранения неблагоприятных условий развития системы жевательного аппарата при помощи усовершенствованного алгоритма миогимнастических упражнений.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 64 пациента (34 мальчика, 30 девочек) Детской клинической стоматологической поликлиники №2, г. Воронежа в возрасте 10–12 лет с дистальным прикусом. Всем

было рекомендовано ортодонтическое лечение капповым аппаратом в сочетании с ежедневной миогимнастикой собственно жевательных мышц. Согласно стандартной схеме лечения, первый раз миогимнастическое упражнение демонстрировалось врачом и выполнялось под его контролем один раз в неделю в клинике, остальные дни ежедневно дома под контролем родителей [6,7].

Для доказательства эффективности применения разработанного алгоритма миогимнастических упражнений, 32 пациентам рекомендовалось выполнение домашних упражнений по новой методике (группа 1), другие 32 ребенка применяли стандартную методику (группа 2). Через месяц всем пациентам было проведено миотонметрическое (МТМ) обследование и рассчитано наличие дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц. На подготовительном этапе пациенты и их родители были ознакомлены с целью и детальным описанием процедуры исследования, получено информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

Для аппаратной оценки тонуса собственно жевательных мышц применялся прибор «Миотон-3С» в состоянии физиологического покоя нижней челюсти [2, 5, 6]. Для определения дисбаланса мышечного тонуса использовался коэффициент асимметрии тонуса (КАТ), который вычислялся отношением значений правой соб-

ственно жевательной мышцы к левой собственно жевательной мышце в покое [8–10].

Статистическая обработка проводилась с применением статистических программ SPSS Statistics 21 и StatTech 2.1.0. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение бинарных показателей, характеризующих две связанные совокупности, выполнялось с помощью теста Мак-Немара. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10).

**Результаты и их обсуждение.** Нами был проведен сравнительный анализ обнаружения дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц у пациентов, выполняющих миогимнастические упражнения по авторской методике (группа 1) и применяющих стандартную методику (группа 2), до и после 1 месяца лечения (таблица 1).

**Таблица 1** – Сравнительный анализ обнаружения дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц у пациентов, выполняющих миогимнастические упражнения по авторской методике и применяющих стандартную методику

Группа	Показатели	Этапы наблюдения				p
		Дисбаланс мышечного тонуса М. masseter до лечения		Дисбаланс мышечного тонуса М. masseter через 1 мес		
		Абс.	%	Абс.	%	
Группа 1 (авторская методика)	Дисбаланса тонуса	25	78,1	5	15,6	< 0,001*
	Нормальный баланс тонуса	7	21,9	27	84,4	
Группа 2 (стандартная методика)	Дисбаланса тонуса	23	71,8	12	37,5	< 0,001*
	Нормальный баланс тонуса	9	21,8	20	62,5	
p		0,121		0,012*		–

\* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ )

На этапе до лечения статистически значимой разницы ( $p=0,121$ ) между группами по показателю дисбаланса тонуса собственно жевательных мышц у пациентов не обнаружено,

что свидетельствует о сопоставимости групп по данному показателю. Через 1 месяц лечения среди пациентов 1 и 2 групп нами были выявлены статистически значимые различия

( $p=0,012$ ). У пациентов 1 группы количество детей с дисбалансом тонуса уменьшилось на 62,5%, а у пациентов 2 группы – всего на 34,3%. Данный результат о более высокой эффективности применения авторского алгоритма миогимнастических упражнений по сравнению со стандартной методикой.

Полученные нами данные согласуются с исследованием Коваль Ю.Н с соавторами, которые изучили 280 детей в возрасте от 6 до 15 лет с деформацией зубных рядов и ротовым дыханием и доказали повышение эффективности ортодонтической коррекции в сочетании с миогимнастикой [1].

**Выводы.** В результате оценки эффективности устранения неблагоприятных условий

развития системы жевательного аппарата при помощи усовершенствованного алгоритма миогимнастических упражнений выявлена более высокая эффективность применения авторского алгоритма миогимнастических упражнений по сравнению со стандартной методикой.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках предоставления гранта на выполнение научно-исследовательских работ программой «УМНИК».

**Раскрытие конфликта интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

### Список литературы:

1. Коваль Ю. Н., Новикова Ж. А., Тарасенко И. И. Ротовой тип дыхания и его влияние на морфофункциональные изменения зубочелюстно-лицевой области у детей с патологией глоточной миндалины // Colloquium-journal. 2021. № 10 (97). С. 11–15.
2. Косолапова И. В. [и др.]. Система контроля и поддержки состояния мышц челюстно-лицевой области // 2020. С. 4.
3. Уварова А. А., Харке В. В. Нормализация тонуса мышц орофациальной области с помощью физиотерапии при ортолечении // Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития. 2021. С. 347–350.
4. Фищев С. Б. [и др.]. Характеристика тонуса жевательных мышц у пациентов с вертикально-мезиальной формой повышенной стираемости зубов // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 6. С. 287–290.
5. Ципин Л. Л. Методологические аспекты применения электромиографии при изучении спортивных движений разной интенсивности // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2015. № 126 (8). С. 188–193.
6. Косолапова И. В., Дорохов Е. В., Коваленко М. Э. Электрофизиологические механизмы адаптации жевательной мускулатуры пациентов к ортодонтическому лечению Москва., 2019. С. 124–126.

УДК612.851-858; 57.042.2

**Рашидова Афаг Мамед кызы,**

*PhD, доцент*

*заведующая лабораторией «Биохимия онтогенеза» Института Физиологии  
им. академика Абдуллы Караева НАН Азербайджана, г. Баку*

### **ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО БЕЛКА В ТКАНЯХ СТРУКТУР ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ СЛУХОВОГО И ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА**

**Аннотация.** Представленная статья посвящена исследованию циркадной, сезонной и возрастной динамики содержания общего белка в структурах головного мозга крыс в онтогенезе после разрушения слухового и вестибулярного аппарата. Установлено, что содержание белка в тканях мозга крыс претерпевает значительные изменения.

**Ключевые слова:** крыса, головной мозг, слуховой и вестибулярный аппарат, онтогенез, белок, циркадный ритм, сезон года.

### **КЕЛЕМИШ ЧЫЧКАНДАРДЫН УГУУ ЖАНА ВЕСТИБУЛЯР АППАРАТЫ БУЗУЛГАНДАН КИЙИНКИ БАШ МЭЭ ТКАНДАГЫ ЖАЛПЫ БЕЛОКТУН ДИНАМИКАСЫ**

**Аннотация.** Бул макала угуу жана вестибулярдык аппараттар бузулгандан кийин онтогенезде келемиштердин мээ структураларындагы жалпы белоктун циркаддык, мезгилдик жана куракка байланыштуу динамикасын изилдөөгө арналган. Келемиштердин мээ кыртыштарында белоктун кармалышы олуттуу өзгөрүүлөргө дуушар болору аныкталган.

**Негизги сөздөр:** келемиш, мээ, угуу жана вестибулярдык аппарат, онтогенез, белок, циркаддык ритм, мезгил.

### **DYNAMICS of PROTEIN CONTENT in the TISSUES of RAT BRAIN STRUCTURES under DESTRUCTION of the AUDITORY and VESTIBULAR APPARATUS**

**Abstract.** The article considered the identification of the circadian seasonal rhythms and age-related dynamics of total protein content in the tissues of rat brain structures during ontogenesis against the destruction of the auditory and vestibular apparatus. It has been stated that protein content in the tissues of rat brain structures changes significantly.

**Key words:** rat, brain, auditory and vestibular apparatus, ontogenesis, protein, circadian and seasonal rhythms.

**Введение.** Развитие ЦНС в онтогенезе осуществляется в соответствии со строго детерминированной генетической программой, которая более или менее значительно модифицируется на различных этапах развития поступлением сенсорной импульсации разных модальностей. До настоящего времени недостаточно исследована ритмичность организации физиологических и патологических процессов в организме, нет четких представлений об изменениях метаболических систем, обусловленных влиянием

внешних и внутренних факторов на органо-тканевом уровне. Вопрос, какие существенные изменения происходят в организме вследствие вмешательства в сенсорные функции или при воздействии специфических и неспецифических факторов внешней среды все еще актуален [1,2]. В живом организме даже при значительных изменениях окружающей среды активность физиолого-биохимических функций поддерживается на уровне *constant*. Но, при этом внутриклеточные и внутритканевые

метаболиты адекватно изменяют свою концентрацию и состав, чтобы уравновесить воздействие фактора среды для поддержания общего гомеостаза организма [3]. Любое воздействие неблагоприятных факторов среды затрагивает головной мозг и на фоне общих закономерностей белкового обмена отдельные структурно-функциональные образования ЦНС проявляют специфический характер метаболизма свободных аминокислот и белков.

**Цель исследования** – изучение динамики содержания общего белка (СОБ) структур головного мозга в онтогенезе, характеризующие функциональные связи в пределах анализаторов, а также при разрушении их функций в зависимости от возраста, пола, структуры мозга, рассмотрение вопроса влияния времени суток и сезона, или, другими словами, циркадного ритма на СОБ в структурах и субклеточных компартаментах структур головного мозга при нарушении функции анализаторов, что важно для решения некоторых проблем экологии.

**Материал и методы исследования.** Эксперименты проводились на самцах белых крыс 3- и 12-месячного возраста с применением ряда методов [4-7]. Весной и осенью разрушали слуховой и вестибулярный аппарат (РСВА) крыс,

через 10 и 30 дней после начала эксперимента изучали динамику СОБ в зависимости от контроля, возраста, сезона года, времени суток (утром в 800 и вечером в 1600) в тканях зрительной (ЗК), орбитальной (ОК), сенсомоторной (СМК), лимбической (ЛК) коры головного мозга и гипоталамуса (Г). Показатели СОБ регистрировались на ULTRALAB – 2101 (LKB, Швеция). Во время работы соблюдались правила гуманного обращения с экспериментальными животными, указанные в Директиве Совета Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) под контролем локального комитета по биоэтике НАН Азербайджана.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Ранее нами было выявлено, что через 10 и 30 дней после РСВА активности некоторых ферментов трансаминазной группы в тканях и субклеточных фракциях структур мозга крыс претерпевают существенные изменения. В сравнительном аспекте для уровней активности ферментов Ал-АТ, Ас-АТ и ФАГ была выявлена обратно-коррелятивная связь [8]. В то же время, специфично было изменение СОБ в тканях структур мозга в зависимости от возраста, циркадного ритма и сезона года.

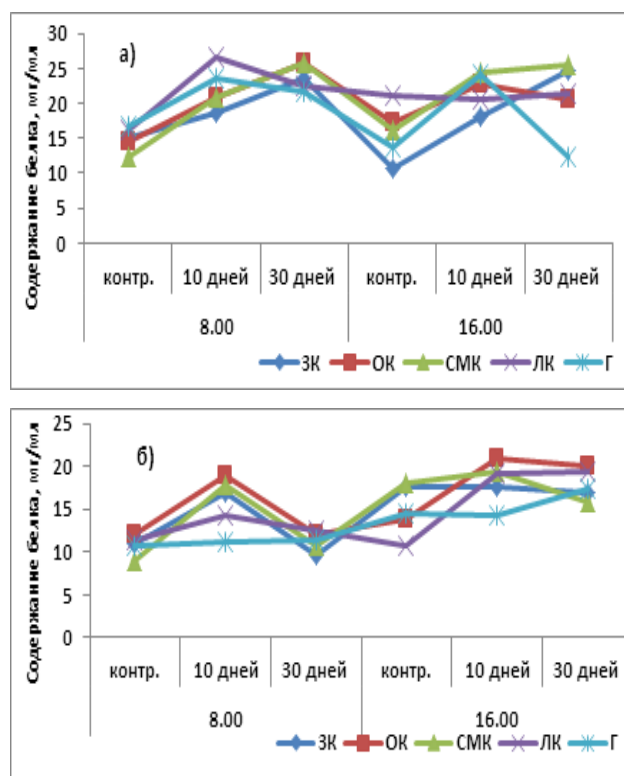


Рис.1.

Содержание общего белка в тканях структур мозга 3- месячных крыс весной (а) и осенью (б) после РСВА.



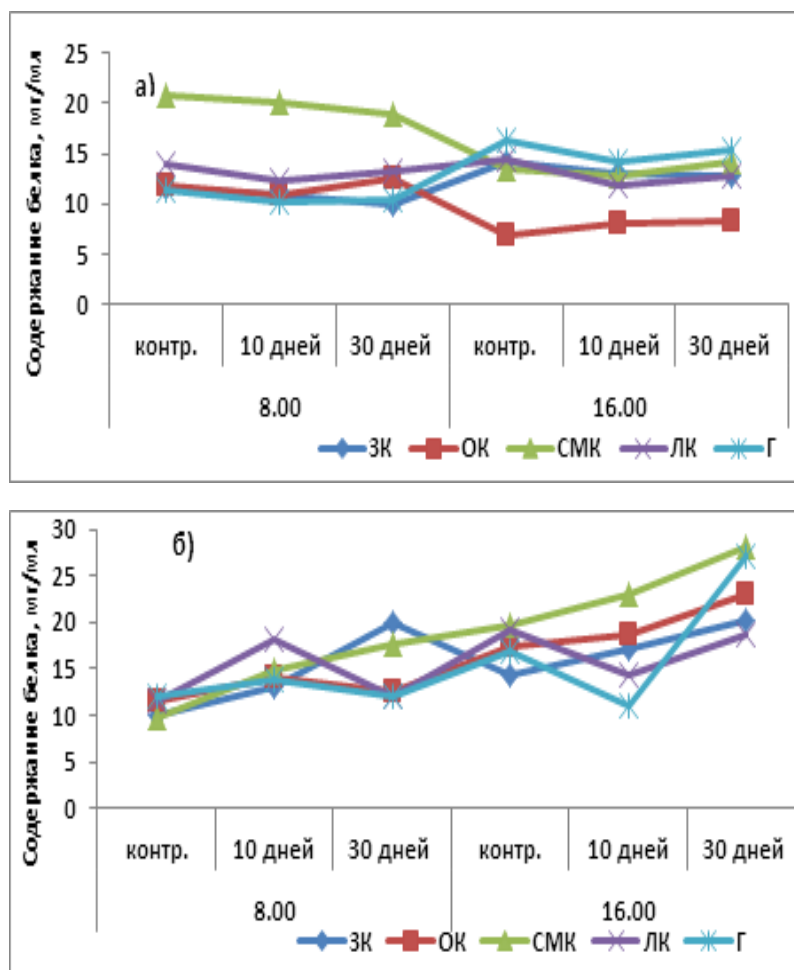


Рис.2.

Содержание общего белка в тканях структур мозга 12-месячных крыс весной (а) и осенью (б) после РСВА.

Так в контроле у 3-месячных крыс весной утром СОБ в тканях исследуемых структур мозга, а вечером в ЗК, СМК и Г выше, чем осенью, в то время, как в ОК и ЛК наблюдалась обратная картина. У 12-месячных контрольных крыс весной утром СОБ в тканях структур мозга выше, чем осенью, кроме Г, где оно было ниже, чем осенью, но эта разница была статистически недостоверна. Осенью вечером во всех структурах мозга этой группы крыс наблюдалось повышение СОБ (рис. 1; 2).

Опытные измерения СОБ проводили через 10 и 30 дней от начала эксперимента. После РСВА в тканях структур головного мозга 3-месячных животных утром и вечером, через 10 и 30 дней, весной и осенью наблюдалось резкое повышение СОБ по сравнению с контролем. В зависимости от сезона года СОБ весной было гораздо выше, чем осенью (рис.1).

Но в группе взрослых 12-месячных крыс изменения СОБ по сравнению с контролем

были не резкие. В то же время осенью через 30 дней вечером его уровень был значительно выше (рис.2).

Известно, что функциональному состоянию анализаторной системы соответствует определенная интенсивность и характер обменных процессов как на уровне нейромедиаторов, так и на уровне синапсов. При этом, большая роль несомненно принадлежит и белкам [9–12]. Проведенные исследования циркадной, сезонной и возрастной динамики активности ферментов трансаминазной группы и СОБ в структурах головного мозга крыс в онтогенезе на фоне РСВА установили значительные их изменения в структурах головного мозга крыс, которые в зависимости от циркадного ритма, сезона и возраста животного носят региональный и функциональный характер.

#### Выводы:

1. Установленные изменения содержания общего белка в тканях структур мозга крыс

при нарушении сенсорной импульсации подтверждают, что на фоне общих закономерностей белкового обмена, при различных экзо- и эндогенных экстремальных воздействиях, отдельные структурно-функциональные образования ЦНС проявляют специфический характер метаболизма свободных аминокислот и белков.

2. Новые данные могут иметь прикладное значение в клинике и быть использованы для разработки новых профилактических мероприятий и рекомендованы для коррекции обменных нарушений при ограничении или отсутствии поступления сенсорной импульсации – в данном случае РСВА.

#### Список литературы:

1. *Anderson G.*, et al., *Int J Mol Sci.*, 2019, 5;20 (21):5500.
2. *Ivanov D.O.*, et al., *Int J. Mol. Sci.* 2021 Feb 19;22 (4):2058.
3. *Джабаров М.И.* М., 2006, 212 с., с.99.
4. *Цыпина А.Е.* и др. *Бюлл. Эксп. Биол. и мед.* М., 1961, №2, с. 112-114.
5. *Pellegrino L.J.* et al. Plenum Press, NY, 1979, 123p.
6. *Kruger N.J.* The protein Protocols hand-book, Totowa N.Y.2002, p,15
7. *Chinopoulos C.* et al, *Methods Mol.Biol.*, 2011, v.,p.311.
8. *Рашидова А.М.* и др. Научн. конф. БГУ, 2003, с.148.
9. *Костенко Е.В.* 2013., №2, с. 104–116.
10. *Bahadoran Z.*, *Int. J. Endocrinol. Metab.* 2018, p.1778.
11. *Robison L.S.*, *Brain. Res.*, 2019, 1, 1710, 43–60.
12. *Рашидова А.М.* Межд. Науч. Конф. ГГУ 2–3 мая 2019, (г. Гянджа), Азербайджан, с. 268–271.

УДК 577.15:612.15.646

**Турганбаева Анийпа Самудиновна***к.б.н., в.н.с. лаб.нейрофизиологии**Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек***ОЦЕНКА СВЯЗИ ДИНАМИКИ КРЕАТИНКИНАЗНОЙ СИСТЕМЫ И ОБЪЕМНОЙ СКОРОСТИ КРОВОТОКА В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ У КУР ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА И В ПЕРВЫЕ ДНИ ПОСЛЕ ВЫЛУПЛЕНИЯ**

**Аннотация.** Проведена оценка связи динамики активности креатинкиназы в сыворотке крови с объёмной скоростью кровотока в полушариях головного мозга в различные периоды развития кур. Равномерное повышение кровотока в головном мозге сопровождалось равномерным увеличением анатомического просвета ( $D^2$ ). Внутренней сонной артерии, и сохранением одинакового уровня величин линейной скорости кровотока ( $V$ ), пристеночного напряжения сдвига ( $t \sim V/D$ ). Установлено что общая динамика активности изофермента КК за исключением последнего периода эмбриогенеза (19-сут) достоверно повышается во все периоды развития эмбрионов кур. Такое увеличение активности КК- (как источник энергии) за весь период эмбриогенеза можно считать физиологическим механизмом поддерживающий равномерный рост просвета внутренней сонной артерии, и величины линейной скорости кровотока, пристеночного напряжения сдвига ( $V/D$ )

**Ключевые слова:** куриные эмбрионы, объёмная скорость кровотока, активность КК-креатинкиназы, полушарии головного мозга

**ЭМБРИОГЕНЕЗДИН ЭКИНЧИ ЖАРЫМЫНДА ЖАНА ИНКУБАТОРДОН ЧЫККАНДАН КИЙИН БИРИНЧИ КҮНДӨРДӨ КРЕАТИНКИНАЗА СИСТЕМАСЫНЫН ДИНАМИКАСЫ МЕНЕН ТООКТУН БАШ МЭЭСИНДЕГИ КАН АГЫМЫНЫН КӨЛӨМДҮК ЫЛДАМДЫГЫНЫН БАЙЛАНЫШЫНА БАА БЕРҮҮ**

**Аннотация** Тооктун өнүгүүсүнүн ар кандай мезгилдеринде: кан сары суусундагы креатинкиназанын активдүүлүгүнүн өзгөрүүсү менен мээнин жарым шарларындагы кан агымынын көлөмдүү ылдамдыгынын ортосундагы байланышка баа берилди. Мээдеги кан агымынын бирдей жогорулоосу ички каротид артериясынын ( $D^2$ ). бирдей өсүшү жана кан агымынын сызыктуу ылдамдыгы ошондой эле негизги артериялардын дубалынын  $V/D$  индекси бирдей деңгээлде сакталышы менен коштолот. КК изоферментинин активдүүлүгүнүн жалпы динамикасы, эмбриогенездин акыркы мезгилин (19 күн) кошпогондо, тоок эмбриондорунун өнүгүүсүнүн бардык мезгилдеринде олуттуу түрдө жогорулай тургандыгы аныкталган. Эмбриогенездин бүткүл мезгилиндеги КК- (энергия булагы катары) активдүүлүгүнүн мындай өсүшүн ички каротид артериясынын ( $D^2$ ) жана кандын сызыктуу ылдамдыгынын чоңдугун, негизги артериялардын дубалынын  $V/D$  индекси бирдей деңгээлде өсүшүн колдоочу физиологиялык механизм катары кароого болот.

**Негизги сөздөр:** тоок эмбриондору, кандын көлөмдүү агымы, СК-креатинкиназа активдүүлүгү, мээ жарым шарлары.

**EVALUATION OF THE CREATINE KINASE SYSTEM TO MAINTAIN THE VOLUMETRIC BLOOD FLOW RATE IN THE BRAIN IN THE SECOND HALF OF EMBRYOGENESIS AND IN THE FIRST DAYS AFTER HATCHING**

**Abstract.** The relationship between the dynamics of creatine kinase activity in the blood serum and the volumetric blood flow velocity in the cerebral hemispheres in different periods of chicken development was assessed. A uniform increase in blood flow in the brain was accompanied by a uniform increase in the

anatomical lumen (D2), internal carotid artery, and maintaining the same level of linear blood flow velocity (V), parietal shear stress ( $t \sim V/D$ ), development of chick embryos. Such an increase in the activity of CK- (as an energy source) throughout the entire period of embryogenesis can be considered as a physiological mechanism that maintains an increase in the linear velocity of the internal carotid artery (D2) and blood, and the V/D index of the wall of the main arteries at the same level.

**Key words.** chicken embryos, volumetric blood flow velocity, CK-creatine kinase activity, cerebral hemispheres.

**Введение.** Известно что нарушения функционирования ферментных систем составляют основу многих патологических и предпатологических состояний организма. Почти все ферменты локализуются внутри клеток и в следствие этого в сыворотке (плазме) крови их активность низкая или же совсем отсутствует. И при этом анализируя внеклеточные жидкости (кровь), по активности определенных ферментов можно выявить видоизменения, протекающие внутри клеток разных органов и тканей организма. Такой подход применяют при изучении механизмов клеточного метаболизма в процессе развития эмбрионов позвоночных [5,6].

Одним из важнейших компонентов биоэнергетической системы является креатинфосфокиназная система, которая используя фосфатные группы молекул АТФ участвует в фосфорилировании креатина и полученный креатинфосфат как энергетический буфер играет критическую и централизованную роль в поддержании концентрации аденозинтрифосфата (АТФ) в тканях с высокими энергетическими потребностями, таких как скелетные мышцы, сердце и мозг [10, 4].

В этом исследовании проводили оценку активности креатинкиназы которая контролирует участие и синтез в метаболизме одного из ведущих макроэргов клетки – креатинфосфата. Изоформы СК сильно экспрессируются в тканях с высокими и колеблющимися потребностями в энергии, таких как мышцы и мозг [9, 11].

**Цель работы** сравнить у развивающихся кур динамику активности креатинкиназы в сыворотке крови с оценкой объемной скорости кровотока (ОСК) в полушариях головного мозга.

**Методы исследования.** Работа по определению ОСК проведена в полушариях головного мозга (линии Леггорн.) и активность фермента КК ( порода Хай-Лайн ) у 10-, 15-, 19 суточных куриных эмбрионов и 3-5-суточных цыплят

кур. Обе породы домашних кур не различаются по динамике роста и размерам одновозрастных особей.

Эмбрионы выращивали в отечественном инкубаторе ДИП 56Ж при температуре 38-38.5 непрерывной аэрации атмосферным воздухом, насыщенными водяными парами и автоматической ротацией яиц до нужного возраста из оплодотворенных яиц. Вылупившихся цыплят содержали и кормили в лабораторных клетках.

Для измерения объемной скорости кровотока в полушариях головного мозга использовался лазер-Допплер флоуметр ЛАКК-01. ((НПП «Лазма», Москва)

Подробное описание принципов работы этого прибора и подготовка органа с процедурой измерения кровотока в полушариях головного мозга эмбрионов и цыплят, сделано нами ранее [3].

Кратко повторим основные моменты [1]. Согласно закону Допплера частотный сдвиг лучей света, проникающую в изучаемый ткань, будучи пропорциональным произведению количества передвигающихся частиц (в основном эритроцитов) на их среднюю линейную скорость, имеет возможность охарактеризовывать в ней значение ОСК. При одном и том же датчике размер ткани, в котором измеряется ОСК, остается постоянным, в следствие этого полученное значение ОСК можно рассматривать как отнесенную к единице размера ткани. Глубина проникновения лазерного луча в биологическую ткань при заданных характеристиках света для нашего датчика – около 1 мм. Величину ОСК выражают в перфузионных единицах (пф. ед.). Перед опытом флоуметр с зондом калибровался с помощью вращающегося диска, что позволяло оценить линейное соответствие величины регистрируемого сигнала прибора со скоростью движущейся поверхности диска.

Функциональную активность ферментов (соответствующими субстратами) определяли по многоточечной кинетике, сущность ко-

торых заключается в оценке скорости NADH регистрируемый спектрофотометрически при определенной длине волны. Кровь у эмбрионов и цыплят брали по общепринятой методике [2].

Измерения кровотока и определение активности фермента на эмбрионах проводилось без наркоза, на цыплятах – после внутрибрюшинного введения 20% раствора уретана в дозе 2 г/кг.

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с определением средней арифметической, ее ошибки ( $M \pm m$ ). Достоверность различий признаков оценивали по критерию Стьюдента для равновеликих малых выборок при  $p \leq 0.05$ .

**Результаты исследования.** Обнаружено, что величины ОСК в головном мозге в исследуемый период меняется по-разному (табл. 1).

Таблица 1.

**Объемная скорость кровотока в головном мозге куриных эмбрионов (Э) и цыплят (Ц),  $M \pm m$  (n)**

Возраст, сут. (20)	Мт, г (20)	Мозг (10)	
		ОМО, %	ОСК, пф. ед.
Э 10±0.3 (20)	1.6±0.16 (20)	16±3.0	9±1.4
Э 14±0.1 (20)	11±0.4 (20)	4.7±0.19*	16±2.3*
Э 19±0.1 (20)	22±0,9 (20)	3.4±0.15*	24±2.6*
Ц 5±1.2 (10)	49± 1.2 (10)	2.2±0.09*	33±2.8*

**Примечание.** Мт – масса тела, ОМО – относительная масса органа, ОСК – объемная скорость кровотока в единице массы органа. Показаны достоверные различия по сравнению с предшествующим возрастом при  $p \leq 0.05$ .

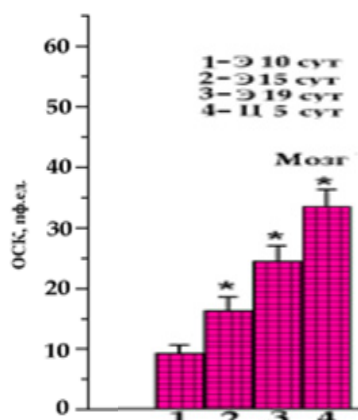


Рис. 1.

Объемная скорость кровотока (вверху  $M \pm m$  согласно табл.

1) в полушариях головного мозга у эмбрионов и кур в период эмбриогенеза (Э) и после вылупления

Чтобы установить изменение сердечного выброса (МОК) или его долю направленную в полушарии головного мозга в период эмбриогенеза, используя данные о средних значениях массы и данные о средних величинах скоростей кровотока головного мозга куриного эмбриона (табл.1), можно рассчитать значения потоков крови в мозге. При этом считалось что скорость

кровотока в органе однородна и идентична ОСК, измеренный флоуметром в его поверхностных слоях (поток = МТ х ОММ х ОСК).

Поток крови в период развития кур в головном мозге (рис.2) растет постепенно (в 16 раз), что обусловлено равным увеличением массы мозга и ОСК (табл.1).



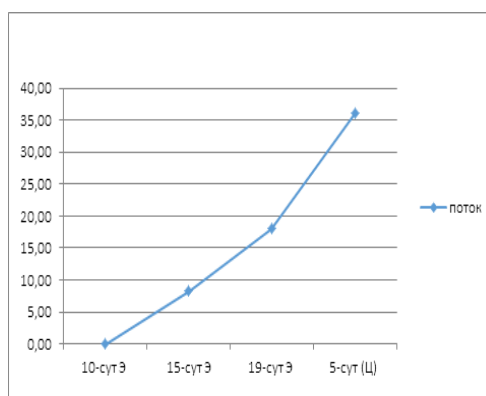


Рис.2.

Расчетные потоки крови в полушариях головного мозга в период эмбриогенеза (Э) и после вылупления (Ц)

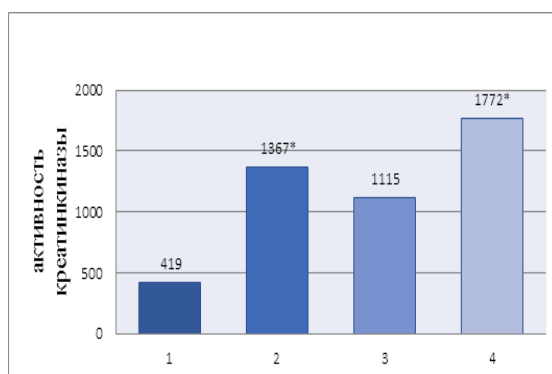
Как же меняется просвет и структура стенки магистральных артерий несущий эти потоки к данному органу. Две сонных артерии наряду с двумя позвоночными обеспечивают весь кровоток в головном мозге. Считается что изменения потоков крови, протекающих через мозг, будут адекватно отражаться на потоках в этих сосудах.

Результатами исследования [3] показано что по мере роста эмбриона просвет сонной артерии (их внутренний диаметр- D) постепенно увеличивается с увеличением потока в нем крови, а толщина стенки падает, и перед вылуплением эта артерия превращается в тонкостенный сосуд. Возможно, в артериях, питающих мозг, наиболее высокая величина **пристеночного напряжения сдвига  $\tau$**  (он пропорционален отношению  $V/D$ ), **возникает на ранних стадиях эмбриогенеза.** Данный фактор  $\tau$  в настоящее время считают как универсальный регулятор роста и развития структур способствующий появлению разных событий в эмбриональном

морфогенезе начиная с гастрюляции и появления право-левой асимметрии [7,8]. Она запускает программу роста их просвета, при котором адекватный поток крови через мозг возможен только при определенно низких величинах  $V$  и  $V/D$ .

В данном случае КФК система является необходимым компонентом биоэнергетической системы, обеспечивая необходимой энергией, тем самым определяя рост, развитие организма и продуктивность животных.

Как видно (рис. 3) значительное повышение активности креатинкиназы (мв) в период эмбриогенеза с 10-сут (492 ед /л) по 15-суток (1367 ед/л) На 19-сутки развития эмбрионов уровень активности КК (мв.) незначительно снижается (1115ед/л) по сравнению 15-суточными эмбрионами. А активность креатинкиназы (мв) у цыплят достоверно увеличиваясь составляет 1772 ед/л. по сравнению с 19-суточными эмбрионами.



1-Э10сут. 2-Э15-сут.3-Э19-сут.4-Ц5сут

Рис.3. Активность креатинкиназы у эмбрионов и цыплят.

Показаны достоверные различия по сравнению с предшествующим возрастом при  $p \leq 0.05$ .

Таким образом, общая динамика активности изофермента КК за исключением последнего периода эмбриогенеза (19-сут) достоверно повышается во все периоды развития эмбрионов кур.

Уже на ранних стадиях КФК играет существенно важную роль в поддержании энергии необходимые для развития ЦНС.

Значительное увеличение ОСК в полушариях головного мозга за весь исследуемый период эмбриогенеза, достигает значимых величин в постэмбриональный период. Повышение ОСК в мозге обуславливает как увеличение массы мозга, так и потоков крови в полушариях головного мозга. Данный процесс свидетельствует о запуске программы роста в полушариях головного мозга. Таким образом наблюдаемую динамику увеличение активность КК (как источник энергии) за весь период эмбриогенеза можно считать физиологическим механизмом поддерживающий равномерный рост просвета внутренней сонной артерии, и величины линейной скорости кровотока, пристеночного напряжения сдвига (V/D).

### Список литературы:

1. Козлов В.И. Инструкция по применению лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-01 // В.И. Козлов, Э.С.Мач, В.В. Сидоров. – М., 2002. – 39с.
2. Садовников Н.В., Придыбайло Н.Д., Верещак Н.А., Заслонов А.С. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов. – Екатеринбург – СПб.: Уральская ГСХА, НПП «АВИВАК», 2009. – 85 с.
3. Турганбаева А. С., Беличенко В. М., Шошенко К. А. Кровоток в головном мозге и печени у кур в эмбриональном и раннем постэмбриональном периодах // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2011 – Т.97 (12): – С. 1361–1372.
4. Bonilla DA, Kreider RB, Stout JR, et al . Metabolic Basis of Creatine in Health and Disease: A Bioinformatics-Assisted Review. //Nutrients. – 2021 Apr 9; – 13(4):1238. Doi: 10.3390/nu13041238. PMID: 33918657; PMCID: PMC8070484.
5. Han W., Song M., Yuan H, Bao H., Liu C., Wu C., and Zhao C. Effects of hypoxia on serum hepatic chemistries of Tibet chicken and Shouguang chicken .Afr. J. Biotechnol. 2013 .Vol. 12(46), pp. 6540-6543].
6. Imagawa T, Yamamoto, E. Sawada, M. Okamoto, M. and Uehara M. Expression of Lactate Dehydrogenase-A and -B Messenger Ribonucleic Acids in Chick Glycogen Body // Poultry Science – 2006. – № 85. – 1232–1238;
7. Patwari P., Lee R. T. Mechanical control of tissue morphogenesis. // Circ. Res. – 2008. – 103: – pp. 234–243.
8. Taber L. A. Biomechanics of cardiovascular development. // Annu. Rev. Biomed. Eng. – 2001–3: – pp.1–25.
9. Wallimann, T.; Wyss, M.; Brdiczka, D.; Nicolay, K.; Eppenberger, H.M. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: The 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. // Biochem. J. – 1992, – 281, pp. 21–40.
10. Wallimann T, Tokarska-Schlattner M, Schlattner U. The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine. // Amino Acids.- 2011 May;40(5) – pp. 1271–96. Doi: 10.1007/s00726-011-0877-3. Epub 2011 Mar 30. PMID: 21448658; PMCID: PMC3080659.
11. Wyss M, Kaddurah-Daouk R. Creatine and creatinine metabolism. Physiol Rev. 2000 Jul; 80(3):1107-213. Doi: 10.1152/physrev.2000.80.3.1107. PMID: 10893433.

**Заключение.** Наши материалы на примере развивающихся кур в условиях эмбрионального и затем легочного дыхания дают некоторое представление об участии и взаимоотношении разных структур ССС: внеорганных артерий с меняющимися показателями V и V/D, своеобразии потоков крови из сердца в эмбриональный и постнатальный периоды которые участвуют в создании специфического уровня органичного кровотока.

Равномерное повышение ОСК в полушариях головного мозга обуславливает увеличение массы мозга, и потоков крови и свидетельствует о запуске программы роста в полушариях головного мозга.

Уже на ранних стадиях КФК играет существенно важную роль в поддержании энергии необходимые для развития ЦНС. Таким образом наблюдаемую динамику увеличение активность КК (как источник энергии) за весь период эмбриогенеза можно считать физиологическим механизмом поддерживающий равномерный рост просвета внутренней сонной артерии, и величины линейной скорости кровотока, пристеночного напряжения сдвига.

УДК 612.017.1

**Тюмонбаева Насира Бектурсуновна,**  
*к.б.н., доцент, вед.н.с.*

**Казыбекова Астра Ажымудуновна,**  
*к.б.н., с.н.с.*

**Абрамова Ирина Александровна,**  
*н.с.*

**Вишневский Александр Алесандрович,**  
*д.б.н., профессор, вед.н.с.*

*лаборатория физиологии иммунной системы  
Института горной физиологии и медицины НАН КР*

### **ИЗМЕНЕНИЯ Т-ЗВЕНА ИММУНИТЕТА У ГОРЦЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ В НИЗКОГОРЬЕ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнения показателей Т- лимфоцитов и их субпопуляций. Полученные результаты отражают изменения показателей Т- звена иммунитета у жителей гор в зависимости от сроков проживания в низкогорье.

**Ключевые слова:** иммунный статус, Т- лимфоциты, хелперные Т-лимфоциты, цитотоксические Т-лимфоциты, иммунорегуляторный индекс, низкогорье, высокогорье, миграция.

### **БИЙИК ТОО ТУРГУНДАРЫНЫН ЖАПЫЗ ТОО ШАРТЫНДА ЖАШОО УЗАКТЫГЫНА ЖАРАША ИММУНИТЕТИНИН Т-ЗВЕНОСУНДАГЫ ӨЗГӨРҮҮЛӨР**

**Аннотация.** Макалада Т-лимфоциттердин жана алардын субпопуляцияларынын параметрлерин салыштыруу берилген. Алынган натыйжалар бийик тоо тургундарынын жапыз тоо шартында жашоо узактыгына жараша иммунитеттин Т-звеносунун параметрлеринин өзгөрүшү чагылдырат.

**Негизги сөздөр:** иммундук статус, Т-лимфоциттер, хелпердик Т- лимфоцит, цитотоксикалык Т-лимфоцит, иммунорегулятордык индекс, жапыз тоолор, бийик тоолор, миграция.

### **CHANGES IN THE IMMUNITY T-LINK OF HIGHLAND INHABITANTS DEPENDING ON THE DURATION OF LIVING IN LOWLAND**

**Abstract.** The paper presents the results of comparison of T-lymphocytes parameters and their subpopulations. The results obtained reflect the changes in the indices of immunity T link of the population which live in highland depending on the terms of living in lowland.

**Key words:** immune status, T-lymphocytes, helper T-lymphocytes, cytotoxic T-lymphocytes, immunoregulatory index, low mountains, high mountains, migration.

В последнее время значительной социально-экономической проблемой КР стала миграция населения, особенно из высокогорных районов в низкогорье. Популяции людей, проживающих в горах на протяжении длительного времени, приспособились к суровым условиям окружающей среды и выработали определенные генетически закрепленные гомеостатические стереотипы. На основании многолетних исследований были определены региональные нормы показателей иммунитета и иммуноге-

нетические маркеры у горного населения Кыргызстана [М.И. Китаев, К.А. Собуров, 2009].

Приспособление представителей мигрирующих популяций к жизни в новых условиях среды с общебиологических позиций является адаптационным процессом со всеми присущими ему физиологическими изменениями организма человека, а превышение требований среды к адаптационным возможностям организма приводит к развитию различных дисфункций, включая предпатологию и патологию. При

этом, высоко специализированная и сложно регулируемая иммунная система организма является одной из самых чувствительных к воздействию различных факторов среды [Черешнев В.А. и соавт., 2002; Хаитов Р.М., 2009], [Колыда Т.И. и соавт., 1995; Голубева Н.В., 2007].

**Целью исследования** явилось изучение одного из типов иммунных реакций – клеточного, основанного на действии активированных тимусзависимых лимфоцитов. Известно, что иммунный ответ клеточного типа (перестройка иммунной системы) характеризуется выработкой большого количества антигеноспецифических активных Т-лимфоцитов с различными функциями.

Однако, оценка изменений этих показателей иммунной системы у коренных жителей высокогорья трудоспособного возраста при перемещении в условия низкогорья и при адаптации различной продолжительности отсутствует. Вышеуказанное и определило необходимость проведения наших исследований.

**Методы исследования.** Были обследованы мигранты (18-37 лет) из высокогорья в низкогорье, что дает ценную информацию о характере изменений иммунной реактивности организма, при этом учитывались сроки проживания в низкогорье. Во многих защитных реакциях организма важную роль играют иммунные

реакции клеточного типа, поэтому одним из приоритетных вопросов в экологической иммунологии является оценка иммунного статуса по состоянию Т- и В- звеньев иммунитета (количество и функции). Кроме того, необходимо отметить, что в отличие от других клеток организма, лимфоциты наделены памятью [Хаитов Р.М., 2009].

В связи с этим были изучены изменения субпопуляционного состава Т-звена иммунитета иммунофлюоресцентным методом с помощью моноклональных антител CD3+ (общие Т-лимфоциты), CD4+ (Т-хелперы), CD8+ (цитотоксические клетки), определен иммунорегуляторный индекс – ИРИ (CD4+/CD8+) (Хаитов Р.М., Пинегин Б.В., 2001) у мигрантов в зависимости от сроков проживания в условиях низкогорья (1, 4, 10 лет).

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных программ (Microsoft Excel). Значимость различий средних величин оценивали по t-критерию Стьюдента – Фишера.

**Результаты и обсуждения.** Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в норме клеточные факторы иммунитета у горцев, по сравнению с показателями у постоянных жителей низкогорья снижены [Китаев М.И., 2014; Собуров К.А., 2015].

**Таблица** – Изменение клеточного иммунитета у постоянных жителей высокогорья при перемещении в низкогорье

Место проживания обследуемого контингента		ПОКАЗАТЕЛИ			
		Т-лимфоциты (CD3+),%	Хелперные Т-лимфоциты (CD4+),%	Цитотоксические Т-лимфоциты (CD8+),%	ИРИ CD4+/CD8+
Постоянные жители высокогорья		42,6±1,1 <sup>o</sup>	32,4±1,7	19,8±0,6 <sup>o</sup>	1,64
Постоянные жители г. Бишкек, 760 м		59,0±2,2	31,3±1,8	16,2±0,44	1,93
Продолжительность проживания в низкогорье, лет	1 год	29,2±1,3* <sup>o</sup>	20,8±0,9* <sup>o</sup>	15,2±0,7*	1,37
	4 года	35,4±1,07* <sup>o</sup>	24,6±1,1* <sup>o</sup>	20,8±1,4 <sup>o</sup>	1,18
	10 лет	44,0±1,8 <sup>o</sup>	27,5±1,6*	16,4±0,9	1,68

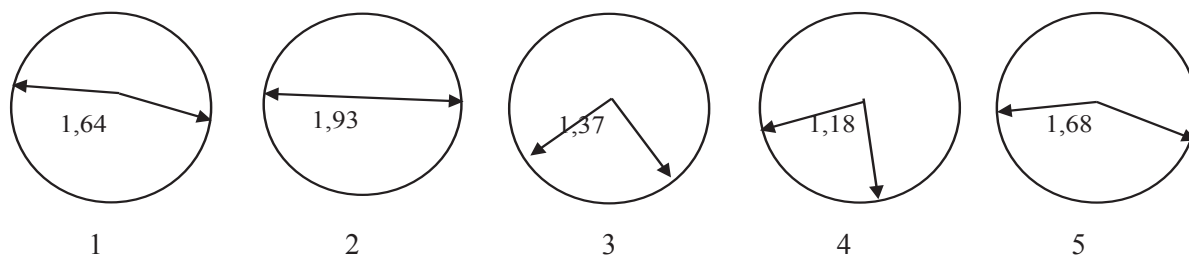
*Примечание:* \* – разница статистически достоверна (P<0,05) при сравнении с показателями постоянных жителей с высокогорья; <sup>o</sup> – данные статистически достоверно отличаются при сравнении с показателями постоянных жителей низкогорья.

За 1 год проживания в низкогорье, отмечались уменьшение количества хелперных и цитотоксических Т- лимфоцитов, т.е. проявлялось однонаправленность изменений в содержании этих субпопуляций. Однако после 4-х лет проживания наблюдалось *некоторое* увеличение содержания этих клеток относительно показателей после года пребывания в низкогорья.

Достаточно продолжительное время проживания в условиях низкогорья (10 лет) сопровождалось увеличением содержания Т-лимфоцитов, и приближением содержания цитотоксических Т-лимфоцитов к нормам жителей г. Бишкек, при этом содержание Т-хелперных лимфоцитов оставалось несколько сниженным. Уменьшение содержания Т-клеток, а также субпопуляции Т-хелперов, наблюдавшиеся в раннем периоде адаптации является признаком неустойчивости организма к инфекционным агентам.

Многочисленные исследования подтверждают необходимость определения соотно-

шения иммунорегуляторных субпопуляций Т-лимфоцитов (СД4+/СД8+ или ИРИ-иммунорегуляторный индекс), поскольку этот показатель является весьма информативным и позволяет дать объективную оценку иммунному ответу. Именно этим субпопуляциям принадлежит основная роль в развитии и реализации эффекторных функций иммунитета. ИРИ используют для оценки стадий заболеваний и прогнозирования течения инфекций, а также определяется у пациентов с частыми ОРВИ, при аутоиммунных, аллергических и онкологических заболеваниях, а также при наличии иммунодефицитов разной этиологии (Хаитов Р.М., Пинегин Б.В., 2001). После адаптации к низкогорью в течение 4-х лет отмечалось снижение числа СД3+ лимфоцитов периферической крови и изменения в соотношении СД4+/СД8+. В одних случаях это было связано с уменьшением субпопуляции СД4+ – клеток, а в других – с тенденцией повышения числа СД8+ – клеток.



1 – постоянные жители высокогорья; 2 – постоянные жители г. Бишкек;  
Продолжительность проживания в низкогорье, лет: 3 – 1 год; 4 – 4 года; 5 – 10 лет

Рис.

Показатели иммунорегуляторных индексов при миграции в низкогорье в зависимости от продолжительности адаптации (СД4+/СД8+ или ИРИ)

**Заключение.** Эти данные могут свидетельствовать о нарушении функций Т-системы иммунитета у жителей гор в первое время проживания в низкогорной местности. Полученные результаты отражают изменения показателей Т-системы иммунитета у жителей гор в зависимости от сроков проживания в низкогорье.

#### Список литературы:

1. Адаптационный синдром и иммунитет /Т.И.Коляда, Ю.Л.Волянский, Н.В.Васильев, В.И.Мальцев. -Харьков: Основа, 1995. – 386 с.
2. Голубева Н. В. Физиологическая оценка иммунной системы у пришлого населения Крайнего Севера [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Н. В. Голубева. – М., 2007. – 25 с.
3. Китаев М.И. Горная гипоксия и иммунитет /М.И. Китаев. – Бишкек, 2014. – 199 с.
4. Китаев М.И. Региональные нормы показателей иммунитета и иммуногенетические маркеры у горного населения Кыргызстана/ М.И. Китаев, К.А. Собуров. –Бишкек: Гулчынар, 2009. -147с.-ISBN 978-9967-12-081-5.

Выявленные особенности функционирования Т-звена иммунитета у горцев при миграции в низкогорье могут расцениваться как адаптивные, направленные на компенсацию воздействий экологических и социально-экономических факторов.



5. *Китаев М.И., Собуров К.А.* Медико-биологические нормы основных параметров иммунитета у постоянных жителей горных регионов Кыргызской Республики //Методические рекомендации. – Бишкек, 1995. – 28 с.
6. *Новиков В. С., Сороко С. И.* Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях / В. С. Новиков, С. И. Сороко. – СПб: Политехника-принт, 2017. – 476 с. ISBN 978-5-906931-26-9 .
7. *Собуров К.А.* Иммунитета и экология. – Б.: ОсОО Гулчынар; 2015. – 150 с
8. Хаитов Р.М. Оценка иммунного статуса человека в норме и при патологии/ Р.М. Хаитов, Б.В. Пинегин // Иммунология. – 2001. – N 4. – С. 4–6.
9. *Черешнев В.А.* Иммунофизиология / В.А. Черешнев, Юшков Б.Г., В.Г. Клитин, Е.В. Лебедева. Екатеринбург: УрОРАН, 2002. 258.

## СЕКЦИЯ АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА В ГОРАХ И РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 616-092:616.9

*Prof. Dr. Gustavo R. Zubieta-Calleja*  
*High Altitude Pulmonary and Pathology Institute (HAPPI-IPPA),*  
*Av. Copacabana – Prolongación # 55, La Paz, Bolivia.*  
*профессор Густаво Р. Зубьета – Каллежа*  
*Институт высокогорной патологии легких, Ла-Пас, Боливия*

### ПНЕВМОЛИЗИС НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПАТОЛОГИИ ЛЕГКИХ ПРИ COVID-19, ВОЗНИКШАЯ В ВЫСОКОГОРНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

**Аннотация.** В тезисах рассмотрены механизмы тяжелого поражения легких во время пандемии Covid-19 при высокой гипобарической гипоксии. Определены три патофизиологические стадии прогрессирующей гипоксемии, нормальные и низкие уровни сатурации кислорода ( $SpO_2$ ), которые рассматриваются как тихая гипоксемия на высоте 3500 м. Также обнаружена более низкая заболеваемость Covid-19 на большой высоте. Полученные данные могут помочь в лечении пневмолизиса и других вирусных заболеваний легких которые поражают легкие в период коронавирусной инфекции.

**Ключевые слова:** Covid-19, пневмолизис, гипоксемия, высокогорье.

### ПНЕВМОЛИЗИС ЖОГОРКУ БИЙИКТИКТЕГИ МЕДИЦИНАЛЫК ПРАКТИКАДАН ТУУЛГАН ЖАҢЫ КОВИД-19 ӨПКӨ ПАТОЛОГИЯСЫНЫН ЖАҢЫ КОНЦЕПЦИЯСЫ

**Аннотация.** Тезистерде жогорку гипобарикалык гипоксия менен Ковид-19 пандемиясынын учурунда өпкөнүн катуу жабыркаган механизмдери каралат. Прогрессивдүү гипоксемиянын үч патофизиологиялык стадиясы,  $SpO_2$  нормалдуу жана төмөн деңгээли аныкталган, алар 3500 м бийиктикте үнсүз гипоксемия катары каралат. Ошондой эле бийик тоолуу жерлерде Covid-19 оорусунун азайышы байкалды. Алынган маалыматтар пневмолизисди жана коронавирустук инфекция мезгилинде өпкөгө таасир эткен өпкөнүн башка вирустук ооруларын дарылоого жардам берет.

**Негизги сөздөр:** Ковид-19, пневмолизис, гипоксемия, бийик тоолор.

### PNEUMOLYSIS A NEW COVID-19 LUNG PATHOLOGY CONCEPT BORN FROM HIGH ALTITUDE MEDICAL PRACTICE

Medical practice in high-altitude hypobaric hypoxia provides us with a different focus on lung disease. During the current COVID-19 pandemic, severe lung compromise often evolves into life-threatening hypoxemia. The mechanisms involved are not fully understood. Their understanding is crucial to improving the outcomes. Sea-level management of this pathology was baffling to the physicians. The «Silent hypoxemia» confused them greatly. High altitude physicians are used to arterial low oxygen partial pressures ( $PaO_2$ ) and low pulse-oximetry saturation ( $SpO_2$ ). Medical and physiological high altitude acute and chronic hypoxia experience with COVID-19 hypoxemia grants a new insight. Applying the Tolerance to Hypoxia formula = Hemoglobin/ $PaCO_2$  +3.01 to COVID-19 enlightens critical hypoxemia. *Pneumolysis* (pneumo=lung, lysis=destruction) is an acute infectious disease marked by *inoculation of*

*the Coronavirus-2 RNA or other viruses within the pneumocytes, viral* intra-cellular replication and *pneumocyte destruction* (generally not compromising the bronchioles), accompanied by **inflammation, edema**, capillary vasodilatation, the formation of hyaline membranes, and micro-abscesses, nuclear atypia, characterized by non-productive cough, initial silent hypoxemia, and sudden onset of severe hypoxia, difficulty in breathing, fatigue, tachycardia and rapid progression to a reduced lung gas exchange area and subsequent fibrosis. Our first known use: Jun 13, 2020. The adequate interpretation of the histopathological lung biopsy photomicrographs reveals these alterations. The three theoretical pathophysiological stages of progressive hypoxemia are: silent hypoxemia, gasping, and death zone. Normal low SpO<sub>2</sub> levels (with intact lung tissue and adequate acid-base status) could be considered silent hypoxemia at high altitude. Furthermore, we have found a lower incidence of COVID-19 at high altitude. At sea level, in COVID-19, the silent hypoxemia starting at SpO<sub>2</sub> =< 90% (comparable to a normal SPO<sub>2</sub> {88-92%} at 3,500m) suddenly evolves to critical hypoxemia. This, is a consequence of progressive pneumolysis + inflammation + overexpressed immunity + HAPE-type edema resulting in pulmonary shunting. Understanding the pathophysiology of COVID-19 may assist in this disease's management and future viral lung diseases that compromise the alveoli.

УДК 612.275.1

**Максимов Аркадий Леонидович,***д.м.н., чл.-корр. РАН***Борисенко Николай Сергеевич,***н.с.**Институт физиологии ФИЦ Коми УрО РАН*

### **ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ – ЛЫЖНИКОВ В ПЕРВЫЕ ДНИ АДАПТАЦИИ В СРЕДНЕГОРЬЕ**

**Аннотация.** Проведено исследование 36 спортсменов лыжных циклических видов имеющих высокие спортивные разряды. Возраст составлял  $18,6 \pm 0,5$  лет; масса  $70 \pm 1,2$  кг., ИМТ  $22,4 \pm 0,7$  ед. В условиях равнины на основании пробы с ререспирацией были выделены группы высоко и низко устойчивых к гипоксии. В типизированных группах в состоянии покоя и на фоне велоэргометрической нагрузки субмаксимальной мощности были изучены на равнине и в среднегорье показатели дыхательного метаболизма. Установлено, что даже среди высокотренированных на выносливость спортсменов имеются лица с низкой гипоксической устойчивостью, что влияет на их способность выполнять физические нагрузки в первые дни после подъема в горы. При этом наибольшей информативностью для оценки функционального резерва организма обладают показатели частоты пульса, минутного объема дыхания, потребления кислорода, кислородный пульс и оксигенация крови. На основании корреляционных связей этих показателей возможна оценка эффективности адаптационного процесса спортсменов в горах и его готовности к соревновательным нагрузкам.

**Ключевые слова:** спортсмены, функциональные показатели, гипоксическая устойчивость, типизация, среднегорье.

### **ОРТО ТООЛОРДО КӨНҮГҮҮНҮН БИРИНЧИ КҮНДӨРҮНДӨ ЖОГОРКУ КФАЛИФИКАЦИЯДАГЫ СПОРТЧУЛАРДА – ЛЫЖАЧЫЛАРДА ГАЗ АЛМАШУУ КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНҮН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

**Аннотация.** Лыжа циклинин түрлөрүндөгү жогорку спорттук разряддарга ээ болгон 36 спортчуларга изилдөө жүргүзүлдү.  $18,6 \pm 0,5$  жаш курактагы; салмагы  $70 \pm 1,2$  кг., ДСИ  $22,4 \pm 0,7$  бирдик. Түздүк шартта дем алуу тестинин негизинде гипоксияга жогорку жана аз чыдамдуу топтор аныкталган. Типтештирилген топтордо тынч абалда жана велосипеддин эргометриялык жүктөмүнүн фонунда субмаксималдуу кубаттуулукта, түздүктө жана ортоңку тоолордо дем алуудагы зат алмашуунун көрсөткүчтөрү изилденген.

Ал тургай, жогорку даярдиктан өткөн чыдамкай спортчулардын арасында гипоксиялык туруктуулугу төмөн адамдар бар экендиги аныкталган, бул алардын тоого чыккандан кийинки алгачкы күндөрү физикалык иш-аракетти аткаруусуна таасирин тийгизет.

Ошол эле учурда, дененин функционалдык резервин баалоо үчүн жүрөктүн кагышын көрсөткүчтөрү, дем алуунун мүнөттүк көлөмү, кычкылтек керектөө, кычкылтектин пульсу жана кандын кычкылтектешүүсүнүн көрсөткүчтөрү эң чоң маалыматтык мазмунга ээ. Бул көрсөткүчтөрдүн корреляциясынын негизинде тоодогу спортчулардын адаптация процессинин натыйжалуулугун жана анын атаандаштык жүктөргө даярдыгын баалоого болот.

**Негизги сөздөр:** спортчулар, функционалдык көрсөткүчтөр, гипоксиялык каршылык, типтештирүү, орто тоо.

## FEATURES OF THE STRUCTURE OF RESPIRATORY METABOLISM INDICATORS IN HIGHLY SKILLED ATHLETES-SKIERS DURING THE FIRST DAYS OF ADAPTATION IN THE MIDDLE-ALTITUDE REGION

**Abstract.** A study of 36 athletes of ski cyclic types with high sports categories was carried out. Age was  $18.6 \pm 0.5$  years; weight  $70 \pm 1.2$  kg; BMI  $22.4 \pm 0.7$  units. Under the conditions of the plain, on the basis of a rerespiration test, groups with high and low resistance to hypoxia were identified. In the typified groups during the rest and bicycle ergometric load of submaximal power, indicators of respiratory metabolism were studied on the plain and in the middle-altitude region. It has been established that even among highly trained athletes with a large amount of stamina there are individuals with low hypoxic resistance, which has an influence on their ability to perform physical activity in the first days after the arrival at the mountains. At the same time, the indicators of pulse rate, minute volume of respiration, oxygen consumption, oxygen pulse and blood oxygenation have the greatest information content for assessing the functional backup of the body. Based on the correlations of these indicators, it is possible to assess the effectiveness of the adaptation process of athletes in the mountains and their readiness for competitive loads.

**Key words:** athletes, functional indicators, hypoxic resistance, typification, middle-altitude region.

**Введение.** Хорошо известно, что подъем человека с равнины на высоты более 2000 м. в первые 3-4 дня может снижать его физическую работоспособность, негативно влиять на самочувствие. Однако дальнейшее пребывание на высотах до 3000 м может способствовать повышению функциональных возможностей спортсменов и формировать положительные эффекты для здоровья человека [3].

При этом степень выраженности неблагоприятных проявлений первых дней пребывания в горах во многом зависит от функциональных резервов, уровня физического развития и индивидуальной гипоксической устойчивости человека. Значимость всех этих факторов многократно возрастает для спортсменов, в случае проведения соревнований в условиях среднегорья, как это было на зимней олимпиаде в Пекине, когда времени на адаптацию не достаточно. Однако установлено, что даже у спортсменов высоких разрядов, тренирующихся на выносливость в циклических видах спорта, имеющих высокие функциональные возможности, в первые дни подъема в горы спортивные результаты снижаются [2]. Учитывая, активное развитие в горах Кавказа различных спортивных кластеров, где соревнованиям по лыжным видам спорта отводится значительное место, нами на спортивной базе Терскол в период 3–4 дня после подъема на высоту было проведено исследование ряда показателей газового метаболизма организма спортсменов-лыжников.

**Цель исследования.** Определить состояние адаптации и особенности перестроек и информативность эргоспирометрических по-

казателей у спортсменов в первые дни после подъема в горы в зависимости от их исходного уровня гипоксически-гиперкапнической устойчивости.

**Объект и методы исследования.** В исследованиях приняли участие спортсмены 1 разряда и КМС, специализирующиеся в лыжных циклических видах спорта, путем проведения поперечных исследований на протяжении 5 лет. Из общей выборки около 100 человек, индивидуальную типизацию по переносимости ререспирации прошли 36 спортсменов, принявших участие во всех сериях исследований. При этом их возраст составлял  $18,6 \pm 0,5$  лет; масса  $70 \pm 1,2$  кг.; ИМТ  $22,4 \pm 0,7$  ед. Типизация по устойчивости к гипоксии проводилась только в условиях равнины на основании разработанной пробы с возвратным дыханием (ререспирация) [1]. Эргоспирометрические показатели изучались на равнине и в среднегорье (2150 м), как в покое, так и при велоэргометрической нагрузке мощностью 150 Вт, темпом 60 об/мин, продолжительностью 6 мин с использованием системы «OxusonPro», а в отдельных случаях с нагрузкой до отказа.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При выполнении пробы с ререспирацией для оценки индивидуальной устойчивости к нарастающей гипоксии и гиперкапнии установлено, что среди обследуемых выделились 2-е полярные группы: 1 (высокоустойчивые 13 чел.) у которых уровень оксигенации крови ( $HbO_2$ ) на пике ререспирации не опускался ниже 96 % и обследуемые, демонстрировавшие эти показатели ниже 90 %, отнесенные к груп-

пе 3 (низкоустойчивые 7 чел.). Лица, имеющие промежуточные значения (группа 2), в дальнейших исследованиях в горах не участвовали. Наибольший интерес для исследования представляли спортсмены, 1, 3 группы, имеющих наиболее высокие различия в показателях ок-

сигенации и частоты сердечных сокращений на пике пробы, а также уровни снижения кислорода ( $O_2$ ) и накопления углекислого газа ( $CO_2$ ) в ререспираторной емкости (мешок типа Дугласа), представлены на рис. 1.

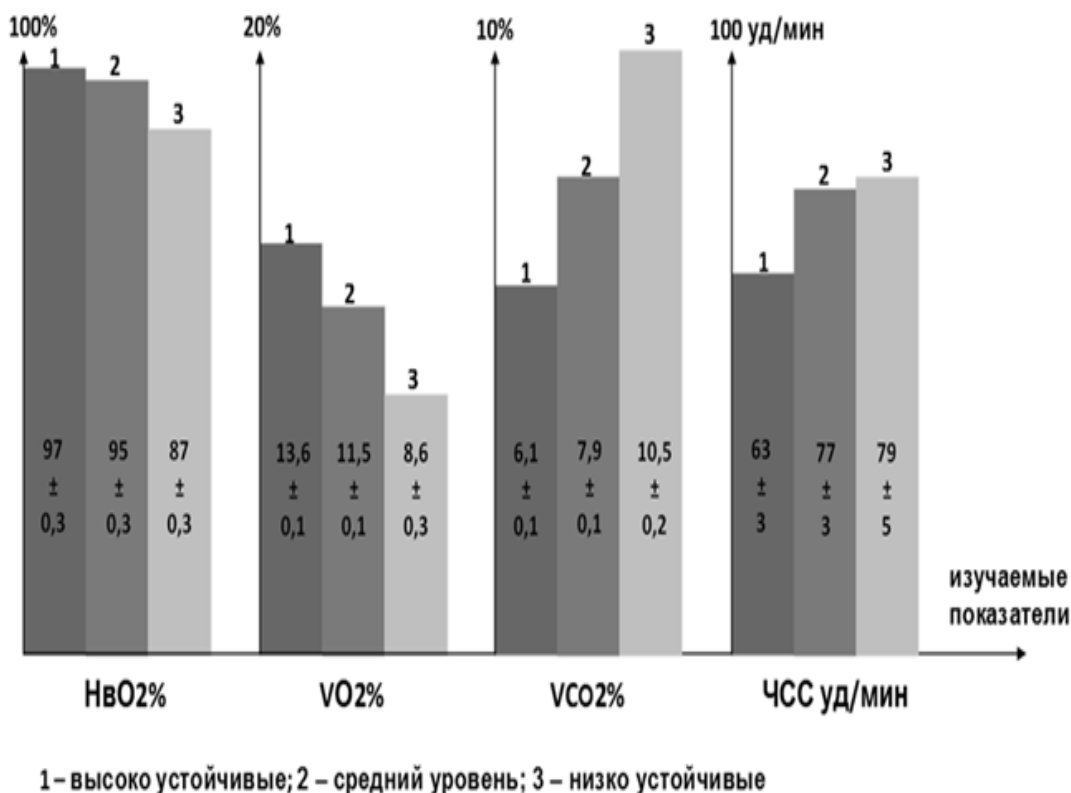


Рис. 1.

Значения функциональных показателей при выполнении ререспирации у спортсменов с различным уровнем гипоксической устойчивости.

После проведенной типизации, высоко и низкоустойчивые обследуемые выполняли в условиях равнины и на 3–4 дни после подъема на высоту стандартную велоэргометрическую нагрузку субмаксимальной мощности, эргоспирометрические показатели представлены в таблице. Обращает на себя внимание, что на равнине в состоянии покоя по целому ряду

показателей: частоте дыхания, дыхательному эквиваленту, потреблению кислорода и сатурации гемоглобина между сравниваемыми группами спортсменов статистической значимости не наблюдалось. Однако, на пике нагрузки по всем показателям, кроме уровня сатурации, различия достоверны в диапазоне значимости  $p < 0,05 - 0,001$ .



Таблица. Показатели эргоспирометрии у спортсменов с различной гипоксической устойчивостью на равнине и среднегорье в покое и на пике нагрузки, ( $M \pm m$ ).

Наименование функциональных показателей	Равнина				Среднегорье, 2150 м			
	Гр. I гипоксически устойчивые		Гр. II гипоксически неустойчивые		Гр. I гипоксически устойчивые		Гр. II гипоксически неустойчивые	
	Фон	Нагрузка	Фон	Нагрузка	Фон	Нагрузка	Фон	Нагрузка
HR, частота пульса, уд/мин	63,5±2,3	131,8±2,7	78,6±1,0	162,7±2,5	69,5±3,0	145,3±3,4	81,2±3,6	169,3±2,8
VE, объем вентиляции, л/мин	11,5±0,4	51,2±2,5	9,5±0,3	59,4±1,0	12,6±0,6	58,3±1,8	10,5±0,6	63,4±1,5
BF, частота дыхания, дых/мин	16,5±1,8	24,2±2,1	17,4±2,3	29,5±1,4	18,5±2,4	30,1±2,6	18,5±2,5	38,2±2,8
EqO <sub>2</sub> , дыхательный эквивалент, л	20,3±1,0	19,2±1,3	21,1±1,5	24,6±1,6	22,5±1,6	24,3±1,7	22,2±1,8	29,6±1,9
VO <sub>2</sub> , потребление кислорода, мл/мин/кг	6,6±0,4	49,7±1,4	6,1±0,2	44,4±1,5	6,2±0,7	45,8±1,9	6,0±0,5	40,2±1,8
OP, кислородный пульс, мл	7,8±0,7	33,5±1,0	5,5±0,3	27,6±0,4	7,2±0,8	29,2±1,4	5,0±0,6	22,2±1,5
NO <sub>2</sub> saturation крови	99,3±0,3	98,3±0,4	98,5±0,4	97,7±0,5	98,5±0,3	97,6±0,4	97,8±0,5	95,6±0,6

Подчеркнем, что в состоянии покоя после подъема на высоту не отмечалось достоверных различий по тем же показателям, что и на равнине, а на пике нагрузки значимость различий была по всем показателям. Более того, отклонения между абсолютными значениями, полученными на пике нагрузки в условиях равнины и в горах, выраженные в % были сопоставимы для изучаемых групп. При этом среднее отклонение между значениями на пике нагрузки в среднегорье и на равнине в обеих группах составляло 12%, что указывало на однотипность общесистемной перестройки организма, направленной для обеспечения физической работы в горах. Для понимания значимости вклада каждого показателя в выполнение нагрузки и сохранение уровня функциональных резервов, нами бы проведен дисперсионный многофакторный анализ, рис.2.

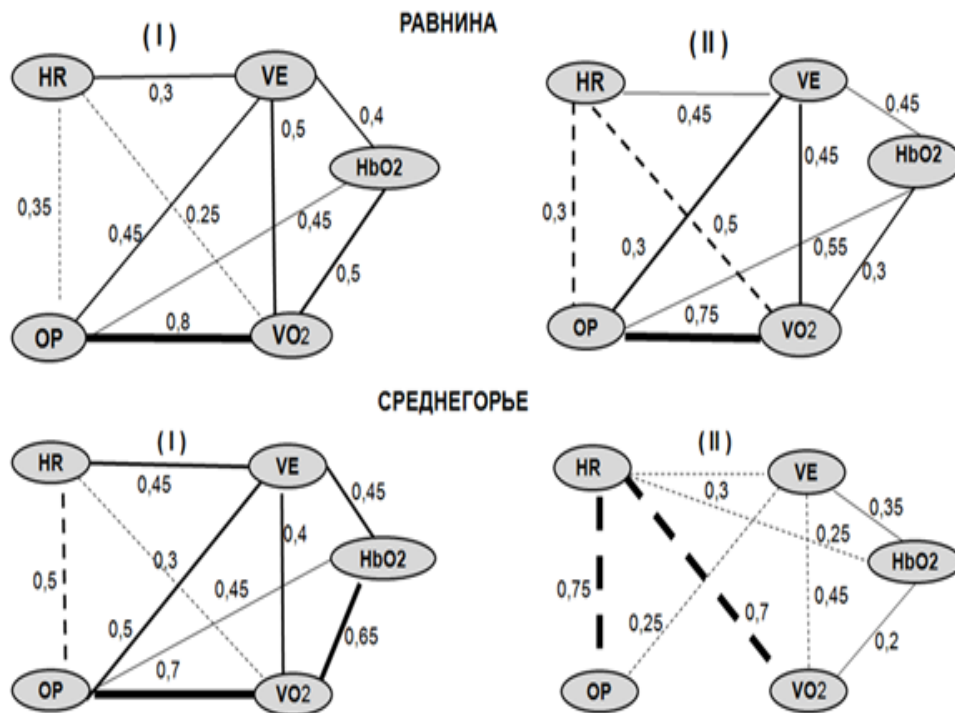
Функциональные показатели группы гипоксически устойчивых		Функциональные показатели группы гипоксически неустойчивых	
Ранг фактора и его удельное значение, %	Наименование показателя и его удельное значение в структуре фактора, %	Ранг фактора и его удельное значение, %	Наименование показателя и его удельное значение в структуре фактора, %
I 52%	HR, уд/мин 16,6	I 53,2%	HR, уд/мин 20,8
	VO <sub>2</sub> , мл/мин/кг 15,5		VE, л/мин 14,3
	OP, мл/сист. 13,7		BF, дых/ми 4,8
	HbO <sub>2</sub> , % 15,4		HbO <sub>2</sub> , % 13,3
II 28,7%	VE, л/мин 28,9	II 37,0%	VO <sub>2</sub> , мл/мин/кг 17,9
III 19,3%	EqO <sub>2</sub> , ус. ед. 5,0		OP, мл/сист. 14,7
	BF, дых/мин 4,9	III 9,8%	EqO <sub>2</sub> , л 4,4
			RER, ед. 4,8
		PET O <sub>2</sub> , мм.рт.ст. 5,0	

Рис. 2. Значения показателей многофакторного дисперсионного анализа на пике велоэргометрической нагрузки у спортсменов в условиях среднегорья.

Оказалось, что в той и другой группах все изучаемые параметры объединились в 3 фактора, однако структура и удельный вес отдельных показателей отличается. Так, если для лиц устойчивых к гипоксии и физической нагрузке в горах в первый по рангу фактор входят показатели потребления кислорода и кислородный пульс и они в сумме составляют 29,2 %, то у гипоксически неустойчивых эти показатели вообще не относятся к фактору 1. На их месте оказываются показатели частоты дыхания и объема вентиляции. Подчеркнем, что объем вентиляции в 1-й группе представляет собой самостоятельный второй по рангу фактор с удельным весом 28,9 %, тогда как у неустойчивых второй фактор объединяет 3 показателя: кислородный пульс, потребление кислорода и дыхательный эквивалент. Однако их суммарный удельный вес всего на 3,6% оказывается выше величины второго по рангу фактора в группе гипоксически устойчивых. Необходимо отметить, что если показатель частоты дыхания в группе гипоксически устойчивых находится в 3-м факторе, то у гипоксически неустойчивых он входит в первый. Это подчер-

кивает высокую зависимость организма низкоустойчивых лиц от возможностей их аппарата внешнего дыхания к выполнению нагрузок в условиях первых дней пребывания на высоте. В отличие от них у высокоустойчивых на первое место выходят процессы эффективной утилизации кислорода.

С целью детализации особенностей влияния изучаемых показателей на выполнение спортсменами нагрузки в горах, нами было проведено построение корреляционных плеяд наиболее информативных показателей с учетом их значимости по результатам многофакторного анализа (рис. 3). Оказалось, что в условиях равнины структура плеяд практически не отличалась, а сумма всех значений коэффициентов корреляций составляла 4 и поделенная на количество взаимосвязей соответствовала коэффициенту 0,44, что характеризует среднюю силу связей. Отметим, что имеющиеся некоторые отличия в абсолютных значениях коэффициентов корреляций между показателями, не определяют принципиальных особенностей внутри и межсистемных взаимосвязей в группе высоко и низкоустойчивых обследуемых .



Примечание: толщина линий отражает силу связи, обозначения показателей те же что и в таблице.

Рис. 3. Структуры корреляционных плеяд на пике нагрузки у лиц с высокой (I) и низкой (II) гипоксической устойчивостью на равнине и среднегорье.

Подчеркнем, что если после подъема в условиях среднегорья в группе высокоустойчивых структура плеяды не изменилась при незначимом увеличении в ней средней величины коэффициента корреляции до 0,48, то в группе низкоустойчивых произошли существенные изменения. Так, если в условиях равнины рост минутного объема вентиляции был связан положительной связью с частотой пульса, кислородным пульсом и потреблением кислорода, то в среднегорье эти связи стали отрицательными. Это указывает на то, что в условиях высоты 2150 м. в острой фазе адаптации на пике нагрузки эффективность вентиляции для обеспечения организма кислородом падает. По всей видимости, это связано с тем, что при более высокой частоте дыхания, работа мышц, обеспечивающих дыхательный цикл, может забирать до 10 – 15 % поступающего в организм кислорода [4]. При этом, если в условиях предгорья отсутствовал значимый коэффициент корреляции между оксигенацией и частотой пульса, то в среднегорье, между этими показателями формируется слабая ( $r=0,25$ ) отрицательная, но статистически значимая связь. Это указывает, что увеличение частоты пульса в группе гипоксически неустойчивых, уже не способствует повышению кислородного обеспечения организма и, наряду с падением эффективности вентиляции, выступает одним из важных факторов лимитирующих работоспособность спортсменов этой группы в первые дни адаптации на высоте. Отметим, что в группе гипоксически неустойчивых лиц влияние потребления

кислорода на рост оксигенации крови (судя по значению коэффициента) оказалось ниже более чем в 3 раза, чем в группе высокоустойчивых. При этом, если в группе гипоксически устойчивых, в условиях среднегорья рост потребления кислорода определяет увеличение кислородного пульса, то в группе неустойчивых, эта статистически значимая связь отсутствует, что также выступает негативным фактором, влияющим на функциональные резервы организма этой группы спортсменов при выполнении физических нагрузок в отрой фазе адаптации.

**Выводы.** Установлено, что проба с ререспирацией позволяет даже среди высококвалифицированных спортсменов проводить их индивидуальную типизацию по устойчивости к гипоксически-гиперкапническому воздействию. При подъеме в горы наибольшую информативность для оценки адаптированности имеют не абсолютные значения пиковых показателей при стандартных нагрузках, а их отклонения от величин, полученных в условиях равнины при том же объеме и интенсивности выполняемой работы. Выявлено, что даже у спортсменов с высоким исходным уровнем гипоксической устойчивости на 3-4 дни пребывания на высоте, функциональные резервы остаются сниженными. Перестройки структуры корреляционных плеяд функциональных показателей, позволяют оценивать физиологические механизмы и эффективность адаптационного процесса, а также степень готовности организма к выполнению физических нагрузок в первые дни при подъеме в горы.

### Список литературы:

1. Максимов А.Л., Аверьянова И.В. Информативность пробы с ререспирацией для оценки устойчивости организма юношей к сочетанному действию гипоксии и гиперкапнии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2017.Т.103. № 9. – С. 1057–1069
2. Сулов Ф.П., Гиппенрейтер Е.Б., Хохлов Ж.К. – Спортивная тренировка в условиях среднегорья – М.: 1999. – 202 с.
3. Щербакова Е..А., Аксенова Н.В. Тренировки в среднегорье, как средство повышения спортивного мастерства. – Саратов: СГУ им. Н.Г. Чернышевского. 2014. – 38 с.
4. Rome L. M., McConnell A. K., Jones D. A. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists // Journal of Sports Sciences. – 2002. V. 20 (7) – P. 547–562.

УДК: 612.172.4;612.017.2;612.275.1

**Шукуров Фируз Абдуфаттоевич,***д.м.н., профессор**Кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе***Халимова Фариза Турсунбаевна,***д.м.н., доцент**Кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе*

### **ДИНАМИКА ТИПОВ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ РИТМОГРАММ В ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ АДЕКВАТНОЙ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ С УСТАНОВЛЕНИЕМ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ПРОЖИВАНИЯ**

**Аннотация.** Обследовано 27 мужчин жителей низкогорья в возрасте 20–22 года, которые были обследованы трижды: в условиях низкогорья, после перемещения их в условия высокогорья и в процессе реадаптации. Анализу подвергались корреляционные ритмограммы (КРГ).

Отмечено, что в первую неделю пребывания в условиях высокогорья у них отмечается четыре типа корреляционных ритмограмм (КРГ): для лиц с I типом (нормотонический) характерно состояние организма с достаточно высоким функциональным резервом; для лиц со II типом (симпатикотонический) отмечается различная степень активности симпатoadреналовой системы; для лиц с III типом характерно появление экстрасистол; для лиц с IV типом характерно полное отсутствие корреляционной зависимости между кардиоинтервалами. При сравнительном анализе типов КРГ в условиях низкогорья и высокогорья установлено три типа динамики: положительная – при переходе второго типа КРГ в первый тип; отрицательная – при переходе первого типа КРГ во второй, третий или четвертый тип и нейтральная – тип КРГ остается без изменения. Положительная динамика свидетельствует о благоприятном действии высокогорья на организм. Отрицательная динамика свидетельствует либо об аварийной фазе адаптации, либо о неспособности этих лиц адаптироваться к данной высоте, так как это высота значительно превышает их высотный порог.

**Ключевые слова:** адаптация, высокогорье, высотный порог, корреляционные ритмограммы, симпатикотония, нормотония.

### **ОПТИМАЛДУУ ЖАШОО БИЙИКТИГИН БЕЛГИЛӨӨ МЕНЕН БИЙИК ТООЛОРДУН ШАРТТАРЫНА АДЕКВАТТУУ ЫЃГАЙЛАШУУНУ БААЛООДО ЖАНА ПРОГНОЗДОДО КОРРЕЛЯЦИЯЛЫК РИТМОГРАММАЛАРДЫН ТҮРЛӨРҮНҮН ДИНАМИКАСЫ**

**Аннотация.** 20–22 жаштагы жапыз тоолуу жерлерде жашаган 27 эркек киши каралып, алар үч жолу: жапыз тоолуу жерде бийик тоого көчкөндөн кийин жана кайра адаптациялоо процессинде текшерүүдөн өткөн. Корреляциялык ритмограммалар (КРГ) талданды

Бийик тоолуу жердин шарттарында болуунун биринчи жумасында аларда корреляциялык ритмограммалардын (КРГ) төрт түрү бар экени белгиленди: I типтеги (нормотоникалуу) адамдар үчүн бир кыйла жогору функциялык резерви бар организмдин абалы мүнөздүү; II типтеги (симпатикотоникалык) адамдар үчүн симпатoadреналдык системанын активдүүлүгүнүн ар кандай даражасы бар; III типтеги адамдар үчүн экстрасистоланын көрүнүшү мүнөздүү; IV типтеги адамдар кардиоинтервалдардын ортосундагы корреляциялык көз карандылыктын жоктугу менен мүнөздөлөт.

Жапыз жана бийик тоолордо КРГдын түрлөрүн салыштырып талдоодо анын динамикасынын үч түрү аныкталган: оң – экинчи типтеги КРГ биринчи түргө өтүшү менен; терс – биринчи типтеги КРГ экинчи, үчүнчү же төртүнчү түргө өтүүдө жана нейтралдуу – КРГ түрү өзгөрүүсүз калат. Оң динамика бийик тоолордун организмге жагымдуу таасирин көрсөтөт. Терс динамика адаптациянын өзгөчө фазасын, же бул адамдардын берилген бийиктикке ыңгайлаша албагандыгын көрсөтөт, анткени бул бийиктик алардын бийиктик босого чегинен кыйла ашып кетет.

**Негизги сөздөр:** адаптация, бийиктик, бийиктик босогосу, корреляциялык ритмограммалар, симпатикотония, норматония.

### DYNAMICS OF TYPES OF CORRELATION RHYTHMOGRAMS IN EVALUATION AND PREDICTION OF ADEQUATE ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF HIGH MOUNTAINS WITH ESTABLISHMENT OF THE OPTIMAL LIVING HEIGHT

**Abstract.** 27 male residents of low mountains aged 20–22 years were examined, who were examined three times: in low mountains, after moving them to high mountains and in the process of readaptation. Correlation rhythmograms (CRG) were analyzed.

It is noted that in the first week of stay in high altitude conditions, they have four types of correlation rhythmograms (CRG): for persons with type I (normotonic), the condition of the body with a fairly high functional reserve is characteristic; for persons with type II (sympathicotonic), there is a different degree of activity of the sympathoadrenal system; for persons with type III, the appearance of extrasystoles is characteristic; persons with type IV are characterized by a complete absence of correlation between cardiointervals. In a comparative analysis of the types of CRG in low and high mountains, three types of dynamics were established: positive – with the transition of the second type of CRG to the first type; negative – during the transition of the first type of CRG to the second, third or fourth type and neutral – the type of CRG remains unchanged. Positive dynamics indicates a favorable effect of high mountains on the body. Negative dynamics indicates either an emergency phase of adaptation, or the inability of these individuals to adapt to a given altitude, since this altitude significantly exceeds their altitude threshold.

**Key words:** adaptation, highlands, altitude threshold, correlation of rhythmograms, sympathicotonia, normotoniya.

Известно, что в процессе переезда и выполнения работ на высоте более, чем 2,5 км над ур.м. не все люди в равной степени могут приспособиться к изменившимся условиям [3,4, 8]. Адаптация к условиям горного климата, изменяя обменные процессы, вызывает повышение резистентности организма, что является основой его саногенного и лечебного действия при экспериментальном атеросклерозе, гипертонии, инфаркте миокарда, анемии [1, 5]. «Установлено, что что типы КРГ соответствуют фазам адаптации, а частота встречаемости их зависит от срока проживания в условиях высокогорья. По динамике типов КРГ можно оценить адекватность адаптации человека к высокогорью» [5]. Для каждого человека существует оптимальная высота, пребывание на которой способствует увеличению функционального резерва и стрессоустойчивости. Пребывание человека за пределами этого порога сопровождаются различными патологическими явлениями [2, 6, 7, 9, 10, 11]. Для сохранения высокой работоспособности, уровней здоровья людей, прибывших в условия высокогорья необходимо разработать критерии, которые позволяют провести целенаправленный отбор лиц, пригодных для различных работ в услови-

ях высокогорья в относительно короткие сроки пребывания на высоте.

**Целью исследования** явилось изучить динамику типов корреляционных ритмограмм в оценке и прогнозировании адекватной адаптации к условиям высокогорья с установлением оптимальной высоты проживания, повышающего стрессоустойчивость организма.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследований послужили 27 мужчин в возрасте 20–22 года жители низкогорья, которые были обследованы трижды: ЖН-1 в условиях низкогорья (г. Душанбе, высота 840 м над ур.м); ЖН-2 – после перемещения их в условия высокогорья (Сарытаг, высота 2800 м над ур.м) и ЖН-3 – после возвращения в условия низкогорья. Всем обследованным записывали ЭКГ в I отведении с использованием кардиоинтервалографа (КИГ) в течении 2 мин. с последующим автоматическим анализом программой «Варикард-2,51». Анализу подвергались корреляционные ритмограммы (КРГ), отражающие корреляционную зависимость между последующими и предыдущими кардиоинтервалами и наглядно отражающие сбалансированность или дискоординацию симпатического и парасимпатического отделов автономной



нервной системы. Статистический анализ результатов проводили с помощью программы «STATISTICA6.0» (StatSoftInc, США).

**Результаты и их обсуждение.** Нами выделено четыре типа КРГ, каждый из которых отражает ту или иную степень воздействия симпатического отдела АНС. Для I типа КРГ (нормотонический – рис.1А) характерно состояние организма с достаточно высоким функциональным резервом с отсутствием или минимально выраженным напряжением регуляторных механизмов.

Для II типа КРГ (симпатикотонического) характерна различная степень активности симпатического отдела АНС (рис.1 Б). Для этих лиц характерно состояние, при котором поддержание гомеостаза происходит за счет различной степени выраженности напряжения регуляторных механизмов. III и IV типы КРГ отражают дисбаланс в отделах автономной нервной системы. При III типе отмечается появление экстрасистол (рис.2 А). При IV типе КРГ отмечается полное отсутствие корреляционной зависимости между последующими и предыдущими

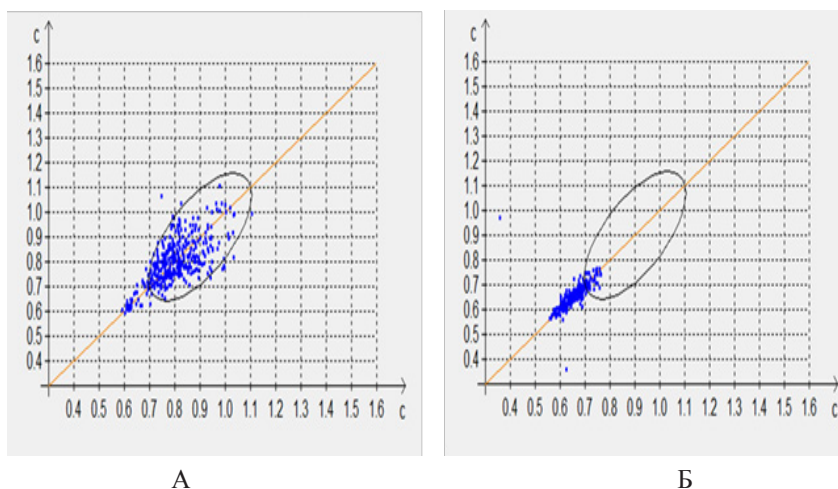


Рис. 1. Корреляционные ритмограммы I (А) и II (Б) типов

кардиоинтервалами (рис.2 Б). Каждый тип КРГ сравнивали с субъективными ощущениями переносимости высокогорной гипоксии. Результаты сравнительного анализа показывают, что хорошо адаптированы к условиям высокогорья лица с I и II типами КРГ. Четверо из обследованных с IV типом КРГ преждевременно были возвращены к прежним условиям. Таким образом, сравнительный анализ типов корреляционных ритмограмм с переносимостью высокогорной гипоксии показывает, что динамику КРГ можно использовать для оценки адаптационных возможностей организма с учетом индивидуальных особенностей. При перемещении лиц к условиям высокогорья I тип КРГ меняется на II или III, или IV, что зависит от адаптационных возможностей организма к высокогор-

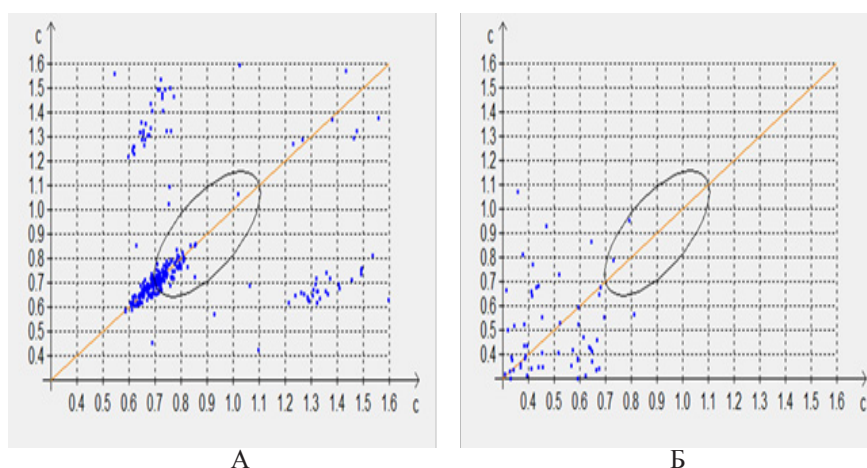


Рис. 2. Корреляционные ритмограммы III (А) и IV (Б) типов



ной гипоксии: более адаптированными следует считать тех, у кого первый тип КРГ меняется на второй и менее адаптированными – когда первый тип КРГ меняется на четвертый. Об адекватности адаптации свидетельствует переход от II типа КРГ к I.

Распространенность типов КРГ в условиях низкогогорья (высота 840 м над ур. м.) и в условиях высокогорья (высота 2200 м ад ур. м. – оз. Искандер-куль) отражены на рис. 3

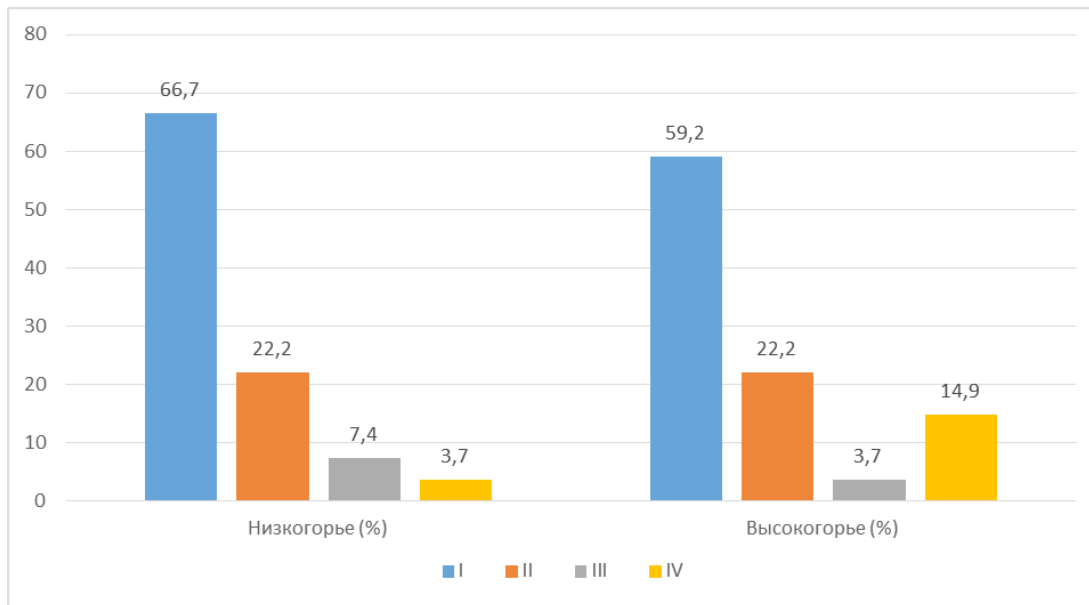


Рис. 3. Типы КРГ в условиях низкогогорья и высокогорья

Из рисунка видно, что в условиях высокогорья на 7,5% уменьшается количество лиц с первым типом КРГ, в два раза уменьшается количество лиц с третьим типом КРГ и в четыре раза увеличивается количество лиц с четвертым типом КРГ. Сравнительный анализ типов КРГ у одних и тех же обследованных до перемещения в условия высокогорья с результатами, полученными в условиях высокогорья мы отметили три типа изменений: положительная динамика (+) при переходе второго типа КРГ в первый тип, отрицательная динамика (-) при переходе первого типа КРГ в четвертый или третий, или второй тип и нейтральная динамика (0) тип КРГ остается без изменения.

**Выводы.** Установлено, что в первую неделю после перемещения обследованных лиц в условия высокогорья у них отмечается четыре типа корреляционных ритмограмм (КРГ). III и IV типы свидетельствуют о резком снижении функциональных возможностей организма в этом случае организма не способен обеспечить

оптимальную регуляцию физиологических функций – адекватную изменившимся условиям среды.

1. Установлено, что при перемещении лиц к условиям высокогорья I тип КРГ либо не изменяется, либо меняется на II или III, или IV, что зависит от адаптационных возможностей организма к высокогорной гипоксии: более адаптированными следует считать тех, у кого первый тип КРГ либо не меняется, либо меняется на второй и не адаптированными – когда первый тип КРГ меняется на третий или четвертый.

2. При сравнительном анализе типов КРГ у одних и тех же обследованных до перемещения в условия высокогорья с результатами, полученными в условиях высокогорья установлено три типа динамики: положительная – при переходе второго типа КРГ в первый тип; отрицательная – при переходе первого типа КРГ во второй, третий или четвертый тип и нейтральная – тип КРГ остается без изменения.

**Список литературы:**

1. Джунусова, Г.С. Центральные регуляторные механизмы адаптации человека в горных условиях [Текст] / Г.С. Джунусова // Медицина Кыргызстана. – 2017. – №5. – С. 36–39.
2. Новиков, В.С. Гипоксия как типовой патологический процесс, его систематизация [Текст] / В.С. Новиков, В.Ю. Шанин, К.Л. Козлов. // В кн.: Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. – С-Пб.: Изд-во ООО «ЭЛБИ-СПб», 2000. – С. 12–24.
3. Шукуров, Ф.А. Индивидуальные особенности реакции кардиореспираторной системы у человека при адаптации к высокогорью [Текст] / Ф.А. Шукуров // Физиология человека. – 1991. – Т.17, №4. – С. 32.
4. Халимова, Ф.Т. Индивидуальные особенности адаптации человека к изменившимся условиям среды [Текст] / Ф. Халимова, П.М. Зухурова, М.А. Абдусатторова // Научные труды 3-го съезда физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека». – Москва-Ялта. 2011. – С. 275.
5. Шукуров, Ф.А. Математический анализ сердечного ритма в оценке функционального резерва организма в условиях высокогорья [Текст] / Ф.А. Шукуров // Функциональные резервы и адаптация. – Киев, 2006. – С. 126–128.
6. Шукуров, Ф.А. Прогнозирование оптимального срока пребывания человека в условиях высокогорья [Текст] / Ф.А. Шукуров // Физиология человека. – 2018. – №2(1). – С.61–62.
7. Шукуров Ф.А. Интегральные показатели вариативности сердечного ритма в оценке адаптации человека к высокогорью / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова // Ж. Вестник Академии мед. наук Таджикистана. – 2019. – Том VIII, №1 (29). – С. 89-95.
8. Шукуров Ф.А. Прогнозирование фазы стабильной адаптации и донозологического состояния у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова // Ж. Известия национальной академии наук Кыргызской республики. – 2019. – №4. – С. 83–87.
9. Шукуров Ф.А. Вегетативный статус в оценке адаптационных возможностей человека к высокогорной гипоксии / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова // Ж. Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. – 2018. – №1 (25). – С. 121–126.
10. Calmebet J.A. Chronic hypoxia increases blood pressure and noradrenalin spillover in healthy subjects [Text] / J.A. Calmebet // J. Physiol. – London, 2003. – N551. – P. 379–386.
11. Hamash, S. Cardiovascular Adaptation in Response to Chronic Hypoxia in Awake Rats [Text] / S. Hamash, M. Serthibata // AdvExp Med Biol. – 2016. – N876. – P.241–246.

УДК 612.8;612.829.3

**Джунусова Гульнар Султановна,**  
*д.м.н., профессор*

**Сатаева Наргиза Усонбековна,**  
*н.с.*

**Ибраимов Сатыбалды Бакытбекович**  
*н.с.,*

**Карыпова Бегимай Кубатовна**

*Институт горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек*

### **АДАПТАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ**

**Аннотация.** Несоответствие между адаптационными возможностями организма горцев и изменившимися условиями окружающей среды могут стать причиной дезадаптационных сдвигов, напряжения и утомления ЦНС. Дезадаптационные состояния у горцев возникают на фоне действия гипоксической гипоксии, где ведущим механизмом является дефицит функциональных резервов основных систем организма, а также энергетический дисбаланс, что отражается на выраженности психоэмоциональных реакций и др. Показатели перестроек спектральной мощности, структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ и межцентральных взаимоотношений мозга являются критериями позволяющими судить о функциональном состоянии центральной нервной системы, о способах и степени компенсации мозговых нарушений. Установлено, что высокая устойчивость, пластичность ЦНС и психофизиологических реакций являются основными физиологическими ресурсами эффективного поведения в горах, обеспечивающих оптимальную адаптацию горцев и позволяющих выделять группы лиц с неустойчивым функциональным состоянием, подверженных стрессорным воздействиям среды.

**Ключевые слова:** горцы, адаптация, ЭЭГ, нейрофизиологический статус, устойчивость, пластичность.

### **АДАМДЫН БОРБОРДУК НЕРВ СИСТЕМАСЫНЫН ЖОГОРКУ БИЙИКТИКТИН ШАРТЫНДА АДАПТАЦИЯСЫ**

**Аннотация.** Тоолуктардын организмнин ыңгайлашуу жөндөмдүүлүгү менен өзгөргөн чөйрөнүн шарттардын ортосундагы дал келбөө борбордук нерв системасынын ыңгайсыз жылыштары, стрессти жана чарчоону пайда кылышы мүмкүн. Бийик тоолуу райондордо дезадаптация абалдары кычкылтектин аздыгы шартында пайда болот, мында негизги механизм болуп дененин негизги системаларынын функционалдык резервдеринин жетишсиздиги, ошондой эле психоэмоционалдык реакциялардын оордугуна таасир этүүчү энергетикалык дисбаланс жана башка критерийлер саналат. Борбордук нерв системасынын функционалдык абалынын критерийлери болуп эсептелет да, алар мээнин функционалдык бузулушунун компенсатордук ыкмасын жана деңгээлин билдире алат. Борбордук нерв системанын бийик туруктуулугу жана ийкемдүүлүгү жана психофизиологиялык реакциялар тоодогу эффективдүү жүрүм-туруму тоолуктардын оптималдуу көнүгүүнүн негизги физиологиялык ресурстарын аныктайт жана алар ар түрдүү функционалдык бузулуштары менен топторду аныктаганга жардам берет.

**Негизги сөздөр:** тоолуктар, адаптация, ЭЭГ, нейрофизиологиялык статус, туруктуулук, пластика.

## ADAPTATION OF THE HUMAN CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN HIGH ALTITUDE CONDITIONS

**Abstract.** The discrepancy between the adaptive capabilities of the highlanders' organism and the changed environmental conditions can cause maladaptive shifts, stress and fatigue of the central nervous system. Disadaptation states in highlanders occur against the background of hypoxic hypoxia, where the leading mechanism is the deficit of functional reserves of the main body systems, as well as energy imbalance, which affects the severity of psychoemotional reactions, etc. Parameters of rearrangement spectral power of structure EEG components and intercentrum interrelations are markers which using to analysis about functional conditions of CNS and methods, levels of compensation of brain disorders. It has been established that high stability, plasticity of the central nervous system and psychophysiological reactions are the main physiological resources for effective behavior in the mountains, which ensure optimal adaptation of mountaineers and make it possible to distinguish groups of individuals with an unstable functional state subject to environmental stress.

**Key words:** highlanders, adaptation, EEG, neurophysiological status, stability, plasticity.

Жизнедеятельность человека в горах протекает на фоне влияния многих факторов. Это и гипоксия, и температура, и радиация, и влажность, а также экономико-географические характеристики горной среды, социокультурные особенности, состояние здоровья, половозрастные параметры и мн. др. Все они влияют на структуру популяции, имеющей различные механизмы адаптации.

Основной целью исследования явилась оценка адаптивных механизмов у жителей горных регионов, проживающих в горах Тянь-Шаня. Объектом исследования явились горцы, проживающие на высоте 2800 м н.у.м. в горах Тянь-Шаня (280 чел.). Регистрация ЭЭГ осуществлялась на 21-канальном компьютерном электроэнцефалографе-анализаторе «Энцефалан-131-10». Для анализа использовались методы компьютерной оценки спектров мощности ЭЭГ, параметры доминирующих ритмов, характер функциональной асимметрии мозга и др. Тип центральных механизмов регуляции (ЦМР) мозга определялся оцениванием роли отдельных ритмов в организации всей межволновой структуры ЭЭГ [1]. Также оценены психофизиологическое состояние личности (внимание, память, мышление, тревожность, мотивация и др.) с применением специальных психологических тестов. Статистическая обработка проводилась программой SPSS-16.

В фоновой ЭЭГ у лиц с различными типами центральных механизмов регуляции мозга (ЦМР) отмечаются свои особенности. Общим является то, что в спектральной мощности (СМ) основных ритмов ЭЭГ высокие показатели СМ альфа-ритма отмечаются в затылочных

и теменных зонах коры, несколько меньше в лобных и височных зонах коры, где отмечается снижение значений СМ альфа-ритма. Различием между горцами с конкретным типом ЦМР является то, что у лиц с I типом отмечается высокая СМ основных ритмов ЭЭГ, с преобладанием альфа-ритма, тогда как у лиц III типом ЦМР отмечается низкая СМ всех основных ритмов ЭЭГ. У горцев со II типом ЦМР отмечаются средние показатели СМ альфа-ритма ЭЭГ, и они занимают промежуточное положение.

В условиях высокогорья у лиц с I типом ЦМР мозга отмечается снижение доминирующей частоты альфа-ритма до 8–10 Гц, которое отмечается выраженной лабильностью. Спектральная мощность альфа-ритма повышается в затылочных зонах коры и доходит до 100–150 мкВ, отмечается также высокая СМ в правой теменной зоне до 100 мкВ, а в височных зонах СМ альфа-ритма снижается до 10–20 мкВ. Субдоминирует частота тета-ритма до 7 Гц; СМ в правой затылочной зоне увеличивается до 100 мкВ, а в височных зонах отмечается снижение СМ тета-ритма до 8 мкВ. Низкочастотный бета-ритм снижается до 15 Гц, параллельно отмечается повышение высокочастотного бета-ритма (20–35 Гц) в затылочных зонах коры. СМ низкочастотного бета-ритма повышается в затылочных зонах до 20 мкВ, в теменно-лобных зонах – до 10 мкВ.

ЭЭГ-анализ показал, что запас регуляционной устойчивости механизмов саморегуляции мозга является наибольшим у представителей с I типом ЦМР и наименьшим у лиц с III типом. Именно эти индивидуальные свойства механизмов саморегуляции мозга и опреде-

ляют те адаптивные перестройки структуры паттерна ЭЭГ, которые и отмечаются в наших исследованиях. В горах в условиях высокогорной гипоксии происходят сложные перестройки структуры временной организации паттерна ЭЭГ, отражающие стадии течения адаптации: неспецифической активации, специфической реакции мозга на гипоксию, компенсаторных кислородобеспечивающих реакций, напряжения регуляторных механизмов, периоды дизрегуляторных нарушений, адаптационных перестроек межцентральных отношений.

Выраженность перестроек параметров ЭЭГ у горцев зависят от типа ЦМР. Различные проявления дизрегуляторных расстройств могут возникать у представителей всех основных типов ЦМР, однако их характер и выраженность возрастают от I к III группе. Изменения функционального состояния мозга сопровождается дестабилизацией амплитудно-частотного спектра и дезорганизацией локальной и пространственной структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ.

Для сохранения оптимального уровня функционирования центральной нервной системы необходимо перестроиться на более адекватный, для чего и требуется определенная степень напряжения регуляторных механизмов, направленных на мобилизацию функциональных резервов. Именно степень напряжения регуляторных систем, необходимая для сохранения гомеостаза, определяет текущее функциональное состояние человека. Существует два основных вида оценки физиологических адаптационных возможностей: диагностический, отражающий текущее состояние организма, запас его функциональных резервов и соответствующее им напряжение регуляторных систем и прогностический, характеризующий потенциальную возможность организма к выполнению той или иной деятельности. Оценка функционального состояния мозга с этих позиций позволяет объективно выявить изменения в управляющем звене целостного организма. [2, 3, 4].

Чем ниже уровень пластичности и устойчивости нейродинамических процессов, тем больший вес в ЭЭГ приобретает взаимодействие, как высокочастотных, так и наоборот, но сила этих взаимодействий становится меньше. Структура алгоритмов паттерна ЭЭГ у лиц с I типом ЦМР свидетельствует о высокой пла-

стичности нейродинамических процессов и устойчивости реакций на изменяющиеся условия окружающей среды. Представители этой группы обладают устойчивой и хорошо организованной структурой корково-подкорковых взаимоотношений. Именно эти индивидуальные свойства механизмов саморегуляции мозга и определяют перестройки структуры паттерна ЭЭГ. У части обследованных горцев (>40%) отмечается десинхронизация которая затрагивает не только мозговые функции, но и нарушения физиологического и психологического состояния вызывая дезадаптационные сдвиги. Причем именно резервы регуляции, их надежность, устойчивость и предел возможностей являются определяющими звеньями физиологических перестроек в горах.

В ответ на влияние средовых факторов, происходит синхронизация различных процессов, что позволяет организму за короткое время мобилизовать и обеспечить исполнение необходимых компенсаторных реакций. Однако это несколько снижает функциональное состояние и организм становится менее приспособленным к дальнейшим изменениям среды. В связи с этим адаптация на фоне развивающегося десинхронизации происходит более напряженно и менее эффективно. Практически на любые воздействия факторов среды формируется комплексные реакции основных регуляторных систем. Они проявляются в мобилизации всех регуляторных механизмов, характеризующих изменение структуры внутрисистемных и межсистемных связей. Ключевая роль в долговременной адаптации принадлежит стресс-лимитирующим системам, снижающим интенсивность расходования резервов, обеспечивающих перевод обмена на более экономный и адекватный воздействию уровень. Долговременные механизмы адаптации сопряжены с переводом организма на новые уровни гомеостатического регулирования, ведущим при этом являются регуляторные пластические и энергетические механизмы адаптации. Результатом неблагоприятного взаимодействия организма может быть развитие дезадаптационных сдвигов функционального состояния, приводящих к изменению адаптивного поведения человека в горах. У менее чем половины горцев выявлены признаки дезадаптации, такие как признаки снижения функционального состояния нервной системы, сопровождающихся снижением спектральной

мощности основных мозговых ритмов. У другой части горцев (>30%) на фоне полиморфной активности преобладает тета-активность в виде отдельных волн частотой 4-4,9Гц средней амплитуды, более выраженной в височно-теменно-затылочных зонах коры с обеих сторон.

Вопрос качества жизнедеятельности человека в условиях высокогорья все еще остается актуальным, так как, вопрос достижения относительного равновесия между организмом человека и высокогорной средой является результатом адаптации [4], что может проявляться повышением или снижением устойчивости к средовым факторам, сопровождающимися расширением или сужением диапазона адаптационных возможностей организма. Установлено, что чем выше экстремальность среды, тем более имеет место относительно устойчивая адаптация на определенный срок, по истечении которого развиваются явления дезадапта-

ции. Неспецифические компоненты адаптации служат отражением общих физиологических закономерностей, динамика которых может быть критерием эффективности адаптации. Показатели перестроек спектральной мощности, структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ и межцентральных взаимоотношений мозга являются критериями позволяющими судить о функциональном состоянии центральной нервной системы, о способах и степени компенсации мозговых нарушений. Установлено, что высокая устойчивость, пластичность ЦНС и психофизиологических реакций являются основными физиологическими ресурсами эффективного поведения в горах, обеспечивающих оптимальную адаптацию горцев и позволяющих выделять группы лиц с неустойчивым функциональным состоянием, подверженных стрессорным воздействиям среды.

#### **Список литературы:**

1. *Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. Л.: Наука, 1990. 205 с.
2. *Новиков В.С., Сороко С.И.* Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях. СПб.: Политехника-принт, 2017. 476 с.
3. *Джунусова, Г.С.* Центральные механизмы адаптации человека в горах. Бишкек.: Изд-во КРСУ. 2013. 280 с.
4. *Сороко С.И. Трубачев В.В.* Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб.: Политехника, 2010. 607 с.



УДК 616-001.1

**Шувалова Мария Сергеевна,**  
*ст. преп. кафедры терапии №1 КРСУ*  
**Шидаков Юсуф Хаджи-Махмудович,**  
*к.м.н., с.н.с. лаборатории экспериментального моделирования*  
*патологических процессов КРСУ*  
**Шаназаров Алмаз Согомбаевич,**  
*д.м.н., профессор, лаборатория физиологии и психологии деятельности*  
*Института горной физиологии и медицины НАН КР*  
*г. Бишкек, Кыргызстан*

### **ВЛИЯНИЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ГОЛОВНОГО МОЗГА В ВЫСОКОГОРЬЕ**

**Аннотация.** Травматическая эпидемия набирает обороты, в том числе в Кыргызстане, большая часть территории которого располагается на высоте более 2000 м над ур. моря. При этом микроциркуляторное русло при черепно-мозговых травмах является одним из наиболее уязвимых участков ангиоархитектоники головного мозга, повреждение которого ведет к немедленному включению механизмов поддержания постоянства перфузии и оксигенации мозговой ткани. Цель исследования изложение особенностей ремоделирования системы микроциркуляции головного мозга при черепно-мозговой травме в высокогорье. Черепно-мозговая травма в высокогорье вызывает расширение всех звеньев макроциркуляторного русла с явлениями субарахноидальных кровоизлияний, отека и вакуолизации стенки. На уровне микроциркуляторного русла – спазм артериол в сочетании с венозным полнокровием. Черепно-мозговая травма вызывает выраженное ремоделирование макро- и микроподсистем кровеносного русла головного мозга независимо от места проведения опытов, но в разной степени. В условиях высокогорья изменения стромального компонента сосудистых сплетений и запустение артериол с явлениями венозного полнокровия выражены в большей степени, чем в низкогорье.

**Ключевые слова:** микроциркуляция, головной мозг, черепно-мозговая травма, высокогорье.

### **БИЙИК ТООЛУУ ЖЕРЛЕРДЕ МЭЭ ЖАРАКАТЫНДА МЭЭНИН МИКРОЦИРКУЛЯТОРДУК КАНАЛЫН ОҢДОО**

**Аннотация.** Травмалык эпидемия күч алууда, анын ичинде деңиз деңгээлинен 2000 м бийиктикте жайгашкан Кыргызстанда дагы күч алууда. Бул учурда, мээ жаракаттарындагы микроциркулятордук канал мээнин ангиоархитектоникасынын эң аялуу жерлеринин бири болуп саналат, анын бузулушу мээ кыртышынын перфузиясын жана оксигенациясын туруктуу кармоо механизмдерин токтоосуз киргизүүгө алып келет. Максаты: Бийик тоолуу аймактардагы мээ жаракатында мээнин микроциркуляция тутумун калыбына келтирүү өзгөчөлүктөрүн чагылдыруу. Бийик тоолуу жерлерде мээдеги травма макроциркулятордук каналдын бардык бөлүмдөрүнүн кеңейишин шарттайт, субарахноиддик кан агуу, шишик жана стенкалардын вакуолизациясы. Микроциркулятордук каналдын деңгээлинде артериолалардын спазмасы веналык толук кандуу. Мээнин травмасы тажрыйба жүргүзүлгөн жерге карабастан, бирок ар кандай деңгээлде мээнин кан тамырынын макро жана микро системаларынын көрүнүп турган оңдолушун шарттайт. Бийик тоолуу шарттарда кан тамыр түйүндөрүнүн стромалдык компонентинин өзгөрүшү жана веноздук толук кандуу кубулуштар менен артериолалардын эң калышы жапыс тоолуу жерлерге караганда көбүрөөк байкалат.

**Негизги сөздөр:** микроциркуляция, мээ, мээ жаракаты, бийик тоолор.

## REMODELING OF THE MICROCIRCULATORY BED OF THE BRAIN IN CRANIOCEREBRAL TRAUMA IN THE HIGHLANDS

**Abstract.** The traumatic epidemic is gaining momentum, including in Kyrgyzstan, most of whose territory is located at an altitude of more than 2000 m above sea level. At the same time, the microcirculatory bed in craniocerebral injuries is one of the most vulnerable areas of the angioarchitectonics of the brain, damage to which leads to the immediate activation of mechanisms for maintaining the constancy of perfusion and oxygenation of brain tissue. The purpose of to present the features of the remodeling of the microcirculation system of the brain in craniocerebral trauma in the highlands. Traumatic brain injury in the highlands causes the expansion of all links of the macrocirculatory bed with the phenomena of subarachnoid hemorrhages, edema and vacuolization of the wall. At the level of the microcirculatory bed – spasm of arterioles in combination with venous fullness. Craniocerebral trauma causes pronounced remodeling of macro- and micro-systems of the bloodstream of the brain, regardless of the location of the experiments, but to varying degrees. In high-altitude conditions, changes in the stromal component of vascular plexuses and desolation of arterioles with the phenomena of venous fullness are more pronounced than in low-altitude.

**Key words:** microcirculation, brain, traumatic brain injury, highlands.

**Введение.** Травматизм на сегодняшний день считают не инфекционной эпидемией. Отмечено [1, с.120], что от травм различной локализации ежегодно умирает более 1,5 млн человек, при этом 30-40 % всех причин инвалидизации составляет черепно-мозговая травма (ЧМТ) [1,2]. По данным ВОЗ ежегодно смертность от ЧМТ увеличивается на 2%. Причин, вызывающих ЧМТ множество, но основными являются дорожно-транспортные происшествия и падения с высоты, на долю которых приходится более 50% случайных травм [3,4]. Высока роль дорожно-транспортных происшествий в травматизации населения и в Кыргызстане [5,6,7]. Этому способствует отсутствие железнодорожных и водных путей сообщения между регионами страны, при этом автомобильные дороги в высокогорных местностях с их подъемами, многочисленными серпантинами, карнизными участками, где с одной стороны полосы движения располагаются крутые обрывы, а другой – нависающие над дорогой скалы, не отличаются безопасностью.

Микроциркуляторное русло при черепно-мозговых травмах является одним из наиболее уязвимых участков ангиоархитектоники головного мозга, повреждение которого ведет к немедленному включению механизмов поддержания постоянства перфузии и оксигенации мозговой ткани. При исчерпании возможностей компенсации нарушений церебральной ми-

кроциркуляции физиологические механизмы трансформируются в повреждающие, приводящие к дальнейшей альтерации как сосудистого русла, так и в целом мозга [5].

Однако, особенности ремоделирования макро- и микроциркуляторных подсистем при ЧМТ в условиях экзогенной гипоксии нашей страны мало изучены.

Поэтому, целью настоящего сообщения является изложение особенностей ремоделирования системы микроциркуляции головного мозга после ЧМТ в высокогорье.

**Материалы и методы.** Исследование проведено в рамках проекта 2.3.3 «Горная травматология: лечение, профилактика осложнений» по программе развития Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина, утвержденной Министерством науки и образования Российской Федерации на 26 белых беспородных крысах самцах весом 210-290 г с соблюдением правил лабораторной практики, утвержденных приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 23 августа 2010 г №708Н «Об утверждении правил лабораторной практики». Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом при НПО «Профилактическая медицина» МЗ КР. Животные были поделены на 2 серии (низкогорную и высокогорную), включающих по 2 группы опытов (табл. 1).

Таблица 1 – Распределение животных в эксперименте

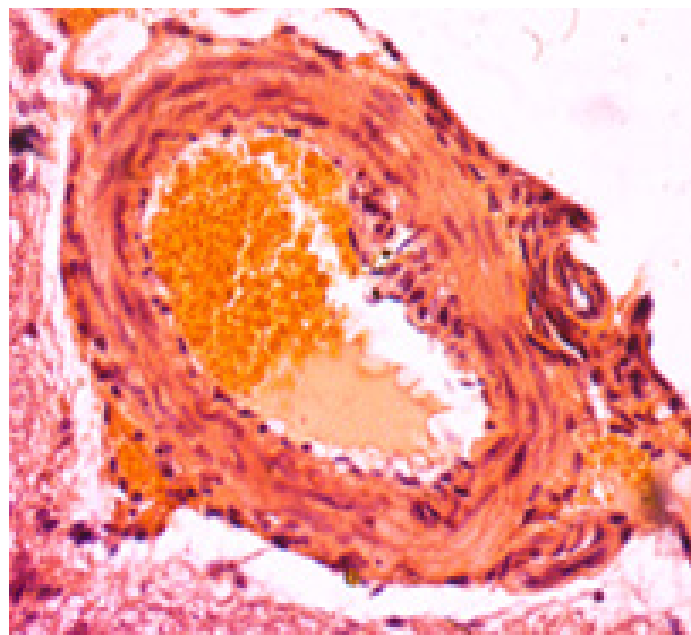
Серии	
Низкогорная (г.Бишкек, 760 м.над ур.м)	Высокогорная (перевал Туя-Ашу, 3200 м над ур.м)
Группы	
I группа – интактные животные	Ia группа – интактные животные
II группа – животные с ЧМТ	IIa группа – животные с ЧМТ

ЧМТ моделировалась путем нанесения удара металлическим грузиком 68 г с высоты 90 см в теменно-затылочную область с помощью специального устройства. Энергия воздействия при этом составила 0,6 Дж, что позволило моделировать ЧМТ средней степени тяжести. Через трое суток животных под наркозом выводили из эксперимента. Суправитально кровеносные сосуды части крыс инъецировали взвесью черной туши в 10%-м растворе нейтрального формалина в соотношении 1:4 через брюшную аорту. Затем проводилась декапитация, череп освобождался от мягких тканей и погружался в 10% нейтральный раствор формалина на 3 дня. Затем мозг с мозжечком извлекался из полости черепа, проводился по спиртам возрастающей концентрации, заливался в парафин. Из парафиновых блоков готовились гистологические срезы толщиной 5-7 мкм, окрашивались гематоксилином-эозином и пикрофуксином по Ван-Гизону. Готовые препараты изучались под микроскопом OlympusB×40 (Япония). Одновременно проводились серийное микрофотографирование с помощью цифрового фотоаппарата, сопряженного с оптической системой

микроскопа и компьютером, морфометрия и протоколирование результатов.

**Результаты и обсуждение.** При ЧМТ, возникшей в высокогорье, в подсистеме макроциркуляции на месте нанесения травмы появляются внутрисосудистые, сосудистые, вокругсосудистые обратимые и необратимые изменения. К внутрисосудистым гемореологическим изменениям относятся конгломераты форменных элементов крови, образование «монетных столбиков» из эритроцитов, краевое стояние и прилипание лейкоцитов к эндотелию, маятникообразное течение крови.

К обратимым изменениям сосудистой стенки относятся их спазм или дилатация, формирование извилин разной формы и величины, комбинация расположения ядер гладкомышечных и эндотелиальных клеток. К необратимым относятся щели и вакуоли в меди, отторжение эндотелия и адвентиции, нарушение целостности всех трех оболочек сосудов. К обратимым паравазальным изменениям относятся отек, расширение околососудистых пространств, а к необратимым – макро- и микрокровоизлияния (Рис.1).



*Рис. 1 (микрофото).* Артерия мягкой мозговой оболочки вне места нанесения удара. Наблюдаются внутрисосудистые (расслоение крови, адгезия эритроцитов к сосудистой стенке), сосудистые (повреждения эндотелия, отек меди, субадвентициальные кровоизлияния, плазменное пропитывание) изменения (гематоксилин-эозин, ув. 400).

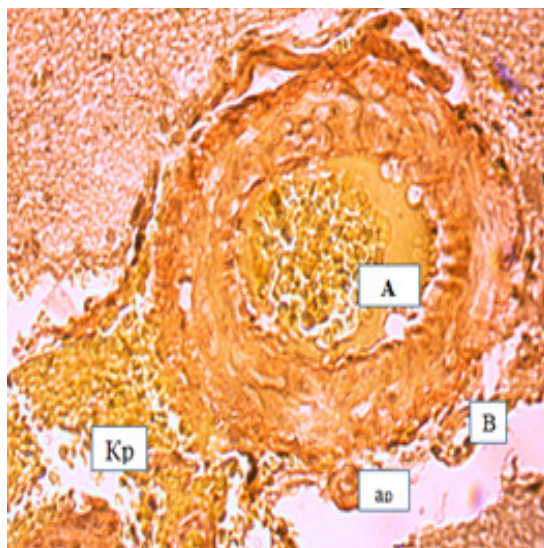


Рис. 2 (микрофото).

Крупная внутримозговая артерия, в просвете которой содержится сепарированная кровь, пристеночная адгезия свернувшейся плазмы (А). Эндотелиальные и мышечные клетки сосудистой стенки слабо выявляются. Артериолы спазмированы (ар), венулы дилатированы (В). Отмечаются паравазальные изменения и отек (Кр) (Ван-Гизон, ув.400).

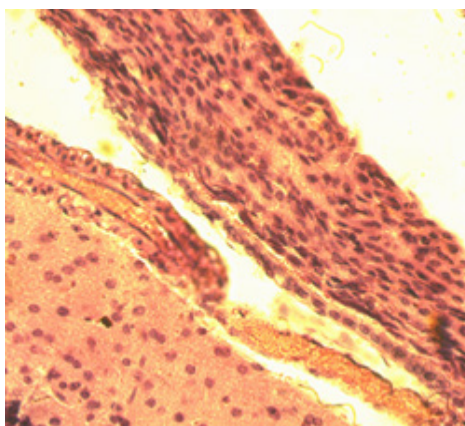
По периферии от места нанесения травмы наиболее характерным изменением является генерализованный спазм мелких артериальных ветвей и артериол, чрезвычайная мозаичность ремоделирования подсистемы макроциркуляции в зависимости от топографии на поверхности головного мозга (Рис.2). На первый взгляд представляется парадоксальным спазм мелких артериальных ветвей и артериол, когда системы и органы страдают от недостатка кислорода в условиях высокогорной гипоксической гипоксии. Кажется бы, в данной ситуации должна иметь место дилатация артериального звена макроциркуляторной подсистемы сосудистой системы головного мозга с соответствующим увеличением церебрального кровотока. Однако, напротив, в первые дни пребывания животных в условиях высокогорья наблюдается снижение объемной скорости кровотока в головном мозге [8,9]. Иначе, дополнительный приток крови привел бы к избыточному внутричерепному давлению. В данном случае проблема разрешается путем перераспределения кровотока в подсистеме микроциркуляции [9,10]: часть крови из белого вещества перебрасывается в кору головного мозга. Так, по данным авторов на 7-е сутки пребывания собак на перевале Туя-Ашу объемная скорость кровотока в головном мозге составила 54,4 мл/мин-1×100-1г, которая до подъема на высоту равнялась 59,5мл/мин-1×100-1г. При

этом, объемная скорость кровотока в белом веществе снизилась с 53,5±7,8 до 45,3±3,2 мл/мин-1×100г-1, тогда как в сером веществе всего лишь с 65,6±6,3 до 63,6±5,7 мл/мин-1×100г-1.

Другой особенностью выступает активация артериоловенулярных анастомозов. Об этом свидетельствует тот факт, что взвесь туши, инъецированная через брюшную аорту, оказывается в венулярном звене микроциркуляторного русла. Целесообразность усиления артериоло-венулярных анастомозов можно связать с тем, что это способствует передаче высокоэнергетического артериального потока энергоемкому венозному. А это, в свою очередь, облегчает венозный отток из полости черепа.

В микроциркуляторной подсистеме церебрального кровообращения ремоделирование характеризуется выраженной гетерогенностью. В одних отделах головного мозга отмечается резкий спазм вплоть до полного перекрытия просвета мелких артерий и артериол. В этих сосудах, расположенные поперечно к сосудистой стенке ядра гладкомышечных и эндотелиальных клеток противоположных стенок сосудов соприкасаются между собой, манифестируя необратимую облитерацию артерий и артериол. Венозное звено при этом полнокровное с признаками застоя. Вокруг венулярного и капиллярного звеньев отмечается отечность с элементами плазморрагии (Рис.3).

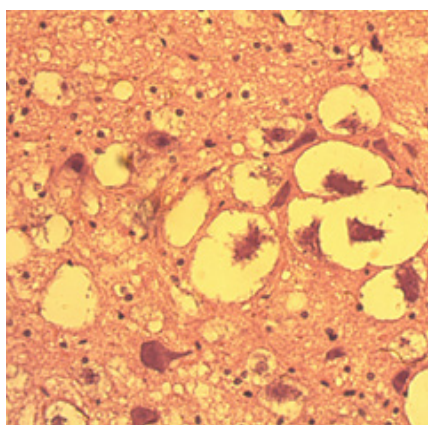




*Рис. 3 (микрофото).*

Перивенулярная и перикапиллярная отечность с элементами плазморрагии, наблюдается воспалительная реакция прилежащего отдела мозга (гематоксилин-эозин, ув. 400).

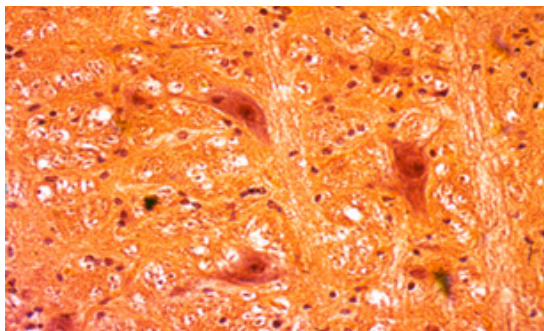
Паравазальная отечная жидкость сдавливает прилежащее вещество мозга, в котором обнаруживается имбибиция форменных элементов крови, продукты распада которых вызывают нейровоспалительный эффект, цитотоксический отек и некротическую гибель клеток (Рис. 4).



*Рис. 4 (микрофото).*

Цитотоксический отек и некротическая гибель клеток при ЧМТ в высокогорье (гематоксилин-эозин, ув.400).

В других участках мозга, напротив, отмечается гиперкапилляризация, сочетающаяся с паравазальным отеком, нарушением гематоэнцефалического барьера, мелкоклеточными кровоизлияниями, реактивным астроцитозом (Рис.5).



*Рис. 5 (микрофото).*

Реактивный астроцитоз головного мозга крысы при ЧМТ в высокогорье. Отростки астроцитов окружают кровеносные сосуды и проводящие пути нейроцитов с образованием так называемых «бочонков» (гематоксилин-эозин, ув.400).

Обнаруженная мозаичность ремоделирования микроциркуляторной подсистемы кровеносного русла мозга, по-видимому, связана с ауторегуляцией локального кровотока, а также состоянием спинномозговой жидкости. Поскольку, «при повышении давления спинномозговой жидкости наблюдается снижение трансмурального давления и уменьшение растягивающей силы, что вызывает ауторегуляторную дилатацию мозговых артерий, а также усиление оттока венозной крови за счет повышения тонуса венозных сосудов мозга» цит.по Бабиянц А.Я. [11].

Вышеприведенные результаты собственных исследований вполне согласуются с литературными данными. Так, ZhangCh. Etal [4] отмечают, что уже через 1 ч после травмы наблюдаются точечные кровоизлияния вокруг кровеносных сосудов в поврежденном участке головного мозга, что сопровождается расшире-

нием интерстициального пространства и признаками вазогенного отека с нарушением гематоэнцефалического барьера. Через 6 ч после ЧМТ отмечается набухание глиальных клеток, цитоплазма просветляется вследствие нарастания внутриклеточного отека. Помимо увеличения объема цитоплазмы отмечается увеличение объема ядер и других органелл глиальных клеток. Через 24 ч внутриклеточный отек усиливается и сопровождается воспалительной инфильтрацией и пролиферацией микроглии.

**Вывод:** ЧМТ вызывает выраженное ремоделирование макро- и микроподсистем кровеносного русла головного мозга независимо от места проведения опытов, но в разной степени. В условиях высокогорья изменения стромального компонента сосудистых сплетений и запустение артериол с явлениями венозного полнокровия выражены в большей степени, чем в низкогорье.

### Список литературы:

1. Peden M., Oyegbite K., Ozanne-Smith J., Hyder A.A., Branche C, Rahman AKMF, Rivara F, Bartolomeos K, editors. World Report on Child Injury Prevention. Geneva: World Health Organization; 2008. PMID: 26269872.
2. Kauvar D.S, Wade C.E. The epidemiology and modern management of traumatic hemorrhage: US and international perspectives. Crit Care. 2005;9 Suppl 5 (Suppl 5):S1-9. doi: 10.1186/cc3779.
3. Sabre L., Tomberg T, Kõrv J, Kepler J, Kepler K, Linnamägi Ü, Asser T. Brain activation in the chronic phase of traumatic spinal cord injury. Spinal Cord. 2016 Jan;54(1):65-8. doi: 10.1038/sc.2015.158.
4. Zhang, C., Chen, J., Lu, H. "Expression of aquaporin-4 and pathological characteristics of brain injury in a rat model of traumatic brain injury". Molecular Medicine Reports 12, no. 5 (2015): 7351-7357. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4372>.
5. Шувалова М.С. Сосудистое сплетение и микроциркуляция головного мозга при церебральных нарушениях в высокогорье: монография. Бишкек. Изд-во КРСУ. 2021. 226с.
6. Жанузаков Д.З., Нурмухамедов Т.Н. Влияние модели однодневного вахтового труда в высокогорье на структурную организацию мозжечка. Современная медицина и фармацевтика: новые подходы и актуальные исследования. Материалы 75-ой Международной научно-практической конференции студентов-медиков и молодых ученых. Самарканд-2021. С. 1024.
7. Шидаков Ю.Х-М., Горохова Г.И., Волкович О.В., Сатиев С.С. Влияние глибенкламида на состояние гистофизиологии печени при черепно-мозговой травме. Вестник КРСУ, 2020. Том 20 №1. С. 86-92.
8. Нарбеков О.Н., Шидаков Ю.М. Высокогорное легочное сердце. Бишкек. «Кыргызстан» 1991. 240с.
9. Горная микроангиология / И.А. Абдумаликова, М.В. Балыкин, Г.И. Горохова, Л.Г. Гринько [и др] под ред. Ю.Х-М. Шидакова. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2019. 172 с.
10. Шидаков Ю.Х-М., Каркобатов Х.Д., Текеева Ф.А. Высокогорная кардиоангиология. Бишкек «Бийиктик» 2001, 228 с.
11. Бабиянц А.Я., Хананашвили Я.А. Мозговое кровообращение, физиологические аспекты и современные методы исследования. Журнал фундаментальной медицины и биологии. 2018 №3. С. 46-54.



УДК:612.172.4;612.017.2;612.275.1

**Халимова Фариза Турсунбаевна,***д.м.н., доцент**Кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе***Шукуров Фируз Абдуфаттоевич,***д.м.н., профессор**Кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Душанбе*

### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАТИВНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНО- СТЕЙ ЧЕЛОВЕКА К ВЫСОКОГОРЬЮ**

**Аннотация.** Обследовано 137 временных жителей высокогорья (пос. Мургаб Восточного Памира, высота 3660 м над ур. м.) в разные сроки адаптации. Анализировали следующие показатели вариативности сердечного ритма (ВСП): среднее значение продолжительности кардиоинтервала, вариационный размах, среднее квадратическое отклонение, моду, амплитуду моды. Адаптационные возможности оценивали по их функциональному состоянию: функциональный оптимум; донозологическое и преморбидное состояния. Отмечено, что у значительного количества лиц со сроком проживания 10 мес и более сохраняется аварийная фаза адаптации: по вариационному разбросу у 45,9%, по моде от 37 до 46%. Эти результаты свидетельствуют о затяжной аварийной фазе адаптации. По величине амплитуды моды у достаточно большого количества обследованных со сроком проживания 10-12 мес (27%) и со сроком проживания 18 мес и более (23,4%) отмечается преморбидное функциональное состояние. Сохранение преморбидного функционального состояния организма со специфическими изменениями (резко выраженная симпатикотония) у обследованных лиц со сроком проживания 3-4 мес является неблагоприятным фактором, свидетельствующим о явлениях дизадаптации и дальнейшее их пребывание на высоте нецелесообразно.

**Ключевые слова:** адаптация, высокогорье, функциональное состояние организма, фазы адаптации, вариативность сердечного ритма.

### **АДАМДЫН БИЙИК ТООЛОРДО ФУНКЦИОНАЛДЫК АБАЛЫН ЖАНА АДАПТАЦИЯ ЖӨНДӨМДҮҮЛҮГҮН БААЛОДО ЖҮРӨКТҮН СОГУШУНУН ӨЗГӨРҮҮСҮНҮН СТАТИСТИКАЛЫК КӨРСӨТКҮЧТӨРҮ**

**Аннотация.** Бийик тоолуу аймактардын 137 убактылуу жашоочусу (Чыгыш Памирдин Мургаб айылы, бийиктиги 3660 м. а.с.) адаптациянын ар кандай мезгилдеринде текшерилген. Жүрөктүн кагышынын өзгөрмөлүүсүнүн (ЖКө) төмөнкү көрсөткүчтөрү талдоого алынган: кардиоинтервалдын узактыгынын орточо мааниси, вариация диапозону, стандарттык четтөө, режим амплитудасы. Адаптивдүү мүмкүнчүлүктөр функционалдык абалына: функционалдык оптимум; донозоологиялык жана преморбиддик шарттарга жараша бааланган. Жашоо мөөнөтү 10 ай жана андан ашык болгон адамдардын кыйла бөлүгү адаптациянын өзгөчө фазасын: вариация боюнча 45,9%, мода боюнча 37ден 46%га сакталып калганы белгиленген. Бул натыйжалар адаптациянын узакка созулган өзгөчө фазасын көрсөтүп турат. Моданын амплитудасы боюнча, 10-12 айлык (27%) жана 18 ай моонот менен жана андан көп жашаган (23,4%) изилдөөгө алынганда жетиштүү сандагы преморбиддик функционалдык абалы байкалган. Сохранение преморбидного функционального состояния организма со специфическими изменениями (резко выраженная симпатикотония) у обследованных лиц со сроком проживания 3-4 мес является неблагоприятным фактором, свидетельствующим о явлениях дизадаптации и дальнейшее их пребывание на высоте нецелесообразно.

3-4 айга чейин жашаган адамдарда спецификалык өзгөрүүлөр менен (курч байкалган симпатикотония) организмдин преморбиддик функционалдык абалынын сакталышы дизадаптациянын

көрүнүштөрүн көрсөтүүчү жагымсыз фактор болуп саналат жана алардын бийиктикте андан ары болушу максатка ылайыктуу эмес.

**Негизги сөздөр:** адаптация, бийик тоолор, организмдин функционалдык абалы, адаптация фазалары, жүрөктүн кагышынын өзгөрмөлүүлүгү.

## STATISTICAL INDICATORS OF HEART RATE VARIABILITY IN THE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL CONDITION AND ADAPTABLE CAPABILITIES OF A HUMAN TO HIGHLANDS

**Abstract.** 137 temporary inhabitants of the highlands (village Murgab of the Eastern Pamirs, altitude 3660 m a.s.l.) were examined at different periods of adaptation. The following indicators of heart rate variability (HRV) were analyzed: the average value of the duration of the cardiointerval, variation range, standard deviation, mode, mode amplitude. Adaptive capabilities were evaluated according to their functional state: functional optimum; donosological and premorbid conditions. It was noted that a significant number of persons with a residence period of 10 months or more retained the emergency phase of adaptation: according to the variation spread in 45.9%, according to the fashion from 37 to 46%. These results indicate a protracted emergency phase of adaptation. In terms of the amplitude of the fashion, a sufficiently large number of patients with a residence time of 10-12 months (27%) and with a residence time of 18 months or more (23.4%) have a premorbid functional condition. The preservation of the premorbid functional state of the body with specific changes (pronounced sympathicotonia) in the examined persons with a residence time of 3-4 months is an unfavorable factor indicating the phenomena of dysadaptation and their further stay at a height is inappropriate.

**Key words:** adaptation, highlands, functional condition of the body, phases of adaptation, heart rate variability.

Высокогорье является одним из факторов вызывающее стресс-реакцию, которая может быть опасными для здоровья и организма в целом [2, 3, 9].

В то же время пребывание человека в условиях высокогорья может способствовать повышению стрессоустойчивости и уровня здоровья за счет повышения функционального резерва и улучшения функционального состояния организма [5, 7] Однако при чрезмерно интенсивной высокогорной гипоксии (высота более 3000 м над ур.м) или длительном пребывании на больших высотах (12 мес и более) возникает дизадаптация и гипоксический фактор высокогорья вызывает различные нарушения функции организма вплоть до развития целого ряда психосоматических заболеваний. «Установлено, что что типы КРГ соответствуют фазам адаптации, а частота встречаемости их зависит от срока проживания в условиях высокогорья. По динамике типов КРГ можно оценить адекватность адаптации человека к высокогорью» [7]. Используя динамику показателей математического анализа сердечного ритма можно количественно оценить степень активности САС с учетом индивидуальных особенностей организма [4, 5, 9].

До настоящего времени недостаточно разработаны количественные критерии, характеризующие степень напряжения отделов автономной нервной системы с учетом индивидуальных особенностей организма. Выявление количественных критериев, характеризующих степень напряжения регуляторных механизмов является актуальным. Метод донозологической диагностики позволяет эффективно проводить профилактические мероприятия по предотвращению патологических явлений и сохранению высокого уровня функциональных резервов организма и его здоровья [1, 6, 8]

**Целью исследования** явилось изучить особенности типов взаимодействия отделов АНС в процессе адаптации человека к высокогорной гипоксии с разработкой количественных критериев оценки и прогнозирования функционального состояния с учетом индивидуальных особенностей.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследований послужили временные жители высокогорья (пос. Мургаб Восточного Памира, высота 3660 м над ур. м.). В исследовании участвовали 137 военнослужащих добровольцев срочной службы, в возрасте 20 – 27

лет мужского пола. По срокам проживания на высоте исследуемые были разделены на 4 группы: М-1 – со сроком проживания 3-4 мес.; М-2 – 6-8 мес.; М-3 – 10-12 мес. и М-4 – 18 мес. и более. Вегетативный статус оценивали при помощи кардиоинтервалографа (КИГ) и биомыши с последующим автоматическим анализом программой «Варикард-2,51». Анализировали основные статистические показатели вариативности сердечного ритма (ВСР). Адаптационные возможности оценивали по их функциональному состоянию: норма, функциональный оптимум (ФО); донозологическое (ДС) и преморбидное состояние.

Статистический анализ результатов проводили с помощью программы «STATISTICA6.0» (StatSoftInc, США).

**Результаты и их обсуждение.** Для анализа частоты сердечных сокращений были выделе-

ны следующие градации: 60 уд/мин и менее; 61-70; 71-80; 81-90; 91-100; 101 и более. Результаты изменения ЧСС в зависимости от срока проживания на высоте отражены в табл. 1. Из таблицы видно, что незначительное количество обследованных с ваготонией отмечается у людей со сроком проживания более 6 мес. При этом наибольшее количество ваготоников отмечается у людей со сроком проживания 18 мес. и более (10%). Согласованное действие симпатического и парасимпатического отделов АНС (нормотоники) распределились следующим образом: наибольшее количество обследованных со сроком проживания 6-8 мес. (80%) и наименьшее количество среди жителей со сроком проживания 10-12 мес. (32,4%), у людей со сроком проживания до 4 мес. – 55,6%, а со сроком проживания 18 мес. и более 40%.

Таблица 1.

**Изменение ЧСС у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья**

	М1 (%)	М2(%)	М3(%)	М4(%)
60 и меньше	0	8.0	2.7	10
61-70	11.1	60.0	13.5	3.3
71-80	26.7	20	18.9	36.7
81-90	28.9	8.0	43.2	26.7
91-100	26.7	4.0	8.1	13.3
101 и более	6.7	0	13.5	10

Настораживает тот факт, что у более половины обследованных со сроком проживания 12 мес. и более (М3 – 64,8% и М4 – 50%) сохраняется различная степень симпатикотонии.

По результатам изменения вариационного разброса (ВР) нами выделены следующие градации: 0,1 и менее; 0,11- 0,2; 0,21- 0,39; 0,4 и более. Результаты изменения ВР в зависимости от срока проживания на высоте отражены в табл. 2. Из таблицы видно, что у незначительного количества людей со сроком проживания до 4 мес. на высоте отмечается выраженная степень сим-

патикотонии, таковые отсутствуют у лиц со сроком проживания 6 мес. и более. Сохранение умеренной степени симпатикотонии у лиц со сроком проживания на высоте до 4 мес. (57,8%) это нормальное явление и свидетельствует об аварийной фазе адаптации. Однако сохранение ВР в пределах 0,11- 0,2 у людей со сроком проживания 12 мес. и более (45,9% у М3 и 46,7% у М4) свидетельствует о явлениях дизадаптации и дальнейшее их пребывание на высоте могут привести к болезням адаптации.

Таблица 2.

**Изменение ВР у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья**

	M1 (%)	M2(%)	M3(%)	M4(%)
0,1 и менее	6.7	0	0	0
0,11-0,2	57.8	24	45.9	46.7
0,21-0,3	22.2	32	32.4	20
0,31-,0,39	13.3	28	13.5	26.7
0,4 и более	0	16	8.1	6.6

Настораживает тот факт, что у значительного количества лиц со сроком проживания 10 мес. и более сохраняется аварийная фаза адаптации (у M3 45,9%, у M4 46,7%).

Для анализа моды (Mo) нами выделены следующие градации изменения Mo: 0,91 и более; 0,81-0,9; 0,61-0,7; 0,6 и менее. Результаты изменения Mo в зависимости от срока проживания на высоте отражены в табл.3. Из таблицы видно, что наименьшее количество обследованных (6,7%) со сроком проживания до 4 мес. находятся в функциональном оптимуме и наибольшее количество (68%) с таким функциональным состоянием организма среди людей со

сроком проживания на высоте 8 мес., у каждого пятого из обследованных со сроком проживания 10-12 мес. (18,9%) и у каждого третьего со сроком проживания 18 мес и более (30%). Настораживает факт наличия выраженной и резко выраженной симпатикотонии у достаточно большого количества обследованных со сроком проживания 10-12 мес. (соответственно 32,4% и 13,5%) и со сроком проживания 18 мес. и более (соответственно 23,3% и 13,3%). Для анализа результатов изменения амплитуды моды (AMo) нами выделены следующие градации изменения AMo: 30 и менее; 31-40; 41-50; 51- 60; 61 и более.

Таблица 3.

**Изменение Mo у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья**

	M1 (%)	M2(%)	M3(%)	M4(%)
0,91 и более	0	24	5.4	13.3
0,81-0,9	6.7	44	13.5	16.7
0,71-,0,8	42.2	24	35.1	33.3
0,61-0,7	40	8	32.4	23.3
0,6 и менее	11.1	0	13.5	13.3

Результаты изменения AMo в зависимости от срока проживания на высоте отражены в табл. 4. Из таблицы видно, что наименьшее количество обследованных (4,4%) со сроком проживания до 4 мес. находятся в функциональном оптимуме с выраженной ваготонией и наибольшее количество (52%) с таким функциональным состоянием организма среди людей со сроком проживания на высоте 8 мес.

Таблица 4.

## Изменение АМо у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья

	М1 (%)	М2(%)	М3(%)	М4(%)
30 и меньше	4.4	52	10.8	16.7
31-40	28.9	20	27	16.7
41-50	15.6	20	27	40
51-60	15.6	4	18.9	16.7
61 и более	35.4	4	8.1	6.7

Настораживает факт наличия преморбидного функционального состояния у достаточно большого количества обследованных со сроком проживания 10-12 мес. (27%) и со сроком проживания 18 мес. и более (23,4%). Для анализа среднеквадратичного отклонения (СКО) нами выделены следующие градации изменения: 0,03 и менее; 0,031-0,04; 0,041-0,05; 0,051-0,06; 0,061 и более. Результаты изменения СКО в зависимости от срока проживания на высоте отражены в табл. 5. Из таблицы видно, что наименьшее количество из обследованных со сроком проживания до 4 мес., у каждого восьмого (12%) со сроком проживания 6-8 мес., у каждого десятого (10,8%) со сроком проживания 10-12 мес. и у каждого шестого (16,7%) со сроком проживания 18 мес. и более отмечается функциональный оптимум с проявлением нормотонии. Наибольшее количество обследованных (21,7%) в преморбидном состоянии с неспецифическими изменениями среди обследованных со сроком проживания на высоте 10-12 мес., наименьшее количество (8%) среди проживающих на высоте 6-8 мес. Наибольшее количество обследованных с преморбидным функциональным

состоянием со специфическими изменениями среди проживающих на высоте 18 мес. и более (30%), наименьшее (8%) со сроком проживания 6-8 мес.

**Выводы:**

1. В результате анализа статистических показателей вариативности сердечного ритма установлено, что у значительного количества лиц со сроком проживания 10 мес и более сохраняется аварийная фаза адаптации. Их дальнейшее пребывание на высоте может привести к возникновению различных заболеваний, связанных с истощением стресс-реализующих систем.

2. Установлено, что статистические показатели вариативности сердечного ритма количественно отражают функциональные состояния организма. Сохранение преморбидного функционального состояния организма со специфическими изменениями у обследованных лиц со сроком проживания 3-4 мес является неблагоприятным фактором, свидетельствующим о явлениях дизадаптации и дальнейшее их пребывание на высоте нецелесообразно.

**Список литературы:**

1. Баевский Р.М. Прогнозирование на грани нормы и патологии. М.: Медицина. – 1979. 289С.
2. Джунусова, Г.С. Центральные регуляторные механизмы адаптации человека в горных условиях [Текст] / Г.С. Джунусова // Медицина Кыргызстана. – 2017. – №5. – С.36-39.
3. Новиков, В.С. Гипоксия как типовой патологический процесс, его систематизация [Текст] / В.С. Новиков, В.Ю. Шанин, К.Л. Козлов. // В кн.: Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. – С-Пб.: Изд-во ООО «ЭЛБИ-СПб», 2000. – С. 12-24.
4. Халимова, Ф.Т. Индивидуальные особенности адаптации человека к изменившимся условиям среды [Текст] / Ф. Халимова, П.М. Зухурова, М.А. Абдусатторова // Научные труды 3-го съезда физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека». – Москва-Ялта. 2011. – С. 275.
5. Шукуров, Ф.А. Индивидуальные особенности реакции кардиореспираторной системы у человека при адаптации к высокогорью [Текст] / Ф.А. Шукуров // Физиология человека. – 1991. – Т.17, №4. – С. 32.



6. *Шукуров Ф.А.* Вегетативный статус в оценке адаптационных возможностей человека к высокогорной гипоксии / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова // Ж. Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. – 2018. – №1 (25). – С. 121-126.

7. *Шукуров, Ф.А.* МелПрогнозирование оптимального срока пребывания человека в условиях высокогорья [Текст] / Ф.А. Шукуров // Физиология человека. – 2018.- №2(1). – С.61-62.

8. *Шукуров Ф.А.* Интегральные показатели вариативности сердечного ритма в оценке адаптации человека к высокогорью / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова// Ж. Вестник Академии мед. наук Таджикистана. – 2019. – Том VIII, №1 (29). – С. 89-95.

9. *Шукуров Ф.А.* Прогнозирование фазы стабильной адаптации и донозологического состояния у людей с различным сроком проживания в условиях высокогорья / Ф.А. Шукуров, З.У. Арабова // Ж. Известия национальной академии наук Кыргызской республики. – 2019. – №4. – С. 83-87.

УДК 616-092:616.9

Dr. Natalia Zubieta-DeUrioste  
*High Altitude Pulmonary and Pathology Institute (HAPPI – IPPA),  
Av. Copacabana – Prolongación # 55, La Paz, Bolivia.*  
**Наталья Зубьета – ДеУриосте**  
*Институт высокогорной патологии легких, Ла Пас, Боливия*

### **НИЗКИЙ УРОВЕНЬ СМЕРТНОСТИ ОТ COVID-19 В ВЫСОКОГОРНЫХ ГОРОДАХ БОЛИВИИ, КОЛУМБИИ, ЭКВАДОРА, МЕКСИКИ И ПЕРУ: ВОЗМОЖНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И СРЕДОВЫЕ ПРИЧИНЫ**

**Аннотация.** В тезисах приведены результаты аналитических, ретроспективных, сравнительных и многонациональных исследований с начала пандемии Covid-19 до конца 2020 года. Показатели смертности были получены от официальных открытых источников из Боливии, Колумбии, Эквадора, Мексики и Перу. Обнаруженная более низкая заболеваемость Covid-19 среди высокогорных жителей объясняется физиологическими (высокий уровень гемоглобина, эритропоэтина, высокий иммунитет, низкий уровень CO<sub>2</sub>, более низкое количество рецепторов ACE2) и средовыми (высокое ультрафиолетовое излучение, более низкая влажность и атмосферное давление) защитными механизмами.

**Ключевые слова:** Covid-19, смертность, высокогорные жители.

### **БОЛИВИЯНЫН, КОЛУМБИЯНЫН, ЭКВАДОРДУН, МЕХИКОНУН ЖАНА ПЕРУНУН БИЙИК ТООЛУУ ШААРЛАРЫНДАГЫ КОВИД-19 ӨЛҮМДӨРҮНҮН ТӨМӨНКҮ ДЕҢГЭЭЛИ: МҮМКҮН БОЛГОН ФИЗИОЛОГИЯЛЫК ЖАНА ЭКОНОМИКАЛЫК СЕБЕПТЕР**

**Аннотация.** Тезистерде Covid-19 пандемиясынын башталышынан 2020-жылдын аягына чейинки аналитикалык, ретроспективдүү, салыштырма жана көп улуттуу изилдөөлөрдүн натыйжалары берилген. Өлүмдүн көрсөткүчтөрү Боливия, Колумбия, Эквадор, Мексика жана Перунун расмий булактарынан алынган. Бийик тоолордо жашагандардын арасында Ковид-19 оорусунун азыраак байкалышы физиологиялык (гемоглобиндин, эритропоэтиндин жогорку деңгээли, иммунитеттин жогору болушу, CO<sub>2</sub> деңгээли, ACE2 рецепторлорунун аздыгы) жана экологиялык коргоо механизмдери (жогорку ультрафиолет нурлануусу, төмөн нымдуулук жана атмосфералык басым) менен түшүндүрүлөт.

**Негизги сөздөр:** Ковид-19, өлүм, тоолуктар.

### **COVID-19 LOWER CASE FATALITY RATE IN THE HIGH ALTITUDES CITIES OF BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, MEXICO, AND PERU: POSSIBLE PHYSIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL CAUSES**

**Abstract.** The COVID-19 worldwide public health breakout resulted in a historical research race. Medical research and practice at high altitude provided us with a unique perspective for the understanding of hypoxia in this disease. Popular belief stated that living under chronic hypobaric hypoxia would be correlated with higher COVID-19 severity. Previous studies from our team and others suggested a lower COVID-19 incidence in high altitude populations. Later, mortality became the focus of analysis. An analytic, retrospective, comparative multi-national study was carried out from the beginning of the pandemic until the end of 2020. Official open sources from Bolivia, Peru, Colombia, Ecuador, and Mexico

were used to assess the COVID-19 Case Fatality Rate (CFR) difference between the highland municipalities (or sample) ( $>2,500$  m) compared to the lowland municipalities (or control) ( $< 1,000$  m) in each country. Data analysis included statistical tables regarding the population, total positive cases, recovered cases, and deaths. Chi-square test, Odds ratio, Spearman correlations, and Post Hoc analysis were performed. Lower CFR was statistically significant in the highlands compared to the lowlands in all countries. The possible explanations that could explain this COVID-19 protective behavior at high altitudes are physiologic and environmental (physics). The physiologic include higher hemoglobin levels, erythropoietin levels, greater immunity, lower carbon dioxide levels, lower incidence of asthma, and a lower number of ACE2 receptors in high-altitude inhabitants. The environmental include higher Ultra-Violet radiation, lower molecular density in the atmosphere, and lower humidity.

УДК: 612.014;612.017;612.275

**Арабова Зульфира Умарджоновна,***к.м.н.**Кафедра нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино,  
Душанбе*

### **ПОКАЗАТЕЛИ ГОМЕОСТАЗА В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ВЫСОКОГОРЬЮ**

**Аннотация.** Обследовано 27 мужчин жителей низкогорья в возрасте 20-22 года в условиях низкогорья, после перемещения их в условия высокогорья и после возвращения в условия низкогорья. Исследования проводили на портативном анализаторе газов и электролитов крови Abbott I-STAT. Отмечено, что парциальное давление и сатурация кислорода в условиях высокогорья снизились, а парциальное давление углекислого газа и рН артериальной крови – увеличились. В процессе реадаптации эти показатели не отличались от полученных до восхождения в горы. Концентрация гемоглобина в условиях высокогорья и в процессе реадаптации увеличился по сравнению с данными, полученных до восхождения в горы. Концентрация  $\text{HCO}_3^-$  и титруемых оснований крови в условиях высокогорья увеличились. В процессе реадаптации концентрация  $\text{HCO}_3^-$  крови остается увеличенной. Концентрация ионов натрия в условиях высокогорья увеличилась, а концентрации ионов калия, кальция и хлора уменьшились. В процессе реадаптации концентрация ионов калия и хлора остается меньше, а концентрация ионов кальция не отличается.

**Ключевые слова:** адаптация, высокогорье, реадаптация, парциальное напряжение и сатурация кислорода, парциальное давление углекислого газа, электролиты.

### **АДАМДЫН БИЙИК ТООЛОРГО АДАПТАЦИЯСЫНЫН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУН БААЛООДО ГОМЕОСТАЗДЫН КӨРСӨТКҮЧТӨРҮ**

**Аннотация.** 20-22 жаштагы жапыз тоолуу аймактарда жашаган 27 эркек киши бийик тоолуу аймактарга көчүрүлүп, кайра кайтып келгенден кийин текшерилген. Изилдөөлөр кандын газы жана электролиттерди Abbott I-STAT портативдүү анализаторунда жүргүзүлгөн. Бийик тоолордун шартында кычкылтектин парциалдык басымы жана каныккандыгы төмөндөп, көмүр кычкыл газынын парциалдык басымы жана артерия канынын рНы жогорулаганы белгилениди. Кайра адаптациялоо процессинде бул көрсөткүчтөр тоого чыкканга чейин алынган көрсөткүчтөрдөн айырмаланган эмес. Бийик тоолордун шартында жана реадаптация процессинде гемоглобиндин концентрациясы тоолорго чыгуунун алдында алынган маалыматтар менен салыштырганда жогорулаган Бийик тоодо  $\text{HCO}_3^-$  жана титрленүүчү кан негиздеринин концентрациясы жогорулаган. Кайра адаптациялоо процессинде  $\text{HCO}_3^-$ -кандын концентрациясы жогорулайт.

Бийик тоолуу аймактарда натрий иондорунун концентрациясы жогорулап, калий, кальций жана хлор иондорунун концентрациясы төмөндөгөн. Кайра адаптациялоо процессинде калий жана хлор иондорунун концентрациясы төмөн бойдон калууда, ал эми кальций иондорунун концентрациясы айырмаланбайт

**Негизги сөздөр:** адаптация, бийик тоолор, реадаптация, парциалдык чыңалуу жана кычкылтектин каныккандыгы, көмүр кычкыл газынын парциалдык басымы, электролиттер.

### **INDICATORS OF HOMEOSTASIS IN ASSESSING THE EFFICIENCY OF HUMAN ADAPTATION TO HIGH MOUNTAINS**

**Abstract.** 27 male residents of low mountains aged 20-22 years were examined in low mountains, after moving them to high mountains and after returning to low mountains. The studies were carried out on

a portable analyzer of gases and electrolytes of blood Abbott I-STAT. It was noted that the partial pressure and saturation of oxygen in the conditions of high mountains decreased, and the partial pressure of carbon dioxide and pH of arterial blood increased. In the process of readaptation, these indicators did not differ from those obtained before climbing the mountains. The concentration of hemoglobin in the conditions of high mountains and in the process of readaptation increased in comparison with the data obtained before climbing the mountains. The concentration of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> and titratable blood bases increased in high altitude conditions. In the process of readaptation, the concentration of HCO<sub>3</sub>-blood remains increased. The concentration of sodium ions in highlands increased and the concentration of potassium, calcium and chlorine ions decreased. In the process of readaptation, the concentration of potassium and chloride ions remains lower, while the concentration of calcium ions does not differ.

**Key words:** adaptation, high mountains, readaptation, partial voltage and saturation of oxygen, partial pressure of carbon dioxide, electrolytes.

В процессе адаптации к комплексу факторов высокогорья отмечается интеграция всех процессов в организме от молекулярного и клеточного уровня до целостного организма. Среди физико-химических показателей организма важнейшее место принадлежит кислотно-основному равновесию крови. От соотношения концентраций в крови катионов водорода и анионов OH зависят активность ферментов, интенсивность окислительно-восстановительных реакций, процессы расщепления и синтеза белка, окисления углеводов и липидов, чувствительность клеточных рецепторов к медиаторам и гормонам, проницаемость клеточных мембран, физико-химические свойства коллоидных систем клеток и межклеточных структур и многое другое [1, 5]. Другим важным продуктом метаболизма является углекислый газ (CO<sub>2</sub>), который оказывает влияние на концентрацию ионов H<sup>+</sup> – важнейшую характеристику кислотно-основного состояния [3]. Существенную роль в оценке адаптационных возможностей человека к высокогорной гипоксии играют параметры оксигенации артериальной крови людей, к которым относятся парциальное напряжение кислорода, насыщение крови кислородом и концентрация гемоглобина [6]. Изменение концентраций наиболее важных электролитов (калия, натрия, кальция, хлора) в условиях гипоксии значительно осложняет состояние организма, оно также является непосредственной причиной развития или усугубления нарушений кислотно-основного равновесия крови [2, 3, 5]. На сегодняшний день недостаточно изучена динамика основных параметров гомеостаза (парциальное напряжение кислорода и углекислого газа, pH крови, кислотно-основное состояние крови, насыщение крови кислородом (sO<sub>2</sub>),

концентрация гемоглобина, изменение электролитов) в процессе адаптации и реадaptации человека к условиям высокогорья. Изменения концентраций натрия и хлора во внеклеточном пространстве способствуют нарушению водного баланса, что приводит к дегидратации или отеку органов и тканей [2, 3]. Сочетанное исследование уровней электролитов в крови косвенно характеризует состояние водно-электролитного обмена [5]. Среди электролитов особая роль отводится ионам кальция, которые участвуют в поддержании целостности цитоплазматических мембран, регуляции нервно-мышечной проводимости, мышечном сокращении, обеспечении тонуса нейронов, контроле и активации ферментативных процессов.

В связи с вышеизложенным повышение концентрации ионов кальция способствует повреждению многих ферментативных процессов, а при его снижении происходит нарушение функционирования нервно-мышечной системы и процессов минерализации костной ткани.

**Целью исследования** явилось изучение показателей гомеостаза (кислотно – основного состояния, параметры оксигенации и концентрация электролитов артериальной крови) у людей при краткосрочной адаптации к условиям высокогорья и последующей реадaptации.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования послужили 27 мужчин жителей низкогогорья в возрасте 20-22 года, которым трижды определяли основные показатели гомеостаза: ЖН-1 в условиях низкогогорья (г. Душанбе, высота 840 м над ур.м); ЖН-2 – после перемещения их в условия высокогорья (Сарытаг, высота 2800 м над ур.м) и ЖН-3 – после возвращения в условия низкогогорья (реадaptации). Исследования проводили на портатив-



ном анализаторе газов и электролитов крови AbbottI-STAT. Определяли следующие гомеостатические показатели: концентрацию титруемых оснований – избыток оснований BE, pH, концентрация  $\text{HCO}_3^-$ - парциальное давление углекислого газа; оксигенацию артериальной крови (парциальное напряжение кислорода, процентное содержание оксигемоглобина, концентрация гемоглобина), основных электролитов (ионы натрия, калия, хлора и кальция).

Статистический анализ результатов проводили с помощью программы «STATISTICA6.0» (StatSoftInc, США).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты кислотно-основного состояния крови отражены в табл. 1. Из таблицы видно, что до восхождения в горы (высота 840 м над ур. м.) pH крови обследуемых был равен  $7,3 \pm 0,08$ , т.е. был ниже нормы и соответствовал состоянию ацидоза (кислая реакция крови). В условиях высокогорья (высота 2800 м над ур. м.) этот показатель увеличился на 2,7% и составил  $7,5 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ ), т.е. был выше нормы и соответствовал состоянию алкалоза (щелочная реакция крови). В процессе реадaptации pH крови был равен  $7,4 \pm 0,01$ , статистически не отличался от показателей,

Таблица 1.

**Показатели кислотно-основного состояния крови в процессе адаптации и реадaptации к условиям высокогорья**

	pH (M±m)	PCO2 mmHg (M±m)	HCO3 (M±m)	BE (M±m)
ЖН-1	$7,3 \pm 0,08$	$24,6 \pm 1,0$	$16,9 \pm 0,5$	$-6 \pm 0,4$
ЖН-2	$7,5 \pm 0,02$ ( $p < 0,05$ )	$31,45 \pm 0,9$ ( $p < 0,001$ )	$19,7 \pm 0,6$ ( $p < 0,01$ )	$-4 \pm 0,4$ ( $p < 0,05$ )
ЖН-3	$7,4 \pm 0,01$ ( $p > 0,05$ )	$23,4 \pm 0,7$ ( $p > 0,05$ )	$18,1 \pm 0,4$ ( $p < 0,01$ )	$-5 \pm 0,4$ ( $p > 0,05$ )

*Примечание:* p – статистическая значимость различий показателей между всеми группами ( в условиях высокогорья, в период реадaptации)

полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p > 0,05$ ) и соответствовал норме pH крови человека (слабощелочная реакция крови). Парциальное давление углекислого газа (PCO2) до восхождения в горы составило  $24,6 \pm 1,0$  mmHg. В условиях высокогорья (высота 2800 м) этот показатель увеличился на 28% и составил  $31,45 \pm 0,9$  mmHg ( $p < 0,001$ ). В процессе реадaptации парциальное давление PCO2 составило  $23,4 \pm 0,7$  mmHg и статистически не отличалось от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p > 0,05$ ). До восхождения в горы концентрация  $\text{HCO}_3^-$  крови обследуемых была равна  $16,9 \pm 0,5$ . В условиях высокогорья (высота 3200 м) этот показатель увеличился на 16,6% и составил  $19,7 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации концентрация  $\text{HCO}_3^-$  крови была

равна  $18,1 \pm 0,4$ , статистически отличалась на 7,1% от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p < 0,01$ ).

В результате проведенных исследований было выявлено, что до восхождения в горы концентрация титруемых оснований (избыток оснований BE) крови обследуемых была равна  $-6 \pm 0,4$ . В условиях высокогорья этот показатель увеличился на 33% и составил  $-4 \pm 0,4$  ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации концентрация BE крови была равна  $-5 \pm 0,4$  и статистически не отличалась от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p > 0,05$ ).

Результаты показателей оксигенации артериальной крови у людей в процессе адаптации к высокогорью и реадaptации отражены в табл.2

Таблица 2.

**Показатели парциального напряжения кислорода, процентного насыщения оксигемоглобина и количества гемоглобина в процессе адаптации к высокогорью и реадaptации**

	PO <sub>2</sub> mmHg	SO <sub>2</sub> %	Hb %
ЖН-1	79,0±3,4	95±0,6	112,6±1,2
ЖН-2	65,2±2,9 (p < 0,001)	91,9±0,8 (p < 0,001)	135,7±2,2 (p < 0,001)
ЖН-3	79,7±2,9 (p > 0,05)	95,7±0,05 (p > 0,05)	141,0±1,7 (p < 0,001)

*Примечание:* p – статистическая значимость различий показателей между всеми группами ( в условиях высокогорья и реадaptации)

Из таблицы видно, что парциальное напряжение кислорода (PO<sub>2</sub>) до восхождения в горы составило 79,0±3,4 mmHg, в условиях высокогорья этот показатель снизился на 21,2% и составил 65,2±2,9 mmHg (p < 0,001). После возвращения с гор парциальное напряжение кислорода PO<sub>2</sub> составило 79,7±2,9 mmHg и статистически не отличалось от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы (p > 0,05). Процентное содержание оксигемоглобина (sO<sub>2</sub>) до восхождения в горы составила 95±0,6%, в условиях высокогорья этот показатель снизился на 3,4 % и составил 91,9±0,8% (p < 0,01). После возвращения с гор сатурация кислородом составила 95,7±0,05% и статистически не отличалась от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы (p < 0,05). Концентрация гемоглобина до восхождения в горы составила 112,6±1,2%. В условиях высокогорья этот показатель увеличился на 20,5% и составил 135,7±2,2% (p < 0,001). После возвращения с гор концентрация гемоглобина составила 141,0±1,7 и статистически отличалась на 25,2% от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы (p < 0,001).

Пусковой механизм развития гипоксии связан с гипоксемией – снижением содержания кислорода в артериальной крови. Нехватка кислорода стимулирует использование организмом дополнительных, анаэробных источников

энергии – расщепления гликогена до молочной кислоты. Кроме того, возникают неприятности в виде закисления внутренней среды организма молочной кислотой и другими недоокисленными метаболитами. Сдвиг pH еще более ухудшает условия деятельности высокомолекулярных структур, способных функционировать в узком диапазоне pH и быстро теряющих активность при увеличении концентрации гидроксильных (H<sup>+</sup>) ионов.

Дальнейшее понижение кислорода в крови вызывает мобилизацию организмом зрелых эритроцитов, депонированных в селезенке, печени, коже, других органах, и переход их в общий кровоток. При этом количество эритроцитов увеличивается на 15%, соответственно возрастает и вязкость крови. Следует, однако, отметить, что резкое увеличение числа эритроцитов и резкое повышение гемоглобина имеет помимо положительного, компенсаторного еще и отрицательное значение, так как при этом увеличивается вязкость крови, создающая повышенную нагрузку на мышцу сердца.

Показатели основных электролитов в процессе адаптации человека к высокогорью и реадaptации отражены в табл. 3. Из таблицы видно, что до восхождения в горы концентрация ионов натрия составила 133,9 ± 0,9 ммоль/л, в условиях высокогорья этот показатель увеличился на 1,4% и составил 135,7 ± 1,0 ммоль/л (p < 0,05). В процессе реадaptации количество

Таблица 3.

**Показатели ионов калия, натрия, кальция и хлора в процессе адаптации человека к высокогорью и реадaptации**

	Na ммоль/л	K ммоль/л	Ca ммоль/л	Cl ммоль/л
ЖН-1	133,9 ± 0,9	4,4 ± 1,2	0,6 ± 0,1	100,9 ± 2,7 (p < 0,05)
ЖН-2	135,7 ± 1,0	3,7 ± 0,6 (p < 0,01)	0,5 ± 0,1 (p < 0,05)	96,0 ± 2,8
ЖН-3	140,4 ± 0,8 (p < 0,05)	3,9 ± 0,8 (p < 0,01)	0,6 ± 0,1	97,5 ± 4,3 (p < 0,05)

ионов натрия было равно  $140,4 \pm 0,8$  ммоль/л и статистически отличалось на 4,9% от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p < 0,05$ ). До восхождения в горы концентрация ионов калия составила  $4,4 \pm 1,2$  ммоль/л, в условиях высокогорья этот показатель уменьшился на 18,9% и составил  $3,7 \pm 0,6$  ммоль/л ( $p < 0,01$ ). В процессе реадaptации количество ионов калия было равно  $3,9 \pm 0,8$  ммоль/л и статистически отличалось на 11,4% от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p < 0,01$ ). Концентрация ионов кальция до восхождения в горы составила  $0,6 \pm 0,1$  ммоль/л, в условиях высокогорья этот показатель уменьшился на 12% и составил  $0,5 \pm 0,1$  ммоль/л ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации количество ионов кальция было равно  $0,6 \pm 0,1$  ммоль/л и статистически не отличалось от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы. Концентрация ионов хлора до восхождения в горы составила  $100,9 \pm 2,7$  ммоль/л, в условиях высокогорья этот показатель уменьшился на 5,1% и составил  $96,0 \pm 2,8$  ммоль/л ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации количество ионов хлора было равно  $97,5 \pm 4,3$  ммоль/л и статистически отличалось на 3,5% от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p < 0,05$ ).

**Выводы:**

1. Парциальное давление ( $PO_2$ ) и сатурация ( $sO_2$ ) кислорода в условиях высокогорья снизи-

лись ( $p < 0,001$ ), а парциальное давление углекислого газа ( $PCO_2$ ) в условиях высокогорья увеличились ( $p < 0,001$ ). В процессе реадaptации  $PO_2$ ,  $PCO_2$  и  $sO_2$  статистически не отличались от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы. Концентрация гемоглобина в условиях высокогорья и в процессе реадaptации увеличилась ( $p < 0,001$ ) по сравнению с данными, полученными у испытуемых до восхождения в горы.

2. pH артериальной крови в условиях высокогорья увеличился и соответствовал состоянию алкалоза (щелочная реакция крови). В процессе реадaptации pH соответствовал норме. Концентрация  $HCO_3^-$  и титруемых оснований (избыток оснований BE) крови в условиях высокогорья увеличились ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации концентрация  $HCO_3^-$  крови остается увеличенной, а концентрация BE крови не отличалась от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы.

3. Концентрация ионов натрия в условиях высокогорья увеличилась а концентрация ионов калия, кальция и хлора уменьшились ( $p < 0,05$ ). В процессе реадaptации количество ионов натрия было статистически увеличено от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы, концентрация ионов калия и хлора остается меньше ( $p < 0,05$ ), а концентрация ионов кальция не отличается.

**Список литературы:**

1. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н. А. Агаджанян, Е. И. Елфимов. – М.: Медицина, 2006. – 272 с
2. Агаджанян, Н.А. Экология человека. Избранные лекции Н.А. Агаджанян, В.И. Торшин. – М., 2004. – 256 с.
3. Айан, А.М. Анализ газов артериальной крови понятным языком / А.М. Айан, А.Д. Хеннеси, А.Д. Джапп. – М: Практическая медицина, 2009. – 140 с.
4. Баевский Р.М. «Физиологическая норма и концепция здоровья». Российский физиологический журнал. – 2003. – Т.89, №4. – С.473-489.
5. Баевский Р.М. К проблеме оценки степени напряжения регуляторных систем организма.- В кн.: Адаптация и проблемы общей патологии. – Новосибирск. – 2008. – т.1. – С.44-48.
6. Дементьева, И.И. Исследование кислотно-основного равновесия / И.И. Дементьева //Клиническая лабораторная лабораторная аналитика под ред. В.В. Меньшикова, 2000. – Т. 3. – С. 349 – 361

УДК 613.12(23):159.9.072

**Мельникова Наталья Георгиевна,***к. псих. н., доцент,**Институт горной физиологии и медицины НАН КР***Шаназаров Алмаз Согомбаевич,***д. м. н., профессор,**Международная высшая школа медицины**г. Бишкек, Кыргызская Республика*

### РЕСУРСЫ АДАПТАЦИИ ЖИТЕЛЕЙ ВЫСОКОГОРЬЯ В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО И ЛИЧНОСТНОГО ФАКТОРОВ

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности толерантности к неопределенности (ТН) и интолерантности к неопределенности (ИТН) как показателей личностного адаптационного ресурса населения высокогорного района (Ат-Баши, 2100 м на ур.м). Их оценка осуществлялась в процессе адаптации тестового инструментария на кыргызский язык. Анализируется описательная статистика параметров ТН, ИТН, а также их сравнительная характеристика с учетом разных социально-демографических характеристик (пол, возраст, профессиональная деятельность) респондентов, значимость влияния которых подтверждена. Определены высокие значения ИТН в пожилом возрасте, по сравнению с периодом зрелости, а также у представителей технических специальностей, по сравнению с теми, кто занят в социономической и биономической сфере. Более высокие значения ТН также присущи лицам пожилого возраста.

**Ключевые слова:** высокогорье, толерантность к неопределенности, интолерантность к неопределенности, индивидуально-демографические характеристики.

### КЛИМАТТЫК-ГЕОГРАФИЯЛЫК ЖАНА ЖЕКЕ ФАКТОРЛОРДУН ШАРТЫНДА БИЙИК ТООЛОРДУН РЕЗИДЕНТТЕРИНИН АДАПТАЦИЯСЫНЫН РЕСУРСТАРЫ

**Аннотация.** Макалада бийик тоолуу аймактын (Ат-Башы, 2100 м) калкынын белгисиздикке туруштук берүү (БТБ) жана белгисиздикке чыдам көрсөтпөө (БЧК) өзгөчөлүктөрү талкууланат.

Жеке ресурстук көрсөткүчтөрүн баалоо тесттик каражаттарды кыргыз тилине ыңгайлаштыруу процессинде жүргүзүлөт. БТБ, БЧК параметрлеринин сыпаттама статистикасы ошондой эле алардын салыштырма мүнөздөмөлөрү респонденттердин ар кандай социалдык-демографиялык мүнөздөмөлөрүн (жынысы, жашы, профессионалдык ишмердүүлүгү) эске алуу менен талданат, алардын таасиринин мааниси ырасталган. БЧКнын жогорку маанилери карылар жетилүү мезгилине салыштырмалуу, ошондой эле социалдык жана биономиялык чөйрөдө иштегендерге салыштырмалуу техникалык адистиктердин өкүлдөрүнүн арасында аныкталган. Жогорку БТБ баалуулуктары улгайган адамдарга да мүнөздүү.

**Негизги сөздөр:** бийик тоолор аймак, белгисиздикке туруштук берүү, сабырдуулук, белгисиздикке чыдам көрсөтпөө, жеке-демографиялык мүнөздөмөлөр.

### RESOURCES FOR ADAPTATION OF RESIDENTS OF HIGH MOUNTAINS IN THE CONTEXT OF CLIMATE-GEOGRAPHICAL AND PERSONAL FACTORS

**Abstract.** Features of tolerance to uncertainty (TU) and intolerance to uncertainty (ITU) as parameters of adaptation personal resource of high-mountain region people (At-Bashi, 2100 m) were considered in the article. It was valued parameters of personal resource during adaptation questionnaire on Kyrgyz language. There were reviewed descriptive statistics TU, ITU and some demographic characteristics

(sex, age, profession). Analysis gathered data were revealed that elderly people have had more level ITU compared mature age people and technic profession compared social and bionomic professional. Elderly At-Bashi people demonstrated high level TU.

**Keywords:** high-mountain region, tolerance to uncertainty (TU), intolerance to uncertainty (ITU), individual-demographic characteristics.

Для среды жизнедеятельности в горах факторы комплексности, неопределенности, неоднозначности (соответственно, complexity, uncertainty, ambiguity) как выражение *visu*-характеристик [26], существенны с разных сторон. В первую очередь речь идет об оценке уровня дискомфорта условий жизнедеятельности и в контексте определения предпочтений для контингента, проживающего и работающего в данной местности. Важно это и с позиции характеристик адаптационных возможностей человека, поскольку, зона некомпенсируемого дискомфорта в Нарынской области достигает 92%. На этой территории изменения величин индекса биоклиматических контрастов (ИБК) происходят в интервале от 0,31 – 0,6 единиц, свидетельствуя о значительности его влияния на функциональное состояние человека. В частности, биоклиматический индекс суровости метеорежима и величина контрастов, вызывая напряжение адаптационных механизмов, может приводить к рассогласованию норм физиологического реагирования организма, а также росту временных величин восстановления функций и работоспособности человека. Вместе с тем, статистика свидетельствует о том, что часть населения Нарынской области (35 %) проживает в диапазоне высот 1500 -2000 метров, на высотах 2000 метров и выше – 64,4%. Это говорит о том, что вопросы адаптации человека, как и вопросы ресурсов здоровья населения, с учетом и параметра комфортности/дискомфортности природной среды, остаются актуальными для высокогорных регионов, в том числе Нарынской области [24].

Известно, что на качество среды и качество жизни населения [18; 21] оказывает влияние социально-географический характер любой территории с ее эколого-географическими и социально-экономическими факторами [22; 23; 25] Совокупность указанных факторов, действующих всегда комплексно, влияет на реализацию механизма адаптации [1], по-разному задавая сбалансированность обмена веществ, энергии, информации между человеком, группой лиц и

природой, как в воспроизведении жизни, так и развитии личности [10].

В переходные периоды общества преобладание многообразия форм напряжения и доминирование неопределенности, в сравнение с определенностью и постоянством [2] может по-разному отражаться на разных слоях общества, вызывая противоположные реакции: тревоги, депрессии или активизации [8;16]. Ситуации неопределенности связаны со снижением предсказуемости или недостаточностью знаний, или с риском планирования и принятия решений. С. Баднер выделяет 3 характеристики неопределенности: 1) новизну, когда ситуация является более новой, неизвестной, связана с недостаточным количеством информации и стимуляции; 2) сложность – ситуация является комплексной содержит много раздражителей; 3) неразрешимость, противоречивый характер ситуации [6]. Неопределенность связана с разнообразием событий в жизни человека, состояние которого может приводить к формированию различных продуктивных стратегий [8;16].

Толерантность к неопределенности (ТН) – это психологический ресурс, способствующий выбору определенных стратегий совладания, в котором человек выступает как познающая, действующая, активная личность, отвечающая за свои поступки [14;17]. Толерантные качества человека отражают готовность и способность взаимодействовать с другими (межличностное, межкультурное, межэтническое понимание, решение задач продуктивного взаимодействия) [3]. Проявление толерантности, таким образом, обеспечивает жизнеспособность человека [4].

В соответствии с подходом Е. Г. Луковицкой (1998), предлагается понимание толерантности к неопределенности как «системы отношений, рассматриваемых как установка с ее трехкомпонентной структурой, поскольку она содержит в себе и когнитивное оценивание неопределенности, и эмоциональное реагирование (угрожающее, привлекательное и т. д.), и определенное поведенческое реагирование» [16].



Исследования толерантности к неопределенности свидетельствуют о сложности операционализации конструкта «толерантность к неопределенности», его размытости [6;17;21;12]. Рассматривая неопределенность как существенную характеристику бытия человека, выделяют такие аспекты как толерантность к неуверенности при недостатке информации, толерантность к двусмысленности при сложности стимулов и их интерпретации [15], переменную принятия неопределенности и выбора, как сформированной готовности и умения принимать неопределенность [11].

С прикладной точки зрения проблематика неопределенности актуальна потому, что затрагивает вопросы психического здоровья общества, а восприятие неопределенности характеризует менталитет общества. Указывается, что для освоения неопределенности более благоприятно преобладание когнитивных компонентов, обеспечивающих гибкость мышления, открытость новому, способность структурировать информацию, представлять исходы развития ситуаций, обеспечивая контроль, как за ситуацией, так и людьми в нее вовлеченными [16]. То, каким образом люди воспринимают изменения окружающего человека разнообразия, при том, что отдельные изменения могут содержать опасность для него (и человек может обнаруживать пределы выносимости между критическими точками фактора, что представляет его экологическую толерантность), делает важным изучение стойкости (толерантности) организма переносить отклонения факторов среды от оптимальных значений для них [9]. Актуализируется также вопрос о том, как справляться с подобными явлениями [20], каков субъектно-личностный состав ресурсов человека [7].

Целью настоящего исследования был анализ результатов толерантности к неопределенности (ТН) и интолерантности к неопределенности (ИТН), как личностного ресурса адаптации у жителей высокогорной области (на примере с.Ат-Баши, Нарынская область.).

**Задачи** исследования включали сбор первичного материала для оценки толерантности к неопределенности (ТН) и интолерантности к неопределенности с помощью адаптируемого тестового инструментария и их анализ показателей у разных демографических групп.

**Объект исследования.** Обследовано 302 респондента, проживающих в высокогорной Нарынской области (Ат-Баши). По возрастной характеристике половина опрошенных в Нарынской области представлена возрастом от 36 до 60 лет (вторая средняя зрелость), что составило 48,7% (147 человек). Третья часть опрошенных респондентов представлена возрастной группой 22 – 35 лет (первая средняя зрелость) – (31,5% – 95 человек). Лица пожилого возраста (61-74 года) среди опрошенных в Нарынской области составили 14,6% (44 человека). Незначительное количество респондентов пришлось на группы «юность» (17-21 год) – 4,3% (13 человек) и «старость» (75-90 лет) – 1% (3 человека).

Профессиональный состав респондентов в Нарынской области был выражен преобладанием профессий социоэкономического профиля – 28,5%; профессии, связанные с природой, объединили – 19,5% респондентов и технических специальностей – 12,6% респондентов. Незначительно представлены профессии «человек-знак» – 1,7% и «человек-художественный образ» – 0,7%.

**Метод.** Экспресс-оценка толерантности (ТН) и интолерантности (ИТН) к неопределенности (модификация опросника С. Баднера Т.Н. Корниловой, М.А. Чумаковой, адаптируемая на кыргызский язык) [13]. Для адаптации был осуществлен перевод текста опросника с русского языка на кыргызский язык и обратно. Переводчиками выступили независимые эксперты.

Сравнительная характеристика изучаемых показателей в рассматриваемых демографических группах осуществлялась с помощью показателя непараметрической статистики Краскела-Уоллиса ( $\chi^2$ ) (пакет программ SPSS – 16).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты ТН, полученные по выборке (n=302), в целом, среднее значение и дисперсия ( $30,8 \pm 5,34$ ), соответствуют данным, приводимым авторами по российской выборке. В то же самое время значения ИТН ( $40,7 \pm 4,74$ ), в выборке респондентов из высокогорья оказываются более высокими, чем данные российской выборки [13], что должно быть принято во внимание в последующей адаптации теста.

Таблица.

**Значимые отличия ТН и ИТН респондентов из Ат-Баши в сравниваемых группах, различающихся по демографическим характеристикам**

Группы сравнения Значения критерия	Значение рангов; критерий	Краскела-Уоллиса ( $\chi^2$ ); показатель значимости (p)
<i>1-средняя зрелость (22-35 м/ 21-35 ж) и пожилой возраст (61-74 м; 56-74 ж)</i>		
1. ИТН	1средняя зрелость: ранг=129,3 n=95; Пожилой возраст: ранг=178,12 n=44	$\chi^2=10,59$ ; p=0,005
2. ТН	1средняя зрелость: ранг=132,51 n=95; Пожилой возраст: ранг=170,43 n=44	$\chi^2=6,387$ ; p=0,041
<i>2-средняя зрелость (36-60 м/ 36-55 ж) и пожилой возраст (61-74 м; 56-74 ж)</i>		
3. ИТН	2средняя зрелость: ранг=90,54 n=147; Пожилой возраст: ранг=114,24 n=44	$\chi^2=6,262$ ; p=0,012
4. ТН	2средняя зрелость: ранг=91,76 n=147 Пожилой возраст: ранг=110,18 n=44	$\chi^2=3,77$ ; p=0,052 <i>тенденция</i>
<i>Социономические и технономические специальности</i>		
5. ИТН	Социономические: ранг=58,28 n=86; Технономические: ранг=72,04 n=38	$\chi^2=3,88$ ; p=0,049 <i>тенденция</i>
<i>Биономические и технономические специальности</i>		
6. ТН	Биономические: ранг=43,86, n=59; Технономические: ранг=56,97 n=38	$\chi^2=5,044$ ; p=0,025
<i>Социономические специальности и пол</i>		
7. ИТН	женщины: ранг =47,31, n=59; мужчины: ранг=35,17, n=27	$\chi^2=4,418$ ; p=0,036

Анализ данных показывает значимые различия (Таблица, пункт 1, 3) между возрастными группами респондентов. Так имеются более высокие значения у лиц «пожилого возраста» по показателю ИТН, по сравнению с группой 1 и 2 средней зрелости. Указанное превышение значений ИТН сопоставимо с приводимыми в литературе сведениями о том, что ИТН значительно отличает тех, кто старше 31 года (и моложе 25 лет) [19;13]. Большие значения ИТН могут означать предпочтение, отдаваемое в старшей возрастной группе консервативной точке зрения, настрою на предсказуемость событий и неприятие их изменчивости. Такой ориентир помогает лицам пожилого возраста снижать противоречивость ситуации (ambiguity). С другой стороны, большие значения ИТН могут быть ответом на неопределенность (uncertainty) как стресс-фактор, который люди стремятся избегать [12]. Подчеркивается, что ИТН, как ресурс, обеспечивает предупреждение человека об опасности и ориентирует его на совершение обдуманых и осторожных действий в ходе преодоления затруднений [17]. Вместе с

тем, для респондентов «пожилого возраста» характерны более высокие показатели ТН, чем у лиц 1 средней зрелости, а более высокие значения по сравнению с лицами 2 средней зрелости представлены на уровне тенденции (пункт 2, 4). В литературе снижение значений ТН (в полученных данных это результаты в группах 1 и 2 средней зрелости), связывают с более глубоким анализом и осмыслением ситуации неопределённости. Переосмысление субъектом труда действий, связанных с риском, разрешающих возможностей человека, видоизменяют отношение к обстоятельствам и способствуют превращению их в ситуацию иного характера [19].

В соответствии с имеющимися исследованиями указывается, что респондентам с высокими значениями ТН (в полученных данных это результаты группы «пожилой возраст») свойственна более высокая самооценочность, отражающая особенности целеполагания, целедостижения, важности социальной поддержки для личности. Респондентам с высокими оценками ТН свойственна повышенная самооценка,

а сами ситуации неопределенности воспринимаются ими как стимулирующие их [16].

Нами получены данные о значимо более высоких значениях ИТН у представителей технических специальностей (водитель, инженер) по сравнению с представителями социомических видов деятельности (врач, воспитатель, педагог), что определено на уровне тенденции (Таблица, пункт 5). Показатель ТН у представителей технического профиля деятельности значимо выше по сравнению с представителями биомического вида деятельности (агроном, ветеринар – пункт 6), что можно связывать со смысловым содержанием самой ситуации неопределенности и ее особенностей, а также ее места в структуре деятельности личности [5;6]. За более высокими значениями ИТН стоит стремление к ясности, избеганию сложности [13]. В литературе также имеются указания на то, что у мужчин уровень ТН может быть выше, чем у женщин [4], что в нашем случае соответствует специальностям технического профи-

ля. Определены также более высокие значения ИТН у женщин, представителей социомических видов деятельности (врач, педагог, социальный работник), в сравнение теми же профессионалами-мужчинами (пункт 7). Согласно тому же источнику наличие высоких показателей как ТН, так и ИТН рассматривается как возможность разных способов поведения в разных ситуациях.

Данные результатов сравнения по демографическим характеристикам продемонстрировали влияние на параметры ТН, ИТН, индивидуальных особенностей, в частности, возраста, пола, ведущей деятельности. Определены большие величины ИТН у респондентов в пожилом возрасте в сравнение с периодом зрелости, у представителей технономической сферы деятельности в сравнение с социомической и биомической сферой деятельности, а также у мужчин, в сравнение с женщинами. Респонденты пожилого возраста имеют более высокие значения ТН в сравнение с респондентами периода зрелости.

#### Список литературы:

1. Агаджанян, Н. А. Эколого-физиологические и этнические особенности адаптации человека к различным условиям среды обитания: монография/ Н. А. Агаджанян, Т. Е. Батоцыренова, Ю. Н. Семенов; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 168 с.
2. Ананьев Б.Г. Человек как предмет познания (Серия «Мастера психологии»). – СПб.: Питер. 2001. 288с. ISBN5-272-00315-2
3. Аханов Б.Ф., Дайырбеков С.С., Исаева К.А., Аханова Г.Б. Толерантность: содержательные смыслы и механизмы формирования // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал), Modern Research of Social Problems, №9(53), 2015.-С. 502-510. www.sisp.nkras.ru (Дата обращения: 28.06.17)
4. Бергис Т.А. Готовность личности к переменам и толерантность к неопределенности на этапе ранней взрослости // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. – 2015. – №4 (23).- С. 38-42.
5. Бутенко Т.П. Субъективная неопределенность жизненных ситуаций: когнитивно-эмоциональные оценки и стратегии поведения" -Автореф. дис. канд. психол. наук : М. 2009. – 28 с
6. Гусев А.И. Толерантность к неопределенности как составляющая личностного потенциала // Личностный потенциал. Структура и диагностика. / Под ред. Д, А. Леонтьева.- М.- Смысл.- 2011. С. 103-114.
7. Дикая Л.Г. Личностный потенциал как вероятностная детерминация стрессоустойчивости // Психологический стресс и совладающее поведение: мат. III Межд. науч-практ. конф. Кострома, 26-28 сент. 2013: в 2т. /Отв. ред. Т.А. Крюкова, Е.В. Куфтяк, М.В. Сопоровская, С.А, Хазова – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, Т. 1. С. 175-176.
8. Дубук О.А. Исследование взаимосвязи толерантности к неопределенности, копинг-стратегий и эмоционального интеллекта // Сборник научных трудов НГТУ. –2009. –№ 4(58). – С. 103–108.
9. Ефремов С.В. с соавт. Ноксология. Учеб.пособие. –СПб. – Изд-во Политехн. ун-та. – 2012. – 250с.
10. Замалетдинова Л.Р. Экологическое окружение как фактор качества жизни. Автореф. дисс. канд социол. наук. – Казань.- 2011.-24с.
11. Корнилова Т. В. Неопределенность, выбор и интеллектуально-личностный потенциал человека // Методология и история психологии. – 2009.- Т.4 – Вып. 4.- С. 47-59.
12. Корнилова Т.В., Чумакова М.А., Корнилов С.А., Новикова М.А. Психология неопределенности: единство интеллектуально-личностного потенциала человека М.: Смысл. 2010. (Гл.2 Новый опросник толерантности – интолерантности к неопределенности С. 33-54).

13. Корнилова Т. В., Чумакова М. А. Шкалы толерантности и интолерантности к неопределенности в модификации опросника С. Баднера // Экспериментальная психология. 2014.- №1.- С. 92–110.
14. Леонтьев Д.А. Введение. Личностный потенциал как объект изучения. // Личностный потенциал. Структура и диагностика. – М. Смысл. – 2011.- С. 6-11.
15. Леонтьев Д.А. Вызов неопределенности как центральная проблема психологии личности// Психологические исследования. 2015. Т. 8, № 40. С. 2. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 23.06.2016).
16. Луковицкая Е.Г. «Социально-психологическое значение толерантности к неопределенности» -Дис. ... канд. психол. наук .- СПб., 1998. – 173 с.
17. Львова Е.Н., Митина О.В., Шлягина Е.И. Личностные предикторы совладающего поведения в ситуации неопределенности// Психологические исследования. 2015. Т. 8, № 40. С. 4. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения:10.07.2017).
18. Новая парадигма развития России в 21 веке / Под ред. В.А. Каптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова.-М.: Academia – 2000.
19. Пономарев А. В. Влияние опыта профессиональной деятельности сотрудников федеральной противопожарной службы на толерантность к неопределенности // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2015. №3. С. 83-91.
20. Стерлигова Е.А. Экологическая психология: учебное пособие. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь. 2012. 212с.
21. Чагова М.А. История и современное развитие проблемы толерантности к неопределенности в психологической науке // Scientific e-journal “РЕМ”: Psychology. Educology. Medicine. – 2014.-№1.- С. 77-87.
22. Рыбкина И.Д. Концепция качества жизни в геоэкологическом пространстве Сибири // Научно-популярное издание. – Москва-Барнаул: ИВЭП СО РАН.-2013.-102 с.
23. Трофимов А. М., Мальганова И. Г. Оценка качества жизни населения как форма изучения социально-географического пространства // Географический вестник. 2005. №1-2. С. 36-43 URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-zhizni-naseleniya-kak-forma-izucheniya-sotsialno-geograficheskogo-prostranstva> (дата обращения: 19.10.2016). Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-zhizni-naseleniya-kak-forma-izucheniya-sotsialno-geograficheskogo-prostranstva#ixzz4NWKAWsM0>
24. Шаназаров А.С., Черноок Т.Б., Глушкова М.Ю., Социально-экологические и физиологические особенности трудовой деятельности в высокогорье // Горы Кыргызстана. – Бишкек, 2001. – С. 224-245.
25. Шелехова Т.И. Проблема выбора критериев оценки качества жизни населения // География и природные ресурсы. – 2006. №1.-С.108-114.
26. Schick, A., P. R. Hobson, and P. L. Ibisch. -2017. Conservation and sustainable development in a Volatility, Uncertainty, Complexity, and Ambiguity world: the need for a systemic and ecosystem-based approach. Ecosystem Health and Sustainability 3(4):e01267. 10.1002/ehs2.1267

УДК 612.1:517.175/82-611.08

Садыкова Гульнура Сулаймановна,

к.б.н., с.н.с.

Институт горной физиологии и медицины НАН КР

Бишкек, Кыргызская Республика

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ГОРМОНОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И КАТЕХОЛАМИНОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ (3600 м)

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследований функционального состояния и физиологические механизмы взаимоотношений гормонов щитовидной железы и мозгового слоя надпочечников при длительном воздействии факторов высокогорья (3600м). Установлено, что под воздействием факторов экстремального высокогорья повышается секреция норадреналина, Т4 и дофамина, при понижении синтеза адреналина и Т3. Такие результаты свидетельствуют о максимальной экономии энергетических затрат для обеспечения компенсаторно-приспособительных и обменных процессов в ответ на воздействие хронических неблагоприятных факторов. Синергизм во взаимоотношениях симпато-адреналовой системы и тиреоидных гормонов в исследуемом регионе является адекватной реакцией на холодовый фактор.

**Ключевые слова:** долговременная адаптация, тиреоидные гормоны, катехоламины, гипоксия, холод.

### БИЙИК ТООЛУУ ШАРТТАРЫНДА (3600м) КАЛКАН БЕЗИНИН ГОРМОНДОРУНУН ЖАНА КАТЕХОЛАМИНДЕРДИН ОРТОСУНДАГЫ ФУНКЦИОНАЛДЫК АРАКЕТТЕНИШҮҮЛӨРДҮН ФИЗИОЛОГИЯЛЫК МЕХАНИЗМДЕРИ

**Аннотация.** Сунуш кылынган макалада бийик тоолуу аймактардын (3600м) факторлорунун узакка созулган таасири астында калкан безинин гормондорунун жана катехоламиндердин функционалдык абалы жана алардын өз ара аракеттенишүүлөрүнүн физиологиялык механизмдери берилген. Өтө бийик тоолуу аймактардын факторлорунун таасири астында норадреналин, Т4 жана дофаминдин синтезделиши тездесе, ал эми адреналин жана Т3 секрециясы жайлагандыгы такталган. Мындай жыйынтыктар жагымсыз факторлордун туруктуу таасирине жооп катары компенсатордук-ыңгайлануу жана алмашуу процесстери үчүн зарыл энергетикалык коромжуларды мүмкүн болушунча үнөмдөөгө багытталган организмдин иш аракети экендигин далилдейт. Изилденген аймакта байкалган симпатикалык-адреналдык системанын жана тиреоиддик гормондордун ортосундагы байкалган синергетикалык аракеттенишүүлөр кошумча төмөнкү температурага тиешелүү дал келүүчү организмдин реакциясы болуп саналат.

**Негизги сөздөр:** узак убакытка ыңгайлануу, тиреоиддик гормондор, катехоламиндер, гипоксия, суук.

### PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF FUNCTIONAL RELATIONSHIPS OF THYROID HORMONES AND CATECHOLAMINES IN HIGH ALTITUDE CONDITIONS (3600 m)

**Abstract.** This article presents the results of studies of the functional state and physiological mechanisms of the relationship between thyroid hormones and the adrenal medulla during prolonged exposure to high altitude factors (3600m). It has been established that under the influence of factors of extreme highlands, the secretion of norepinephrine, T4 and dopamine increases, with a decrease in the synthesis of adrenaline and T3. This results indicate the maximum savings in energy costs to ensure



compensatory-adaptive and metabolic processes in response to chronic adverse factors. Synergism in the relationship between the sympathetic-adrenal system and thyroid hormones in the region under study is an adequate response to the cold factor.

**Key words:** long-term adaptation, thyroid hormones, catecholamines, hypoxia, cold.

**Введение.** В комплексных экологических исследованиях адаптации человека к различным природно-климатическим факторам особое внимание уделяется регионам с экстремальными условиями обитания. Проживание человека длительное время в регионах с экстремально суровыми климатическими или социальными условиями приводит к развитию состояния хронического напряжения, которое сокращает физиологические резервные возможности организма [9]. В связи с вышеизложенным, имеет важное значение исследование функциональных взаимоотношений эндокринных комплексов в экстремальных условиях среды, так как с помощью их, организм в состоянии приспосабливаться к воздействию неблагоприятных климатических факторов. Изучение физиологических механизмов функционирования организма, позволяет выявить патологические нарушения или приспособительно-адаптивные изменения к условиям среды.

В данной статье представлены результаты исследований, проведенных в суровых экстремальных условиях высокогорья долины Аксай, которая расположена на высоте 3600 м.н.у.м., отличается суровым резкоконтинентальным климатом, низкой температурой, частыми изменениями атмосферного давления и связанное с ним парциального давления кислорода, интенсивностью солнечных излучений. Кроме того, жители высокогорного региона постоянно сталкиваются с социально-экономическими проблемами.

**Методы исследования.** Содержание кортизола, Т3, Т4, ТТГ определяли в плазме крови, у практически здоровых лиц в возрасте 18-55 лет, с применением тест-систем (г. Санкт-Петербург) методом твердофазного иммуноферментного анализа, согласно инструкциям используемых тест-систем. Содержание катехоламинов (А и НА) и их предшественника (ДА) определяли спектрофлуорометрическим методом, предложенный U.S. Euler, F. Lishaiko в модификации Э.Ш. Матлиной и Т.Б. Рахмановой. Оценка данных проводилась с помощью пакета электронных таблиц Excel. Достоверность раз-

личий рассчитывалась по величине t-критерия Стьюдента.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Полученные данные у практически здоровых жителей высокогорья, родившихся и постоянно проживающих несколько поколений в условиях высокогорья Тянь-Шаня (3600м) показывает, что уровень гормонов щитовидной железы и мозгового слоя надпочечников (ТТГ, Т3, Т4, адреналина, норадреналина, дофамина, серотонина), не выходят за пределы границ среднеширотных нормативов. Отсутствие достоверных изменений в уровне исследуемых гормонов послужило нам информативным критерием протекающих физиологически целесообразных адаптивных перестроек [8]. Для наглядной интерпретации и объяснения сложных взаимосвязей эндокринных комплексов, нами разделены высокие и низкие пределы нормальных значений исследуемых гормонов как повышение и понижение их уровня и представлены как особенности индивидуальных отличий горцев, относительно среднеширотных нормативов и данных жителей предгорья (1200м).

Согласно полученным результатам, у жителей высокогорья (3600 м) концентрация адреналина равнялась 0,21–0,67 мкг/л, что находится на нижних пределах среднеширотных нормативов, также снижена от показателей жителей предгорья. Концентрация норадреналина составляла 1,21–1,52 мкг/л (3600 м), что свидетельствует о повышенном функционировании данного нейромедиатора. Содержание другого амина дофамина также оказалось повышенным, что подтверждается данными 1,00–1,95 мкг/л. Уровень нейромедиатора, имеющего огромное значение в процессе адаптации организма к гипоксии – серотонина в крови жителей гор равно на  $0,17 \pm 0,07$  мкг/л, особенно увеличено (на 58%) по сравнению с данными жителей предгорья (табл.1). Так, при хроническом воздействии факторов среды отмечается выраженная тенденция к повышению уровня норадреналина и значительное снижение уровня адреналина, также наблюдается относительное повышенное содержание дофамина и серотонина.

Таблица 1.

## Содержание катехоламинов в плазме крови у жителей высокогорья (3600 м)

Исследуемые параметры	Адреналин, мкг/л		Норадреналин, мкг/л		Дофамин, мкг/л		Серотонин, мкмоль/мл	
Диапазон значений	0,35 – 0,47		1,1-1,52		1,02 – 1,93		0,08 – 0,26	
Среднее значение, $M \pm m$	0,40±0,01		1,35±0,03		1,17±0,06		0,17±0,01	
	из них		из них		из них		из них	
	мужч.	женщ.	мужч.	женщ.	мужч.	женщ.	мужч.	женщ.
	0,4±0,01	0,41±0,01	1,4±0,05	0,31±0,03	1,28±0,11	1,08±0,01	0,16±0,02	0,17±0,02
Вероятность ошибки, $p$	>0,001		>0,001		>0,01		<0,001	
% (1200 м)	70,11		127,75		125,75		157,98	

Суть изменений, проявляющиеся в организме человека при длительном проживании в высокогорье сводится к максимальной экономии энергетических затрат, для обеспечения компенсаторно-приспособительных и обменных процессов в ответ на влияние неблагоприятных факторов среды. Можно предположить, что преобладание синтеза норадреналина над адреналином создает предпосылки для устойчивой и длительной работы организма в условиях гор с меньшими энергетическими затратами. Также следует обратить внимание на рацион питания горцев, который отличается повышенным потреблением углеводов и особенно животных жиров, что также способствует уси-

лению синтеза норадреналина и в последующем повышению активности симпатического отдела САС. Вероятно, высокая потребность в норадреналине восполняется достаточной выработкой его предшественника – дофамина, о чем свидетельствует его сравнительно высокий уровень.

Исследование функционального состояния гипофизарно-тиреоидного комплекса показало, что содержание Т4 колеблется в пределах 78,6 – 165,4 нмоль/л (в среднем 117,25±5,61 нмоль/л), находится на средних и верхних пределах ОПЗ, при этом значительно, на 41,19% превышают данные жителей предгорной равнины (1200м).

Таблица 2.

## Функциональное состояние гипофизарно-тиреоидной системы в условиях высокогорья (3600 м)

Исследуемые параметры	Т3, нмоль/л		Т4, нмоль/л		ТТГ, мМЕ/л	
Диапазон значений	1,25 – 3,52		78,6 – 165,4		2,11 – 2,94	
Среднее значение, $M \pm m$	1,91±0,13		117,25±5,61		2,57±0,07	
	из них		из них		из них	
	мужч.	женщ.	мужч.	женщ.	мужч.	женщ.
	2,03±0,23	1,81±0,14	103,76±4,31	129,24±8,14	2,71±0,07	2,45±0,1
Вероятность ошибки, $p$	<0,5		>0,001		>0,001	
%(1100 м)	96,30		141,19		143,15	

Содержание тиреотропного гормона аденогипофиза варьировало 2,1 – 2,9 мМЕ/л, что существенно отличается от данных жителей предгорья (табл. 2). Согласно полученным результатам, содержание ТТГ и тироксина обнаружены в средних и верхних границах среднеширотных нормативных переделов, при пониженной секреции трийодтиронина.

Известно, что  $T_3$  и  $T_4$  обладают одинаковым действием, но активность  $T_3$  почти в пять раз выше, чем  $T_4$ . В щитовидной железе образуется только 20% циркулирующего  $T_3$ , остальное же его количество образуется в периферических тканях при дейодировании  $T_4$ . Длительное воздействие высокогорной гипоксии способствуют контрастным изменениям в гормональном уровне щитовидной железы. Если увеличение  $T_3$  и  $T_4$  в высокогорье сопровождается увеличением концентрации норадреналина в плазме крови, при этом содержание ТТГ находится в средних значениях ОПН, то это еще раз подтверждает рост активности симпатической нервной системы [10]. При этом замедление образования  $T_3$ , возможно, направлено на сохранение энергетического баланса организма в условиях хронического стресса, что было обнаружено при долговременной адаптации к стрессу [5] и влиянии холода [5]. Так, у мужчин-альпинистов во время экспедиции в высокогорье (mt Mac-Kinli 6190 м. н.у.м.) развивается связанное со стрессом «низкое состояние  $T_3$ », вызванное нарушением периферического превращения  $T_4$  в  $T_3$  [2].

Кроме гипоксии, сезонная и суточная средняя температуры исследуемого района часто и резко меняется, с постоянным присутствием холодного фактора, что влияет на компенсаторно-приспособительные возможности высокогорных жителей. Согласно основам физиологии, гормоны щитовидной железы имеют большое значение при длительном воздействии холодного фактора [3], они являются основными модуляторами энергетического обмена и выработки тепла [4, 3]. Адаптивное повышение функциональной активности щитовидной железы при периодическом охлаждении способствует к переходу на новый уровень обменных процессов [6], необходимой для поддержания нормальной температуры тела.

Установлено, что в условиях недостаточности кислорода продукция энергии мышечным сокращением существенно зависит от тирео-

идной активности организма, при повышенной функциональной активности щитовидной железы снижается выработка тепла мышечным сокращением, при недостаточности тиреоидных гормонов повышается [13].

При воздействии холода в изменениях обменных реакций непременно участвуют тиреоидные гормоны, при недостаточности щитовидной железы нарушается формирование приспособительных реакций и сохранение «системных структурных» следов адаптации к холоду [12, 9]. Поэтому при воздействии низких температур, из-за усиления периферического дейодирования тироксина и образования трийодтиронина устанавливается необходимый уровень тиреоидных гормонов [11]. Более высокие уровни гормонов щитовидной железы отражают повышение основного обмена и физиологической реакции на низкую температуру среды и большие высоты [1].

При воздействии низкой температуры среды, наряду с гипоксией, прослеживается синергизм во взаимоотношениях симпато-адреналовой системы и тиреоидных гормонов, когда необходимо усиление теплопродукции и снижение теплопотерь. Катехоламины, мобилизуют энергосубстраты из депо жиров и углеводов, повышается теплообразование, и суживаются сосуды поверхности тела. Тиреоидные гормоны, активируя в течение длительного времени обменные процессы, увеличивают теплопродукцию. Поэтому увеличение секреции норадреналина и тироксина у жителей при суровых условиях д. Аксай (3600м) является адекватной реакцией на дополнительное холодное воздействие в течение продолжительного времени, помимо гипоксии. Норадреналин непосредственно усиливает выработку тепла при адаптации к холоду, в результате чего активируется несократительный термогенез и увеличивается тепловой эффект мышечного сокращения. Конечный адаптивный эффект гипофизарно-тиреоидной системы заключается в стабилизации движения крови по сосудам, газообмена и иммунного статуса, устойчивым уровнем активности и взаимодействия всех функциональных систем организма. Помимо выраженных метаболических процессов тиреоидные гормоны активируют синтез белков, нуклеиновых кислот и липидов. С этими эффектами тиреоидных гормонов и связано формирование долговременной адаптации [9].

**Заклучение.** Таким образом, проведенные исследования подчеркивают неоднотипность приспособительно-компенсаторных реакций эндокринных комплексов в условиях хронической гипоксии. Высокогорные жители отличаются своеобразным гормональным профилем, что определяется особенностями функционирования эндокринных желез и механизмами

их взаимоотношений. Полученные данные расширяют и углубляют представления о физиологических механизмах формирования приспособительных реакций организма человека и могут применяться в дальнейшем для уточнения региональных нормативов в высокогорных регионах, как показатели здоровья.

### Список литературы:

1. Environmental influences on hypothalamic–pituitary–thyroid function and behavior in Antarctica [Text] // International Journal of Circumpolar Health. / A. Lawrence Palinkasa, R. Kathleen Reedyb, Marc Shepanekc et al. – 66:5. – 2007. – P. 401-417.
2. Hackney A.C. Effects of high altitude and cold exposure on resting thyroid hormone concentrations [Text] // Aviat Space Environ Med. / A.C. Hackney, S. Feith, R. Pozos, J. Seale – 1995. – 66. – p. 325–329
3. Lauberg, P. Cold adaptation and thyroid hormone metabolism [Text] // Horm. Metab. Res. / P. Lauberg, S. Andersen, S. Karmisholt. – 2005. – Vol. 37 (9). – P. 545-549.
4. Reed, H. Circannual changes in thyroid hormone physiology: The role of cold environmental temperatures [Text] // Arct. Med. Res. / H. Reed. – 1995. - V.54.- Supp 1.2. – P.9-15.
5. Забродин, Н.А. Гормональный статус организма при профессиональном «стрессе ожидания» [Текст] // Проблемы экспертизы в медицине / Н.А. Забродин. – 2005. – №19-3. – С.51-53.
6. Козырева, Т.В. Центральные и периферические терморепцепторы. Сравнительный анализ влияния длительной адаптации организма к холоду и норадреналину [Текст] / Т.В. Козырева // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2005. – Т.91. – №12. – С. 1492-1503.
7. Козырева, Т.В. Функциональные изменения при адаптации организма к холоду [Текст] // Успехи физиологических наук / Т. В. Козырева, Е.Я. Ткаченко, Т. Г. Симонова. – 2003. – Т. 34. – № 2. – С. 76-84.
8. Максимов, А.Л. Инварианты нормы гормонального статуса человека на Севере-Востоке России. Научно-практические рекомендации [Текст]/ Максимов А.Л., Бартош Т.П. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1995. – 29 с.
9. Садыкова Г.С. Физиологическая характеристика гормонального профиля и биоэлектрическая активность мозга у постоянных жителей высокогорья/ Дисс... к. б. н. – Международный Университет Кыргызстана. – Бишкек, 2017. – 151с.
10. Джунусова Г.С., Садыкова Г.С., Закиров Д.З. Влияние уровня нейромедиаторов на нейрофизиологический и психофизиологический статус жителей высокогорья / Наука и новые технологии. – 2009. № 5. – С.47-51.
11. Селятицкая, В.Г. Морфофункциональные изменения щитовидной железы у лабораторных животных при действии холода [Текст]// Проблемы эндокринологии / В.Г. Селятицкая, С.В. Одинцов, Л.А. Обухова. – 1998. – Том 44. – № 4. – С. 40-42.
12. Соболев, В.И. Физиологические механизмы адаптогенного действия тиреоидных гормонов [Текст] // Мат. Всероссийской науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 150-летию со дня рождения академика И.П. Павлова /В.И. Соболев, Г.И. Чирва. – СПб., 1999. – С. 289.
13. Сыдыков, Б. К. Участие тиреоидных гормонов в мышечном термогенезе при адаптации к гипоксии [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: /Б. К. Сыдыков – Фрунзе, 1984. –31с.
14. Щеголева, Л.С. Резервные возможности иммунного гомеостаза у человека на Севере [Текст]: автореф. дис. ... докт. биол. наук: /Л.С. Щеголева – Архангельск, 2005. – 37 с.
15. Щитовидная железа и симпат-адреналовая система [Текст] //Энциклопедия научной библиотеки. – 2004.
16. Яковенкова, Л.А. Морфофункциональное состояние и свободнорадикальный гомеостаз щитовидной железы и надпочечников половозрелых и неполовозрелых самцов крыс при адаптации к периодическому охлаждению [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.13 /Л.А. Яковенкова. – Астрахань, 2009. – 21с.

УДК 612.017.2; 615.324

**Кароматов Иномжон Джураевич,**

*ассистент кафедры народной медицины и профессиональных заболеваний Бухарского государственного медицинского института, г. Бухара, Республика Узбекистан*

### **ФИТОТЕРАПИЯ И АДАПТАЦИЯ К ВЫСОКОГОРЬЮ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

**Аннотация.** Пища не только восполняет трофические и энергетические потери организма, но является информационным субстратом, способствующей адаптации. Для адаптации организма к условиям высокогорья полезны адаптогены и другие пищевые и лекарственные растения, корректирующие донозологические и преморбидные изменения. Фитотерапия обладает большим арсеналом средств, способствующих успешной адаптации к условиям высокогорья. Перспективны исследования влияния алиментарного фактора, приема лекарственных растений в процессе адаптации, в том числе к условиям высокогорья.

**Ключевые слова:** адаптация к высокогорью, адаптация и алиментарный фактор, фитотерапия, адаптогены

### **ФИТОТЕРАПИЯ ЖАНА БИЙИК ТООЛОРГО АДАПТАЦИЯ (АДАБИЯТТАРГА ОБЗОР)**

**Аннотация.** Тамак-аш организмдин трофикалык жана энергиялык жоготууларын гана толтурбастан, адаптацияга көмөктөшүүчү маалыматтык субстрат болуп саналат. Адаптогендер жана преносологиялык жана преморбиддик өзгөрүүлөрдү коррекциялоочу башка тамак-аш жана дары-дармек өсүмдүктөрү организмди бийик тоолуу шарттарга ылайыкташтыруу үчүн пайдалуу. Фитотерапия бийик тоолуу шарттарга ийгиликтүү көнүүгө өбөлгө түзгөн куралдардын чоң арсеналына ээ. Алиментардык фактордун таасири, дары-дармек өсүмдүктөрүнүн ыңгайлашуу процесинде, анын ичинде бийик тоолордун шартында кабыл алынышы боюнча келечектүү изилдөөлөр.

**Негизги сөздөр:** бийик тоолорго адаптация, адаптация жана тамактануу фактору, фитотерапия, адаптогендер.

### **PHYTOTHERAPY AND ADAPTATION TO THE HIGHLANDS (LITERATURE REVIEW)**

**Abstract.** Food not only replenishes trophic and energy losses of the body, but is an information substrate that contributes to adaptation. Adaptogens and other food and medicinal plants are useful for adapting the body to the conditions of the highlands, correcting pre-physiological and premorbid changes. Phytotherapy has a large arsenal of agents that contribute to successful adaptation to the conditions of the highlands. Studies of the influence of the alimental factor, the administration of medicinal plants in the process of adaptation, including to the conditions of the highlands, are promising.

**Keywords:** adaptation to highlands, adaptation and alimental factor, herbal medicine, adaptogens

Несмотря на достигнутые успехи в области адаптации человека к высокогорью, вопросы разработки методов повышения резистентности организма и профилактика дизадаптационных сдвигов в горах остается актуальной проблемой [17; 18; 20; 2;19].

Природа наградила множеством механизмов и путями, обеспечивающими адаптацию к неблагоприятным условиям внешней среды. Наименее изученными являются механизмы адаптации посредством алиментарных факторов. Растения, включенные в пищевые цепи



человека и животных, очевидно, не только восполняют пищевые и энергетические потребности, но и являются факторами, способствующими адаптации организма к среде обитания. В процессе адаптации, разные виды растения вырабатывают ряд химических веществ, накапливают различные микроэлементы, которые являются веществами адаптации [6; 7; 8]. К среде обитания, следуя пищевым цепочкам адаптируются в начале растения данной местности, затем, животные, для которых они являются пищей, затем и люди. Поедая растения, которые уже адаптировались к данной местности, люди получают и вещества адаптации, которые помогают адаптироваться уже на клеточном уровне. В процессы эволюции возникли растения, которые больше других помогают адаптироваться к неблагоприятным условиям внешней среды, которые названы адаптогенами [7].

Адаптогены обладают следующими свойствами: стресспротекторное действие; включение генетически обусловленной адаптационной системы без вредных последствий; увеличение работоспособности; иммунокорректирующее действие; антиоксидантные свойства; стимуляция регенераторных процессов.

Исследователями получено большое количество данных о том, что препараты из растений – женьшень, элеутерококк, левзея, аралия, заманиха, родиола розовая, таволга зверобоелистная, лимонник китайский и другие повышают резистентность организма к повреждающим воздействиям [36; 6; 9; 12; 16; 13; 4].

Антигипоксическими, помогающими адаптации к условиям высокогорья свойствами обладают листья крапивы [14], лапчатки [37; 38; 27], облепихи – [47; 42] и многие другие растения [6; 7; 8], которые уже адаптировались к этим условиям. Экстракты листьев облепихи и портулака предупреждают развитие высотной болезни, путем ингибирования процесса перехода плазмы крови из сосудов легких в паренхиму [41; 46; 11].

При адаптации к условиям высокогорья могут помочь и растения, накапливающие в своем составе нитраты – листовые овощи (шпинат, латук и др.), корнеплоды (свекла, редька и др.), овощи (огурцы, помидоры и др.), бахчевые культуры (арбузы, дыни) [3; 45; 15; 28]. Вводи-

мые в составе пищевых продуктов нитраты, в допустимых дозах снижают уровень потребления кислорода при выполнении физических упражнений, связывают цитохром С-оксидазу, являющуюся акцептором электронов в транспортной цепи митохондрий и является при этом конкурентом кислорода, способствует связыванию кислорода с субстанциями, не связанными с дыханием [3].

Пища содержащая нитраты в незначительных количествах снижает соотношение АТФ/скорость редуции в креатинфосфат (PCr), характеризующее эффективность процессов фосфорилирования при физических нагрузках [3; 21], улучшает поступление Ca в мышцу и кровообращение во время ишемии [33].

Исследование на спортсменах добровольцах показало, что потребление богатого нитратом свекольного сока, перед физической нагрузкой на высоте 3500 м не уменьшает потребность в кислороде, но может уменьшить молочнокислое накопление в крови [25; 10; 43; 44; 22], помогает к адаптации к условиям высокогорной гипоксии посредством ингибирования синтеза деоксигенированного гемоглобина [29; 34; 30; 35; 32]. Систематический обзор литературы показал, что прием сока свеклы может улучшить кардиореспираторную выносливость у спортсменов, увеличив эффективность при физических нагрузках и на анаэробной пороговой интенсивности и максимальное кислородное поглощение ( $VO_{2max}$ ) [31; 26; 40; 24].

Нитраты присутствующие в листьях шпината усиливают активность митохондриальных ферментов, ускоряют процесс переаминирования аминокислот, снижают уровень потребления кислорода при выполнении физических упражнений [39; 3; 23; 5].

#### **Выводы:**

1. Пища не только восполняет трофические и энергетические потери организма, но является информационным субстратом, способствующей адаптации.

2. Для адаптации организма к условиям высокогорья полезны адаптогены и другие пищевые и лекарственные растения, корригирующие донозологические и преморбидные изменения.

3. Перспективны исследования по изучению влияния алиментарного фактора, приема лекарственных растений в процессе адаптации, в том числе к условиям высокогорья.

**Список литературы:**

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье М.: Издательство РУДН, 2006. – С.283.
2. Арабова З.У. Вегетативный статус при высокогорной гипоксии Mauritius LAP LAMBERT Academic Publishing.RU 2022, 133 с.
3. Багрянцева О.В., Хотимченко С.А., Шатров Г.Н., Селифанов А.В. Метаболические эффекты, оказываемые нитратами и нитритами, поступающими в организм в составе пищевых продуктов // Вопросы питания 2015, 84, S3, 11.
4. Баймурадов Р.С., Чориева Ф.И. Применение адаптогенов и свеклы в спортивной медицине //Биология и интегративная медицина 2019, 2 (30), 228-244.
5. Давлатова М.С., Кароматов И.Д. Научные исследования лекарственных свойств шпината //Биология и интегративная медицина 2017, 10(16), 125.
6. Кароматов И.Д. Простые лекарственные средства Бухара 2012. 912 с.
7. Кароматов И.Д. Фитотерапия – руководство для врачей 1 том. Бухара 2018, 860 с.
8. Кароматов И.Д. Фитотерапия – руководство для врачей 2 том. 1024 с.
9. Кароматов И.Д., Абдувохидов А.Т. Левзея сафроловидная, большеголовник, маралий корень – растенные адаптоген //Биология и интегративная медицина 2017, 2(8), 180-186.
10. Кароматов И.Д., Абдувохидов А.Т. Свекла – профилактическое и лечебное значение (обзор литературы) //Биология и интегративная медицина 2019, 2 (30), 97-124.
11. Кароматов И.Д., Букаев М.К. Облепиха как адаптогенное, повышающее физическую силу лекарственное растение //Биология и интегративная медицина 2018, 6(23), 37-48.
12. Кароматов И.Д., Набиева З.Т. Адаптоген – элеутерококк, свободогадник колючий (обзор литературы) //Биология и интегративная медицина 2017, 11(17), 147-160.
13. Кароматов И.Д., Юсупова Г.С. Растение адаптоген – родиола //Биология и интегративная медицина 2018, 6(23),209.
14. Корнопольцева Т.В., Чехирова Г.В., Абидуева Л.Р., Чукаев С.А. Стандартизация сухого экстракта из листьев Крапивы двудомной и его эффективность в профилактике гипоксических состояний – //Бутлеровские сообщения 2008, 13, 3, 62-64.
15. Наймушина Л.В., Зыкова И.Д., Саторник А.Д. Перспективность репы (Brassica Rapa L.) в качестве источника ценных биологически активных веществ – //Вестник Красноярского Государственного Аграрного Университета 2016, 4 (115), 120-125.
16. Ражабова Д.М., Кароматов И.Д., Асадова Ш.И. Новое средство с адаптогенными свойствами – та-волга зверобоелистая, лабазник //Биология и интегративная медицина 2018, 1(18), 263-276.
17. Шукуров Ф.А. Прогнозирование оптимального срока пребывания человека в условиях высокогорья // Физиология человека. – 2018.- №2(1). – С.60-64.
18. Шукуров Ф.А., Арабова З.У. Вегетативный статус в оценке адаптационных возможностей человека к высокогорной гипоксии //Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. 2018. Т. 8. № 1 (25). С. 118-123.
19. Шукуров Ф.А., Халимова Ф.Т. Донозологические состояния организма //Биология и интегративная медицина 2019, 9(37), 68-80.
20. Шукуров Ф.А., Халимова Ф.Т., Арабова З.У. Показатели гомеостаза при краткосрочной адаптации человека к условиям высокогорья и реадaptации //Биология и интегративная медицина 2020, 6(46), 5-22.
21. Arnold J.T., Oliver S.J., Lewis-Jones T.M., Wylie L.J., Macdonald J.H. Beetroot juice does not enhance altitude running performance in well-trained athletes – //Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2015, Jun., 40(6), 590-595. doi: 10.1139/apnm-2014-0470/
22. Baizo Ddos S., Conte-Junior C.A., Paschoalin V.M., Alvares T.S. Beetroot juice increase nitric oxide metabolites in both men and women regardless of body mass – //Int. J. Food Sci. Nutr. 2016, 67(1), 40-46. doi: 10.3109/09637486.2015.1121469.
23. Bohlooli S., Barmaki S., Khoshkharesh F., Nakhostin-Roohi B. The effect of spinach supplementation on exercise-induced oxidative stress – //J. Sports Med. Phys. Fitness. 2015, Jun., 55(6), 609-614.
24. Boorsma R.K., Whitfield J., Spriet L.L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners – //Med. Sci. Sports Exerc. 2014, Dec., 46(12), 2326-2334. Doi: 10.1249/MSS.0000000000000364.
25. Carriker C.R., Mermier C.M., Van Dusseldorp T.A., Johnson K.E., Beltz N.M., Vaughan R.A., McCormick J.J., Cole N.H., Witt C.C., Gibson A.L. Effect of Acute Dietary Nitrate Consumption on Oxygen Consumption During Submaximal Exercise in Hypobaric Hypoxia – //Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. 2016, Aug., 26(4), 315-322. doi: 10.1123/ijsnem.2015-0144.

26. Casey D.P., Treichler D.P., Ganger C.T. et al. Acute dietary nitrate supplementation enhances compensatory vasodilation during hypoxic exercise in older adults – //J. Appl. Physiol.(1985). 2015, Jan 15, 118(2), 178-186. doi: 10.1152/jappphysiol.00662.2014.
27. Chi Z., Ling Z., Pei D., Guangce L., Yi Z., Lingzhi, L. Study on the activity of anti-hypoxia in every fraction with different polarity of *Potentilla anserina* L [J.] – //Tianjin Pharmacy, 2008, 4, 002.
28. Chu B., Chen C., Li J., Chen X., Li Y., Tang W., Jin L., Zhang Y. Effects of Tibetan turnip (*Brassica rapa* L.) on promoting hypoxia-tolerance in healthy humans – //J. Ethnopharmacol. 2017, Jan 4, 195, 246-254.
29. Cumpstey A.F., Hennis P.J., Gilbert-Kawai E.T., Fernandez B.O., et al. Effects of dietary nitrate on respiratory physiology at high altitude – Results from the Xtreme Alps study – //Nitric. Oxide. 2017, Dec 1, 71, 57-68. doi: 10.1016/j.niox.2017.10.005.
30. Dominguez R., Garnacho-Castaco M.V., Cuenca E. et al. Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test – //Nutrients. 2017, Dec 15, 9(12). pii: E1360. doi: 10.3390/nu9121360.
31. Dominguez R., Cuenca E., Mate-Mucoz J.L. et al. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review – //Nutrients. 2017, Jan 6, 9(1). pii: E43. doi: 10.3390/nu9010043.
32. Flueck J.L., Bogdanova A., Mettler S., Perret C. Is beetroot juice more effective than sodium nitrate? The effects of equimolar nitrate dosages of nitrate-rich beetroot juice and sodium nitrate on oxygen consumption during exercise – //Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2016, Apr., 41(4), 421-429. doi: 10.1139/apnm-2015-0458.
33. Hoon M.W., Fornusek C., Chapman P.G., Johnson N.A. The effect of nitrate supplementation on muscle contraction in healthy adults – //Eur. J. Sport. Sci. 2015, 15(8), 712-719. doi: 10.1080/17461391.2015.1053418.
34. Horiuchi M., Endo J., Dobashi S., Handa Y., Kiuchi M., Koyama K. Muscle oxygenation profiles between active and inactive muscles with nitrate supplementation under hypoxic exercise – //Physiol. Rep. 2017, Nov., 5(20). pii: e13475. doi: 10.14814/phy2.13475.
35. Jonvik K.L., van Dijk J.W., Senden J.M.G., van Loon L.J.C., Verdijk L.B. The Effect of Beetroot Juice Supplementation on Dynamic Apnea and Intermittent Sprint Performance in Elite Female Water Polo Players – //Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. 2018, Sep 1, 28(5), 468-473. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0293.
36. Lee N.H., Son C.G. Systematic review of randomized controlled trials evaluating the efficacy and safety of ginseng – //J. Acupunct. Meridian Stud. 2011, Jun., 4(2), 85-97.
37. Li L.Z., Zhang L., Gong H.Y., Li J.Y., Chen Y., Zhang L., Zhao C. Anti-hypoxia and anti-oxidation effect of *Potentilla anserina* L. petroleum fraction and its mechanism – //Chinese pharmaceutical journal-beijing 2006, 41(19), 1462.
38. Li L.Z., Zhang L., Gong H.Y., Zhao C., Zhang L., Zhu Y., Li, J.Y. Study on anti-hypoxia and anti-oxidation effects of *Potentilla anserina* L. alcohol extract [J.] – //Chinese Journal of Food Hygiene, 2005, 4, 005.
39. Liu A.H., Bondonno C.P., Croft K.D., Puddey I.B., Woodman R.J., Rich L., Ward N.C., Vita J.A., Hodgson J.M. Effects of a nitrate-rich meal on arterial stiffness and blood pressure in healthy volunteers – //Nitric. Oxide. 2013, Nov 30, 35, 123-130.
40. MacLeod K.E., Nugent S.F., Barr S.I., Koehle M.S., Sporer B.C., MacInnis M.J. Acute Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Cycling Performance in Normoxia or Moderate Hypoxia – //Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab. 2015, Aug., 25(4), 359-366. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0129.
41. Purushothaman J., Suryakumar G., Shukla D., Malhotra A.S., Kasiganesan H., Kumar R., Chand S.R., Chami A. Modulatory effects of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in hypobaric hypoxia induced cerebral vascular injury – //Brain Res. Bull. 2008, Nov 25, 77(5), 246-252.
42. Saggi S., Kumar R. Possible mechanism of adaptogenic activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) during exposure to cold, hypoxia and restraint (C-H-R) stress induced hypothermia and post stress recovery in rats – //Food Chem. Toxicol. 2007, Dec., 45(12), 2426-2433.
43. Wylie L.J., Kelly J., Bailey S.J., Blackwell J.R., Skiba P.F., Winyard P.G., Jeukendrup A.E., Vanhatalo A., Jones A.M. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships – //J. Appl. Physiol. (1985). 2013, Aug 1, 115(3), 325-336. doi: 10.1152/jappphysiol.00372.2013.
44. Wylie L.J., Mohr M., Krusturup P., Jackman S.R., Ermidis G., Kelly J., Black M.I., Bailey S.J., Vanhatalo A., Jones A.M. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance – //Eur. J. Appl. Physiol. 2013, Jul., 113(7), 1673-1684. doi: 10.1007/s00421-013-2589-8.
45. Xie Y., Jiang S., Su D., Pi N, Ma C, Gao P. Composition analysis and anti-hypoxia activity of polysaccharide from *Brassica rapa* L. – //Int. J. Biol. Macromol. 2010, Nov 1, 47(4), 528-533.
46. Yue T., Xiaosa W., Ruirui Q., Wencai S., Hailiang X., Min L. The Effects of *Portulaca oleracea* on Hypoxia-Induced Pulmonary Edema in Mice – //High. Alt. Med. Biol. 2015, Mar., 16(1), 43-51.
47. Zhou J.Y., Zhou S.W., Du X.H., Zeng S.Y. Protective effect of total flavonoids of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) in simulated high-altitude polycythemia in rats – //Molecules. 2012, Sep 28, 17(10), 11585-11597.

УДК 612.66

**Абдыганыев Нурудин Абдыганиевич,***к.м.н., доцент,***Белов Георгий Васильевич,***д.м.н., профессор,***Назирова Абжимамат,****Орозматов тутан Тынчылыкович,****Ажибаев Давид Абдыбекович,****Галаутдинов Ринат Фанурович,****Акаев Кылычбек Таштемирович***Ошский государственный Университет, Бишкек, Кыргызская Республика*

### **ДИНАМИКА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАРШЕКЛАССНИКОВ ВЫСОКОГОРЬЯ**

**Аннотация.** Работа имела целью изучить функциональное развитие школьников начальных, средних и выпускных классов, проживающих в условиях высокогорных сел Тянь-Шаня-Памира. Применены антропометрические методы, спортивные и медицинские функциональные тесты. Выявлены взаимосвязанные с соматометрическими показателями особенности функции внешнего дыхания, анаэробного резерва, тестов на выносливость и работоспособность, а также спортивных результатов. Определялись скоростные и силовые показатели такие как скорость бега на 100 м, кросс на 1000 м, длина прыжка с места, число отжиманий и подтягиваний на перекладине. Показано, что темпы роста массы и длины тела в средний школьный период в условиях высокогорья отстают от таковых у сверстников низкогогорья и долины. Однако у старшеклассников они достигают возрастной нормы, реакция на дополнительные физические и гипоксические нагрузки у них преимущественно нормотоническая. Эти особенности надо учитывать при переезде юношей в низкоегорье на военную службы или учебу.

**Ключевые слова:** высокогорье, мальчики, возрастное развитие, функциональные тесты, соматометрия.

### **БИЙИК ТООЛОРДОГУ ЖОГОРКУ МЕКТЕПТЕРДИН ОКУУЧУЛАРЫНЫН МОРФОФУНКЦИОНАЛДЫК МҮНӨЗДӨРҮ**

**Аннотация.** Тянь-Шань-Памирдин бийик тоолуу айылдарынын шартында жашаган башталгыч, орто жана жогорку класстын окуучуларынын функционалдык өнүгүүсүн изилдөөгө багытталган. Антропометрикалык ыкмалар, спорттук жана медициналык функционалдык тесттер колдонулган. Сырткы дем алуу функциясынын өзгөчөлүктөрү, анаэробдук резерв, чыдамкайлыкка жана эмгекке жөндөмдүүлүккө тесттер, ошондой эле соматометриялык көрсөткүчтөр менен өз ара байланышта болгон спорттук жыйынтыктар аныкталды. 100 мге чуркоо ылдамдыгы, 1000 м аралыкка кросс, бир жерден секирүүнүн узундугу, тирөөчтөгү түртүү жана тартылуу саны сыяктуу ылдамдык жана күч көрсөткүчтөрү аныкталган. Бийик тоолордо орто мектеп мезгилинде дене салмагынын жана узундуктун өсүү темптери жапыз тоолордогу жана өрөөндөрдөгү курдаштарынан артта экени көрсөтүлгөн. Бирок, жогорку класстын окуучуларында алар жаш нормасына жетип, алардын кошумча физикалык жана гипоксиялык жүктөргө реакциясы негизинен нормотоникалык. Жаш жигиттер аскер кызматына же окууга көчүп келгенде бул өзгөчөлүктөр эске алынууга тийиш.

**Негизги сөздөр:** бийик тоолуу, эркек балдар, курактык өнүгүү, функционалдык тесттер, соматометрия.



## DYNAMIC OF MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SCHOOLCHILDREN IN HIGH MOUNTAINS

**Summary:** The work was aimed at studying the functional development of primary, secondary and senior schoolchildren living in the conditions of the high mountain villages of the Tien Shan-Pamirs. Anthropometric methods, sports and medical functional tests were applied. The features of external respiration function, anaerobic reserve, tests for endurance and working capacity, as well as sports results, interconnected with somatometric indicators, were revealed. Speed and strength indicators were determined, such as running speed for 100 m, cross for 1000 m, the length of the jump from a place, the number of push-ups and pull-ups on the crossbar. It is shown that the growth rates of body weight and length in the middle school period in high mountains lag behind those of their peers in low mountains and valleys. However, in high school students they reach the age norm, their reaction to additional physical and hypoxic loads is predominantly normotonic. These features must be taken into account when young men move to the lowlands for military service or study.

**Key words:** highlands, boys, age development, functional tests, somatometry.

Бурный рост народонаселения требует освоения все новых территорий. В этот процесс вовлечены и полярный зоны России, Норвегии, Гренландии, Канады, Аляски, и засушливые пустыни Африки, Азии и высокогорье Тянь-Шаня-Памира, Тибета, Гималаев и Анд [1]. Конечно, при этом каждая климатогеографическая ниша характеризуется своими биомедицинскими и культурно-социальными особенностями, что сказывается на анатомо-физиологических характеристиках жителей, и прежде всего в детском и подростковом возрасте. Как показано в ряде русскоязычных публикаций ученых Кыргызстана, Таджикистана и Кавказа, физическое развитие детей и подростков в условиях горного климата имеет свои отличительные особенности [2], [3], [4]. Одно из первостепенных значений имеет высота проживания населения, но также важны другие погодные факторы [5]. Кроме того генетические и медико-социальные аспекты киргизы – это скотоводческий народ, они в течение тысячелетий приспособились жить в высоких горах в отличие от соседей – земледельцев, что позволило им сохранять самобытность и не ассимилироваться в другие народности, например в китайцев, численность которых в многие десятки раз превышает такую у киргизов. Адаптация киргизов к условиям высокогорья обеспечивает обороноспособность страны и её экономическое развитие [5].

Многолетними многоцентровыми данными англоязычных исследователей показано, что дети высокогорья Тибета и Анд отстают в росте от сверстников равнинных территорий, но рост «сидя» у них относительно больше за счет размеров грудной клетки, более развитой, что компенсирует повышенную нагрузку на легкие

в условиях высокогорной гипоксии [12, 13, 15, 16]. При этом отставания в интеллектуальном развитии и в поведении подростков не выявлено [14]. Также не отмечено влияния пола на направленность и выраженность сдвигов антропометрических характеристик у жителей высокогорья [11]. Однако, в функциональном плане в современных социально-экономических условиях школьники высокогорья обследованы недостаточно, чтобы можно было предложить какие-то корректирующие вмешательства, кроме научно обоснованных повышенных норм питания для военнослужащих и рабочих горнорудной промышленности в условиях высокогорья [11]. Поэтому, безусловно требуется дальнейшие развернутые исследования в отношении детей и подростков, проживающих в условиях высокогорной гипоксии.

### Цель исследования

Работа имела целью изучить физическое развитие мальчиков – школьников начальных, средних и выпускных классов, проживающих в условиях высокогорных сел Тянь-Шаня-Памира.

### Дизайн исследования:

Проведено рандомизированное сравнительное добровольное анатомо-физиологическое исследование. Субъектом исследования явились 850 практически здоровых мальчиков в возрасте 7-17 лет, проживающих на высоте более 3000 м над уровнем моря в селах Сары-Таш, Кызыл-Суу, Кашка-Суу, Кара-Кабак Алайского и Дорлот-Курган Чон-Алайского района Ошской области. Экспедиции осуществлены в предкалькулярное время 2018-2019 и 2022 годов. Применены антропометрические методы (50 ростовесовых, длинотных, охватных па-



раметров и их годовые прибавки), спортивные тесты на скорость, силу и выносливость (подтягивание, отжимание, бег на 80 м и 1 км, сила кисти, станковая тяга), медицинские функциональные тесты (ЖЕЛ, АД, задержка дыхания на вдохе – проба Штаге и выдохе – проба Генчи). В качестве контрольных параметров взята база данных 1000 школьников города Ош (высота 900 м над уровнем моря), накопленная в лаборатории антропологии кафедры нормальной анатомии медицинского факультета ОшГУ.

Критерием исключения из исследования было наличие хронических заболеваний любых органов и систем.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Результаты исследования подтверждают и конкретизируют данные об особенностях динамики физического развития школьников, проживающих в условиях высокогорья по сравнению со сверстниками, проживающими на равнине и в низкогорье.

Анатомо-физиологические показатели у школьников города Ош были близки к таковым в городе Бишкек, других низкогорных или равнинных регионах Кыргызстана [13]. Сравнительный анализ выявил различия в массе тела мальчиков в различные возрастные периоды и разные темпы роста в высокогорье и низкогорье (рис.1).

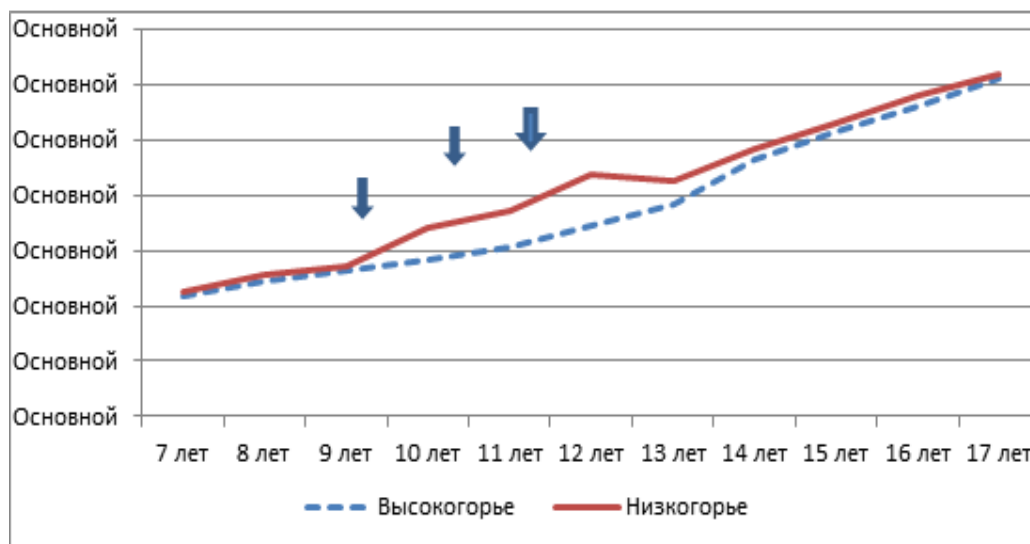


Рисунок 1 – Возрастная динамика массы тела у школьников высокогорья и низкогорья (кг).

Примечание: стрелка – критерий различия с группой сравнения  $p < 0,05$

Исходные показатели веса в 7 лет у мальчиков, проживающих на различной высоте не имели статистически достоверных различий. Известно, что в условиях высокогорья кыргызы стремятся максимально кормить детей животным жиром. Установлено что в возрасте 10-12 лет мальчики высокогорья имеют меньшую массу тела, нежели сверстники из низкогорья, затем мальчики высокогорья нагоняют по массе сверстников низкогорья. В 16-17 лет мальчики высокогорья имеют вес соответствующий возрастной норме для Кыргызстана в целом, и близкий к показателям других авторов для сельских местностей [14].

Динамика роста тела также отличалась места проживания (Рис.2). Исходный рост у первоклассников высокогорья и низкогорья не имел статистически значимых отличий. Мальчики высокогорья в возрасте 11-15 лет имеют достоверно меньший рост по сравнению со сверстниками из низкогорья, в 16-17 лет они имеют резкий прирост длины тела, и в этот период различие в росте не достоверно. Схожая по темпам динамика роста отмечена другими авторами, изучавшими антропометрические показатели школьников юга Кыргызстана.

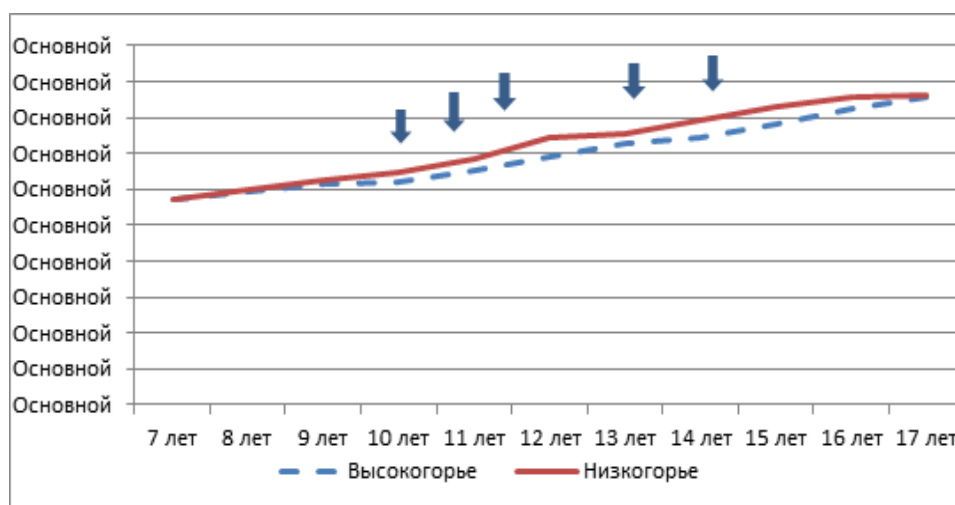


Рисунок 2 – Возрастная динамика роста школьников высокогорья и низкогорья (см).

Примечание: стрелка – критерий различия с группой сравнения  $p < 0,05$

Различие в охватных параметрах частей тела (плеча, талии, бедер, голени) в обеих группах было статистически незначимым за исключением большего охвата груди у школьников высокогорья (Рис. 3). В 5 из рассматриваемых возрастных периодов начиная с первого класса охват груди у мальчиков высокогорья был достоверно больше чем у сверстников из низкогорья ( $p < 0,05$ ), в другие периоды различие было не достоверно.

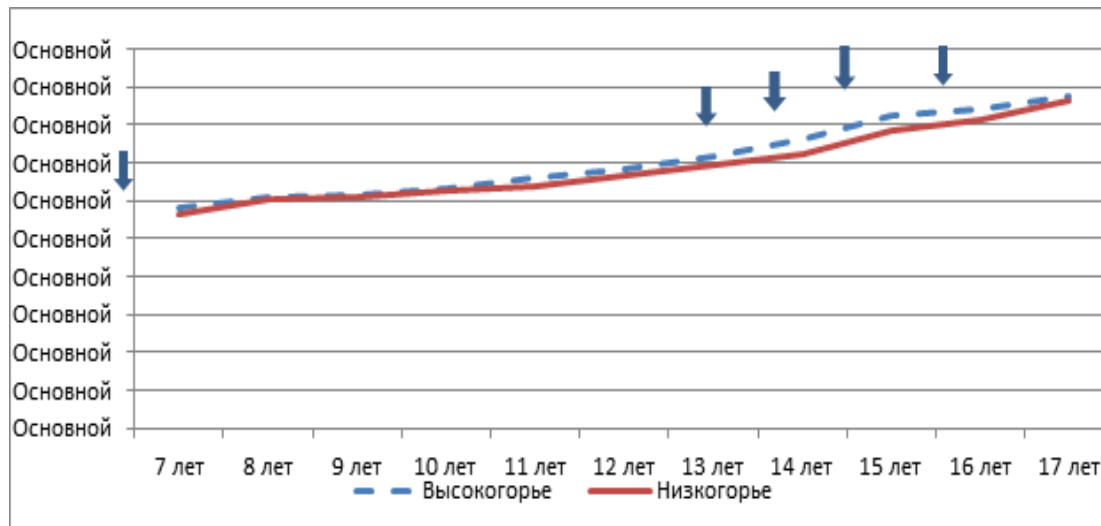
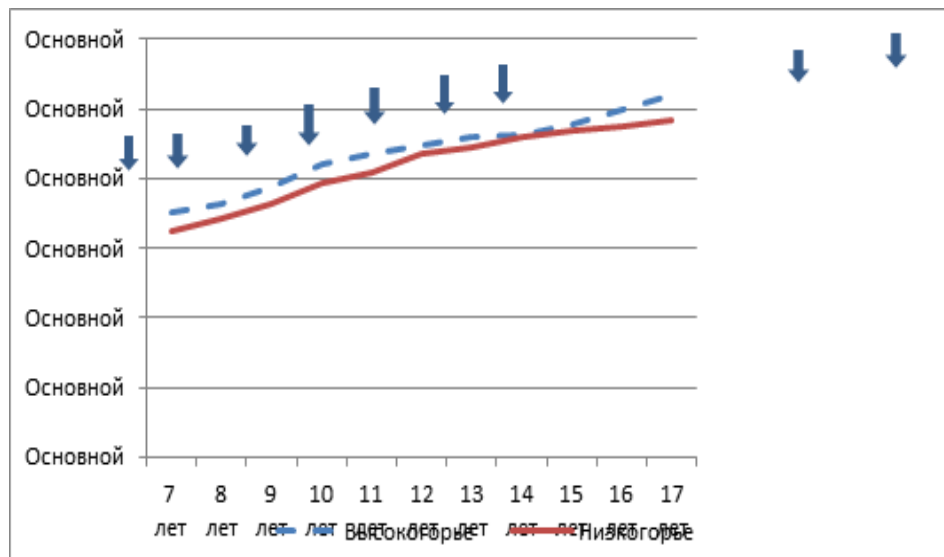


Рисунок 3 – Возрастная динамика окружности грудной клетки у школьников высокогорья и низкогорья (см)

Примечание: стрелка – критерий различия с группой сравнения  $p < 0,05$

Большой охват груди у школьников высокогорья сопровождался большей величиной жизненной емкости легких (табл.4).

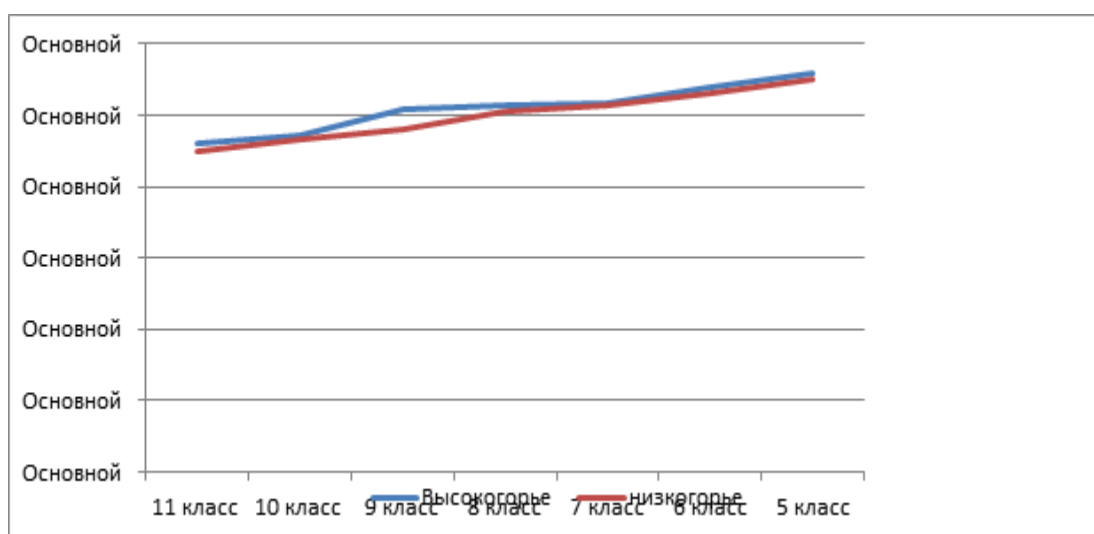


Примечание: \* – различие с группой сравнения  $p < 0,05$

Рисунок 4 – Возрастная динамика жизненной емкости легких у школьников высокогорья и низкогорья (мл)

Анализ цифровых данных свидетельствует о том, что у школьников высокогорья жизненная емкость легких достоверно превышает значения контрольной группы в 9 возрастных группах. Более высокие цифры ЖЕЛ, объясняются повышенной нагрузкой на органы дыхания в условиях высокогорной гипоксии [2]. Результаты наших исследований корректируют с данными зарубежными авторами, описавших адаптацию органов дыхания у детей высокогорья на Тибете и в Андах [16, 17].

Результаты спортивных тестов старшеклассников на скорость (бег на 60 м) и выносливость (бег на 1 км) в условиях высокогорья оказались ниже на 10-13%, чем в низкогорье (рис.4).



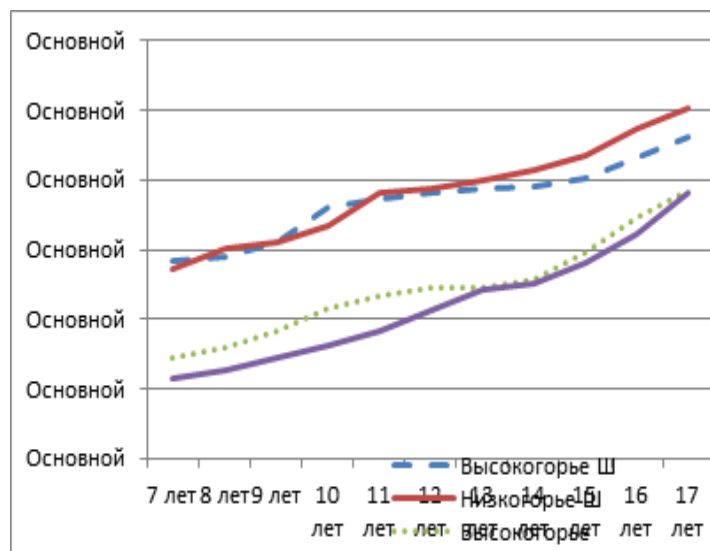
Примечание: \* – различие с группой сравнения  $p < 0,05$

Рисунок 4 – Возрастная динамика времени бега на 60 м у школьников высокогорья и низкогорья (сек)

Беговые тренировки в условиях среднегорья используются спортсменами высокого класса при подготовке к ответственным стартам [6].

Силовые упражнения по большинству тестов не выявили достоверных различий в результатах мальчиков высокогорья по сравнению со сверстниками из низкогорья.

Пробы с задержкой дыхания показали особенности анаэробного резерва у школьников высокогорья и низкогорья



Выносливость к гипоксическим пробам возрастает с возрастом во всех группах. К 17 годам длительность задержки дыхания при пробе Штанге у юношей низкогорья достигает 50 секунд, что считается отличным результатом функциональных резервов. У юношей низкогорья проба Штанге не достигла отличного результата, но разница с группой сравнения не достоверна ( $p > 0,05$ ). Проба Генчи у мальчиков высокогорья лишь в один возрастной период (10-11 лет) была несколько слабее, чем у сверстников низкогорья.

Таким образом, видно, что анаэробный резерв у школьников высокогорья достаточный, хотя они при этом испытывают дополнительное воздействие природной гипоксии.

#### Заключение:

Анатомо-физиологические характеристики школьников высокогорья отличаются от таковых у сверстников низкогорья и долины, но не выходят за пределы возрастной нормы и физиологической реакции на дополнительные физические и гипоксические нагрузки, что надо учитывать при переезде юношей в низкогорье на военную службу или учебу.

#### Список литературы:

1. Айдаралиев А.А. Устойчивое развитие горных районов Кыргызстана / А.А. Айдаралиев // Международный год гор – важное событие нового века. Бишкек 2002. – С. 27-39.
2. Белов Г.В. Влияние факторов горного климата на сурфактантную систему легких и методы ее коррекции / Г.В. Белов // Автореферат дисс... доктора мед.наук. Томск, 2005. -42 с.
3. Борисов Е.Ю. Основные показатели физического развития школьников г. Бишкек в динамике за 50 лет / Е.Ю. Борисов, Ю. Грехова, Ю.И. Мануйленко // Медицина Кыргызстана. 2009. №4. –С. 34-37
4. Жуков О.Ф., Гинявичене В., Андрищенко О.Н., Щербина Ф.А., Щербина А.Ф. Оценка физической подготовленности юношей на основе индивидуально-типологического подхода // Теория и практика физической культуры. 2020. № 7. С. 42-44
5. Ибраимов А.И. Биологические аспекты адаптивной эволюции человека. Бишкек. -2008. – 430с.
6. Маркушин В.С., Пунич С.В. Анализ эффективности тренировок в среднегорье и на равнине у бегунов на средние дистанции (800 м и 1500 м) // European Science. 2021. № 3 (59). С. 30-34.
7. Саттаров А.Э. Соматотипологические особенности физического развития подростков и юношей

различных биогеохимических зон Кыргызстана / А.Э. Саттаров, К.Ш. Сакибаев, Г.Т. Джолдошева, Б.Р. Джаналиев, К.Б. Козуев, М.К.Нуруев // Медицина Кыргызстана. 2019. №1. –С.21-25.

8. *Солодовник Е.М., Сый Ч.* Развитие школьного физического воспитания в Китае // E-Scio. 2020. № 12 (51). С. 143-149.

9. *Тулеев Т.М.* Физическое развитие подростков и юношей разных климатогеографических зон / Т.М. Тулеев, Т.Т. Иманалиев, А.Э. Саттаров // Вестник физической культуры и спорта. 2016. № 2 (14). С. 157-164.

10. *Чанчаева Е.А.* Возрастно-половые и этно-национальные особенности коренного и пришлого населения Горного Алтая / Е.А. Чанчаева: Автореф. дисс. ... доктора биол. наук / Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины СО РАМН. Новосибирск, 2013.

11. *Эсенманова М.К.* Сезонные особенности питания у работников высокогорья / М.К. Эсенманова, Г.В. Белов, Ф.А. Кочкорова, А.Ж. Сомкулова // Здоровье и болезнь. 2010. № 5. С.200-2004.

12. *Argnani L, Cogo A, Gualdi-Russo E.* Growth and nutritional status of Tibetan children at high altitude. // Coll Antropol. 2008 Sep;32(3):807-12.

13. *Boos CJI, Vincent E, Mellor A, et al.* The Effect of Sex on Heart Rate Variability at High Altitude. // Med Sci Sports Exerc. 2017 Dec;49(12):2562-2569. doi: 10.1249/MSS.0000000000001384.

14. *Hogan AM, Virues-Ortega J, Botti AB, et al.* Development of aptitude at altitude.// Dev Sci. 2010 May;13(3):533-544. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00909.x.

15. *Pawson IG, Huicho L.* Persistence of growth stunting in a Peruvian high altitude community, 1964-1999. // Am J Hum Biol. 2010 May-Jun;22(3):367-74. doi: 10.1002/ajhb.21001.

16. *Xi H, Chen Z, Li W, et al.* Chest circumference and sitting height among children and adolescents from Lhasa, Tibet compared to other high altitude populations // Am J Hum Biol. 2016 Mar-Apr;28(2):197-202. doi: 10.1002/ajhb.22772. Epub 2015 Aug 7.



УДК 612.213 (575)(04)

**Сатаркулова Айнура Манасовна,***н.с.**Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек***Айсаева Шадия Юсупджановна,***к.б.н., с.н.с.**Международная высшая школа медицины, Бишкек***Алипбекова Айгуль Сураповна,***ст. преп.**АО "Национальный Медицинский Университет", Алматы*

### **ТРАНСФОРМАЦИЯ ТИПОВ САМОРЕГУЛЯЦИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ПРИ ПЕРЕДИСЛОКАЦИИ ИЗ СРЕДНЕГОРЬЯ В ВЫСОКОГОРЬЕ**

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по оценке изменений гемодинамических показателей у военнослужащих с различным типом саморегуляции кровообращения. Демонстрируется, что в условиях высокогорья для военнослужащих более оптимальным является сердечно-сосудистый тип саморегуляции. Треть обследуемых на этапах длительной деятельности сохранили сосудистый тип и высокую работоспособность, у 48 % – отмечался сосудистый тип и низкая работоспособность.

**Ключевые слова:** среднегорье, высокогорье, функциональные показатели кардиогемодинамики, типы саморегуляции кровообращения, военнослужащие.

### **АСКЕР КЫЗМАТКЕРЛЕРДИН ОРТО ТООЛОРДОН БИЙИК ТООЛОРГО КӨЧҮҮДӨ КАН АЙЛАНУУНУН ӨЗҮН-ӨЗҮ ЖӨНГӨ САЛУУСУНУН ТҮРЛӨРҮНҮН ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ**

**Аннотация.** Аскер кызматкерлердин гемодинамикалык көрсөткүчтөрүнүн өзгөрүүлөрү кан айлануунун өзүн – өзү жөнгө салуусунун ар кандай түрлөрүнө жараша изилдөөлөрүнүн жыйынтыгы көрсөтүлгөн. Бийик тоонун шартында аскер кызматкерлерде өзүн-өзү жөнгө салуунун жүрөк-кан тамыр түрү оптималдуу экени далилденген. Аскер кызматкерлердин үчтөн бир бөлүгүндө кан тамыр түрү жана жогорку иш чара аныкталган.

**Негизги сөздөр:** орто тоолуу, бийик тоолуу, кардиогемодинамиканын функционалдуу көрсөткүчтөрү, кан айлануунун өзүн – өзү жөнгө салуусунун түрлөрү, аскер кызматкерлери.

### **TRANSFORMATION OF TYPES OF CIRCULATION SELF-REGULATION IN MILITARY PERSONNEL DURING RELOCATION FROM MIDDLE TO HIGH MOUNTAINS**

**Abstract.** The results of studies on the assessment of changes in hemodynamic parameters in military personnel with various types of self-regulation of blood circulation are presented. It is demonstrated that in the conditions of high mountains, the cardiovascular type of self-regulation is more optimal for military personnel. A third of the subjects at the stages of long-term activity retained the vascular type and high efficiency, 48% had the vascular type and low efficiency.

**Key words:** middle mountains, high mountains, functional indicators of cardio hemodynamics, types of self-regulation of blood circulation, military personnel.

В оценке адаптивно-приспособительных реакций организма человека в экстремальных условиях среды важная роль принадлежит сердечно-сосудистой системе. Основными показателями гемодинамики, отражающими интенсивность кровоснабжения органов и тканей, а также функцию сократимости сердца, являются частота сердечных сокращений, систолическое, диастолическое и пульсовое артериальное давление, систолический и минутный объем крови [1, 2]. Вместе с тем, оценка состояния сердечно-сосудистой системы более эффективна в применении наиболее интегральных критериев, характеризующих функциональное состояние. В этих целях в прикладной физиологии используется анализ типов саморегуляции кровообращения (ТСК), который является интегральным показателем надежности как функционального состояния сердечно-сосудистой системы, так и организма в целом [3].

В предыдущих исследованиях по оценке типов саморегуляции кровообращения у жителей гор Алая было показано, что ТСК существенно изменяется в зависимости от высоты местности: так если в среднегорье число лиц с сердечным и сердечно-сосудистым типами составляют 50% и 37% соответственно, а с сосудистым типом – 13%, в высокогорье происходило двукратное увеличение лиц с сосудистым типом, причем в большей степени за счет изменения кровообращения у лиц с сердечным типом саморегуляции [4].

**Цель** настоящей работы состояла в определении типов саморегуляции кровообращения у военнослужащих в условиях среднегорья и оценке их трансформации на этапах краткосрочной и долговременной профессиональной деятельности в высокогорье.

**Материалы и методы.** Исследование было выполнено в условиях среднегорья (1700

м над ур. м.) и высокогорья (3600 м над ур. м.) Тянь-Шаня. Обследовано 160 военнослужащих в возрасте 18–28 лет, у которых определялись и рассчитывались в состоянии относительного покоя следующие показатели: систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление (мм рт. ст.); частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин); минутный объем кровообращения (МОК, л/мин); систолический объем (СО, мл); пульсовое давление (ПД, мм.рт.ст.); среднединамическое давление (СДД, мм.рт.ст.); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин.·с·см–5); коэффициент экономичности кровообращения (КЭК, усл.ед.); тип саморегуляции кровообращения ( $TCK = \frac{ДАД}{ЧСС} \cdot 100$ ): при  $TCK < 90$  усл.ед. – сердечный; при  $TCK$  от 90 до 110 усл.ед. – сердечно-сосудистый; при  $TCK > 110$  усл.ед. – сосудистый; вегетативный индекс Кердо (ВИК) =  $(1 - \frac{ДАД}{ЧСС}) \cdot 100$ .

Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2008). Все обследуемые были проинформированы о характере исследования и подтвердили письменным согласием свое участие в нем.

Статистическая обработка полученных данных была проведена при помощи пакета прикладных статистических программ SPSS. Статистически значимым принимали уровень различий при  $p \leq 0,01$ .

**Результаты и их обсуждение.** По усредненным значениям ТСК в среднегорье для военнослужащих в целом характерен сердечно-сосудистый тип саморегуляции. В зависимости от соотношения сердечного и сосудистого компонентов у 24% обследованных лиц выявлен сердечный тип саморегуляции кровообращения, у 54% – сердечно-сосудистый, у 22% – сосудистый тип. У этих лиц определены различия в значениях гемодинамических показателей (табл. 1):

Таблица 1.

**Гемодинамические показатели у военнослужащих с различными типами саморегуляции кровообращения**

Показатели	Сердечный тип	Средний тип	Сосудистый тип	P
<b>ЧСС, уд/мин.</b>	83,18±12,04	71,2±7,06	63,9±6,74	0,000*
<b>САД, мм.рт.ст.</b>	106,36±12,86	106,8±9,45	110,0±9,43	0,664
<b>ДАД, мм.рт.ст.</b>	64,55±6,88	71,2±7,81	81,0±7,38	0,000*
<b>ПД, мм.рт.ст.</b>	41,82±10,79	35,6±10,03	29,0±12,87	0,034
<b>СДД, мм.рт.ст.</b>	78,48±7,79	83,07±6,93	90,67±5,39	0,001*
<b>СО, мл.</b>	64,01±9,37	55,43±9,41	44,97±9,09	0,000*
<b>МОК, л/мин.</b>	5,25±0,63	3,90±0,49	2,87±0,58	0,000*
<b>ОПСС, дин·с·см<sup>-5</sup></b>	1205,99±153,47	1734,02±303,19	2658,16±736,54	0,000*
<b>КЭК, усл.ед.</b>	3459,09±910,66	2504,0±617,09	1848,0±757,69	0,000*
<b>ВИК, усл.ед.</b>	21,93±5,5	0,08±6,02	-27,51±1,32	0,000*
<b>ТСК, усл.ед.</b>	78,06±5,50	100,0±6,02	127,51±1,33	0,000*

Примечание: \* – значимость различий при  $p \leq 0,01$

В частности, в группе военнослужащих с сосудистым ТСК зафиксированы высокие значения показателей САД, ДАД, СДД и ОПСС, тогда как у лиц с сердечным ТСК выявлены более высокие величины ЧСС, ПД, СО, МОК, КВ и КЭК. В числовом выражении САД и ДАД возрастают от 106 и 64 мм.рт.ст в группе с сердечным ТСК до 110 и 81 мм.рт.ст у лиц с сосудистым типом. В группе с сосудистым типом поддержание уровня АД осуществляется преимущественно за счет сосудистого компонента, что проявляется в более высоких и достоверно значимых величинах ОПСС (2658,16±736,54 дин.с.см<sup>5</sup>) и ДАД (81,0±7,38 мм.рт.ст.). У этих военнослужащих отмечается уменьшение ЧСС (63,9±6,74 уд/мин) и МОК (2,87±0,58 л/мин). По литературным данным при снижении МОК происходит снижение стимуляции барорецепторов, которое ведет к рефлекторному повышению сосудистого тонуса и, как правило, к увеличению ОПСС и ДАД [5]. Следовательно, у военнослужащих с сосудистым ТСК эффективное движение крови обеспечивается не столько сократительной деятельностью сердца, сколько активностью сосудистого компонента, что способствует минимальной внешней работе сердца с низким энергетическим запросом. В группе с сердечным ТСК поддержание уровня артериального давления осуществляется путем высоких значений МОК и ЧСС. Средне-динамическое давление у лиц с сердечным и средним типами находилось в пределах нормы (75–85

мм.рт.ст.), в то время как у лиц с сосудистым типом было 90,67±5,39мм.рт.ст., указывая на перенаполнение кровеносного русла и перенапряжение сосудистой стенки.

Достоверно изменялась у военнослужащих с сердечным и сосудистым типами саморегуляции кровообращения величина пульсового артериального давления (ПД), которая зависит как от сократительной способности сердца, так и от податливости сосудистой стенки артерий крупного калибра. Этот показатель в группе с сердечным ТСК зарегистрирован на уровне 41,82±10,79 мм.рт.ст., у лиц с сосудистым ТСК –29,0±12,87 мм.рт.ст., то есть был выше в 1,4 раза. У лиц с сердечным типом величина КЭК превысила нормативные данные (3459,09 усл.ед.) и значения группы военнослужащих с сосудистым ТСК (1848,0 усл.ед.), что указывает на снижение эффективности её гемодинамических функций.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в условиях среднегорья у военнослужащих определяются три типа саморегуляции кровообращения: сердечный, средний и сосудистый. В группе с сердечным ТСК артериальное давление поддерживаются за счет увеличения частоты сердечных сокращений, систолического объема и усиления сократительной мощности миокарда, у сосудистого – за счет повышения общего периферического сопротивления сосудов. У первых отмечается преобладание симпатического влияния на сер-

дечную деятельность (ВИК=21,93±5,5 усл.ед.), у вторых – парасимпатической регуляции (ВИК=–27,51±1,32 усл.ед.). У лиц с сердечно-сосудистым ТСК сохраняется баланс между сердечным и сосудистыми компонентами, который характеризуется оптимально сбалансированной саморегуляцией системы кровообращения (ВИК = 0,08±6,02) [6].

В высокогорье (3600 м) у обследуемых в период краткосрочной адаптации (от 15 до 30

дней) преобладают лица со средним ТСК (41%), в этот период существенную роль играют и деятельность сердца, и резервные возможности сосудов. Примерно третья часть военнослужащих (32%) обеспечивают приспособление к экстремальным воздействиям гор за счет механизмов сердечной регуляции, ещё 27% – за счет сосудистой регуляции (табл.2):

Таблица 2.

Распределение военнослужащих по типам саморегуляции кровообращения (%)

Период адаптации	Сердечный	Средний	Сосудистый
15 – 30 дней	32%	41%	27%
1,5 – 2 года	46%	37%	17%

Длительная военно-профессиональная деятельность на высоте 3600 м приводила к тому, что в группе военнослужащих уменьшалось число лиц с сосудистым типом (17%), но возрастал процент лиц с сердечным типом (46%). У данной группы отмечалось в большей степени повышение МОК, которое достигалось как увеличением СО, так и учащением ЧСС. Подобная реакция сердечно-сосудистой системы на воздействие внешних факторов, по мнению С.Б. Даниярова, является «эффективным», но малоэкономичным способом реагирования, по-

скольку сердце выполняет большую работу по перекачиванию крови [7]. Длительное и интенсивное функционирование сердца, несмотря на его универсальный характер первичного реагирования, может приводить к ограничению физиологических механизмов, обеспечивающих работоспособность человека. Подтверждением тому служат результаты исследований по оценке уровня работоспособности военнослужащих с различным типом саморегуляции кровообращения при долговременной деятельности в высокогорье (табл.3):

Таблица 3.

Соотношение типов саморегуляции кровообращения в зависимости от уровня работоспособности в высокогорье (%)

Уровень работоспособности	Период адаптации	Сердечный	Средний	Сосудистый
Высокий	15 – 30 дней	35%	58%	7%
	1,5 – 2 года	8%	62%	30%
Средний	15 – 30 дней	42%	40%	18%
	1,5 – 2 года	12%	52%	36%
Низкий	15 – 30 дней	45%	25%	30%
	1,5 – 2 года	48%	24%	28%

В таблице демонстрируется, что в период длительной профессиональной деятельности в высокогорье высоким уровнем физической работоспособности обладают 62% военнослужащих с сердечно-сосудистым типом саморегуляции кровообращения, 30 % – с сосудистым типом и лишь 8% располагали сердечным типом саморегуляции кровообращения. Низкий уровень работоспособности был характерен для 28% лиц с сосудистым и 48% лиц с сердечным ТСК. Увеличение числа лиц с сердечным типом, имеющих низкую работоспособность происходило за счет трансформации кровообращения у лиц со средним и сосудистым типами саморегуляции. Как считает В.В. Трифонов типы саморегуляции кровообращения имеют различные пути адаптации к стрессовым ситуациям, сопровождающиеся физическим напряжением. В этих случаях военнослужащие с сердечным ТСК более стрессоустойчивы, чем лица с сосудистым ТСК [8]. Напротив, в наших исследованиях в условиях высокогорной гипок-

сии у военнослужащих с низкой работоспособностью формировался более высокий и затратный уровень мобилизации гемодинамических реакций, то есть при длительном труде снижалась роль сосудистого компонента и превалировала значимость сердечного.

Таким образом, обобщая результаты исследования, можно сделать заключение, что на этапе краткосрочной адаптации основная часть военнослужащих располагает самым надежным и устойчивым типом саморегуляции кровообращения – сердечно-сосудистым. При этом большинство из них обладают высокой работоспособностью. Для одной трети военнослужащих, которые сохраняли в период долгосрочной деятельности высокую и среднюю работоспособность были характерны реакции с преобладанием сосудистого компонента и они, по данным Кротова В.П., более резистентны к условиям больших высот, чем лица с сердечным типом регуляции [9].

#### Список литературы:

1. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундаров И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. – 1981. – Т. 21. – № 3. – С. 10-13.
2. Балыкин М.В., Астахов О.Б., Сагидова С.А., Васильева Е.В. Системные и органые особенности адаптации к физическим нагрузкам в горах // Патогенез. – 2008. – Т. 6. – № 3. – С. 45.
3. Аринчин Н.И., Горбачевич А.И., Кононцев В.И. Экспресс-метод определения типов саморегуляции кровообращения, предпатологических состояний и патогенетических форм гипер- и гипотензии // Автоматизация научных исследований: материалы XI Всесоюз. школы по автоматизации научных исследований. – Минск. – 1978. – С. 31–34.
4. Сатаркулова А.М., Айсаева Ш.Ю., Алипбекова А.С. Тип саморегуляции кровообращения и характер изменения гемодинамических параметров у постоянных жителей в условиях средне- и высокогорья // Известия НАН КР. – 2019. – №4. – С.68–70.
5. Берн Р.М., Леви М.Н. Физиология сердечно-сосудистой системы // М.: Академия. – 2004. – 702 с.
6. Петров С.В. Особенности механизмов формирования типов саморегуляции кровообращения: автореф. дис. ... канд.мед.наук. – М. – 1996. – 20 с.
7. Данияров С.Б. Работа сердца в условиях высокогорья // Л.: Медицина. – 1979. – 150 с.
8. Трифонов В.В., Ранцев Н.П. Тип саморегуляции кровообращения: значение при осуществлении сотрудниками правоохранительных органов силового воздействия, перспективы применения в профессиональном отборе // Актуальные вопросы права, образования и психологии : сб. науч. тр. – Могилев. – 2018. – № 6 – С. 165–172.
9. Кротов В.П. Показатели гемодинамики в качестве критерия переносимости здоровым человеком острой гипоксии. // Косм. биология и авиакосм. медицина. Тезисы докл. VII Всес. конф. по косм. биол. и авиакосм. медицине. – Калуга. – 1982. – Т.1. – С. 167-168.



УДК 612.8:57.017.32

**Сатаева Наргиза Усонбековна,***н.с.**Институт горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек***АДАПТАЦИЯ ПОДРОСТКОВ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ  
НА ВЫСОТЕ 2800 м н.у.м.**

**Аннотация.** Выявлены базовые характеристики популяционного здоровья и выделены группы, наиболее чувствительных к изменению климата подростков высокогорья. В результате комплексного анализа созданы информационные базы данных ЭЭГ-параметров подростков, проживающих на высоте 2800 м н.у.м. в Нарынской, Ошской и Иссык-Кульской областей, с выявлением особенностей региональных ЭЭГ-нормативов, а также разработкой «электронных паспортов функционального состояния здоровья» подростков, проживающих в высокогорных регионах указанных областей КР. Установлено, что высокая устойчивость и пластичность центральной нервной системы являются основными физиологическими ресурсами эффективного поведения в горах, обеспечивающим их адаптацию, и позволяющий выделять группы лиц с неустойчивым функциональным состоянием, подверженных неблагоприятным воздействиям среды.

**Ключевые слова:** адаптация, высокогорье, подростки, паспорт здоровья, ЭЭГ

**ДЕНИЗ ДЕНГЭЭЛИНЕН 2800 м БИЙИКТИКТЕГИ ТООЛОРДУН ШАРТТАРЫНА  
ӨСПҮРҮМДӨРДҮН КӨНҮГҮҮСҮ.**

**Аннотация.** Калктын ден соолугунун негизги мүнөздөмөлөрү аныкталган жана бийик тоодогу өспүрүмдөрдүн климатык өзгөрүүлөргө эң сезимтал топтору аныкталган. Ар тараптуу талдоо жүргүзүүнүн натыйжасында деңиз деңгээлинен 2800 м бийиктикте жашаган өспүрүмдөрдүн ЭЭГ параметрлеринин маалымат базалары түзүлдү. Нарын, Ош жана Ысык-Көл облустарында региондук ЭЭГ параметрлеринин өзгөчөлүктөрүн аныктоо менен аталган облустардын бийик тоолуу аймактарында жашаган өспүрүмдөрдүн «ден соолугунун функционалдык абалынын электрондук паспорттору» иштелип чыкты. Борбордук нерв системасынын жогорку туруктуулугу жана ийкемдүүлүгү тоолордо эффективдүү жүрүм-турумдун негизги физиологиялык ресурсу болуп санала тургандыгы, алардын адаптацияланышын камсыз кылуучу жана туруксуз функционалдык абалы бар, айлана-чөйрөнүн жагымсыз таасирине дуушар болгон адамдардын топторун айырмалоого мүмкүндүк бере тургандыгы аныкталган.

**Негизги сөздөр:** адаптация, бийик тоолор, өспүрүмдөр, ден соолук паспорту, ЭЭГ.

**ADAPTATION OF ADOLESCENTS TO THE CONDITIONS OF HIGH-MOUNTIES  
AT THE LEVEL OF 2800 m a.s.l.**

**Abstract.** The basic characteristics of population health and the groups most sensitive to climate change in highland adolescents were identified. As a result of a comprehensive analysis, information databases of EEG parameters of adolescents living at an altitude of 2800 m above sea level were created. in Naryn, Osh and Issyk-Kul regions, with the identification of features of regional EEG standards, as well as the development of "electronic passports of the functional state of health" of adolescents living in the high-mountainous regions of these regions of the Kyrgyz Republic. It has been established that the high stability and plasticity of the central nervous system are the main physiological resources for effective behavior in the mountains, ensuring their adaptation and allowing to distinguish groups of individuals with an unstable functional state, exposed to adverse environmental influences.

**Key words:** adaptation, high mountains, adolescents, health passport, EEG.

В настоящее время актуальным является вопрос, как формируются нейрофизиологические и психофизиологические адаптивные механизмы. Особенно наглядно это видно на растущем организме подростков. Поэтому объектом исследований явились подростки 10-22 лет, проживающие в высокогорных районах (2800 м над ур.м., в Нарынской, Ошской, Иссык-Кульской областях, 260 чел), из них 138 девушек-подростков и 122 юношей-подростков в возрасте от 10 до 22 лет. Подростки разделены на 3 возрастные группы: I – от 10 до 13 лет (52 чел., 20%), II – от 14 до 17 лет (122 чел., 47%), III – от 18 до 22 лет (86 чел., 33%).

Исследование временной организации паттерна ЭЭГ в трех группах показали, что у них происходит постепенное упорядочивание структуры взаимодействия волновых компонентов ЭЭГ от слабо организованных в теменно-затылочной области паттернов ЭЭГ в 10-13 лет до организованной структуры в указанных зонах коры головного мозга в 14-17 лет и четко организованной структуры во всех отведениях ЭЭГ в 18-22 года.

Так, ЭЭГ подростков младшего возрастной группы (I) отличается выраженной полиморфностью и полиритмией. Появление ряда ритмов связано с естественными изменениями уровня активации мозга и зависит от его перцептивной и когнитивной активности, а также эмоционального состояния. Появление у подростков этой группы выраженного тета-ритма связано с восприятием новых раздражителей и по своему функциональному значению является эмоциональной активацией, направленной на поддержание внимания и тесно связано с эмоциональной сферой. Структура взаимодействия компонентов ЭЭГ у младшей возрастной группы более устойчива в передних кортикальных отделах, чем в задних, отмечено взаимодействие между тета- и альфа-диапазонами частот ЭЭГ. Характер межцентральных взаимоотношений в этой группе неустойчив, а структура паттерна взаимодействия компонентов находится в основном в равновероятностном взаимодействии между ритмами ЭЭГ, что не позволяет, с одной стороны, достичь оптимального уровня восприятия окружающей среды, а с другой – позволяет более разнообразно реагировать на воздействия внешней среды, что и объясняет высокий уровень динамичности работы мозга детей данного возраста и меньшие возможно-

сти для сосредоточения на постоянных видах деятельности.

В старшей возрастной группе временная организация ЭЭГ неоднородна. У 40% испытуемых наблюдается сформированное альфа-функциональное ядро во всех отведениях, у 30% наблюдается альфа-бета ядро во всех отведениях, еще у 30% не наблюдается четко выраженной структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ. По мере взросления все больше увеличивается роль альфа-компонента во временной организации паттерна ЭЭГ. Состояние мозга, при котором доминирует альфа-активность, является оптимальным для восприятия информации, поэтому организация волновой структуры ЭЭГ через альфа-функциональное ядро создает наилучшие условия для работы мозговых структур. К 17-22 годам временная организация волновой структуры паттерна ЭЭГ приобретает окончательный рисунок, отражающий индивидуальные особенности ЦНС человека, его способности к различным видам деятельности. Такие данные совпадают с мнением возрастных психологов, отмечающих существенное преобразование личностно-психологических характеристик подростков этого возраста. Появление высокочастотных компонентов при открывании глаз связано с переработкой поступающей информации. Отмечено, что более выраженные изменения происходят в правом полушарии у подростков 17-22 лет, когда как у младших и средних подростков изменения ЭЭГ происходят в обоих полушариях мозга, что вероятнее всего связано с усилением и стабилизацией функциональной дифференциации полушарий мозга.

Таким образом, с возрастом происходит постепенное упорядочивание временной организации паттерна ЭЭГ, отражаемое в особенностях структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ. При этом взаимосвязь с быстрыми альфа- и бета-ритмами возрастает, а с медленными тета- и дельта-ритмами снижается. Возрастная специфика локальной и пространственной организации временной последовательности и вероятности взаимодействия волновых компонентов ЭЭГ позволяет с помощью ЭЭГ компьютерных программ осуществлять анализ формирования структурных характеристик ЭЭГ, большую роль в формировании которых играет альфа-ритм. Больше всех отличается группа испытуемых 17-22 лет, у которых значимые

изменения происходят в правом полушарии, в то время как у детей 10-13 и 14-16 лет ЭЭГ-изменения наблюдаются в обоих полушариях. Наибольший вклад в отличие всех возрастных групп вносят параметры ЭЭГ лобных областей, так как именно они наиболее тесно связаны с мыслительной и когнитивной деятельностью и, следовательно, их развитие во многом определяет степень созревания головного мозга ребенка и его соответствие хронологическому возрасту. Установлено, что у подростков структура выраженности между основными типами центральных механизмов регуляции мозга еще сохраняет нормальное распределение между типами ЦМР (I -17%; II- 52%; III – 26%).

Основной целью являлось выявление статистически достоверных критериев адаптированности, или дезадаптации к окружающей среде. Индивидуальность темпов развития нейродинамических параметров и высших психических функций предполагает неравномерность развития различных систем организма, в том числе и неравномерность развития психофизиологических параметров. Результаты исследований позволили выявить динамику развития нейрофизиологических и психофизиологических параметров подростков, неравномерно проявляющихся на протяжении исследуемого периода и отражающих внутренние процессы формирования и становления нейрофизиологических, психофизиологических и когнитивных сфер. Определено, что взаимосвязь указанных характеристик проявляется и дифференцируется по возрасту, полу, а также от конкретного места жизнедеятельности. Так, подростки-горцы отличаются меньшей вариативностью в показателях нейро- и психофизиологической сферы, а показатели юношей характеризуются резкими перепадами различных показателей, что проявляется в неоднородности динамики их проявлений. В целом, показатели юношей выше, чем у девушек, причем, показатели девушек, в основном, стабильны.

Исследование подростков, проживающих в низкогорье, установило, что они имеют высокие показатели исследуемых систем, а значит и достаточные функциональные резервы, так как в исследованиях участвовали практически здоровые юноши и девушки. При исследовании вегетативного тонуса у юношей, в основном, преобладает нормо- и ваготония (57%), что сви-

детельствует о выявленных вариантах особенностей вегетативной регуляции, обуславливающих различную выраженность адаптивных реакций. Именно на завершающем этапе подросткового периода происходит значительное расширение резервных возможностей и экономичности функционирования организма [1], что связано со снижением активности лимбической системы, в частности, гипоталамуса и усилением корковых влияний в корково-подкорковых взаимодействиях [1, 2].

Воздействующие на растущий организм неблагоприятные факторы среды и стрессорные реакции на них в условиях информационной нагрузки детерминируются совокупностью индивидуальных признаков, которые определяют особенности нейро- и психофизиологической напряженности (преобладание медленноволновой, полиморфной активности на ЭЭГ, повышенной тревожности, эмоциональной неустойчивости, низкой самооценки и неуверенности в себе) в значительной степени определяют характер реагирования индивида в напряженных условиях жизнедеятельности и предрасположенности к частому переживанию эмоционального стресса.

С взрослением подростков и постепенным переходом их во взрослую жизнь, наблюдается закономерное снижение личностной тревожности, повышение эмоциональной устойчивости, усиление стремления к независимости, повышение уверенности в себе и параллельно вызывает повышение уровня неспецифической активации центральной нервной системы и возрастание напряжения регуляторных систем, как проявление функционального напряжения, направленного на мобилизацию адаптационных резервов организма для обеспечения успешной деятельности и адаптации в горах и на равнине. Подростки, у которых преобладает активность симпатической системы в условиях высокогорья (43%) затрачивают больше вегетативных «затрат», чем такие же ребята в условиях равнины, то есть физиологическая цена в условиях равнины значительно ниже чем в горах. Низкие функциональные возможности у части подростков (25%) в условиях высокогорья свидетельствуют о напряжении функциональных систем в неблагоприятных условиях среды и приводят к снижению показателей эффективности обучения, а также к нежелательным

функциональным отклонениям исследуемых систем, которые в последующем могут привести к нарушению показателей здоровья и их неблагоприятного прогноза в будущем.

**Список литературы:**

1. *Фарбер Д.А.* Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) / Д.А. Фарбер, Н.В. Дубровинская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17.
2. *Фарбер Д.А.* Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / Д.А. Фарбер. – Л.: Наука, 1990. – 177 с.

## СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИОЛОГИИ И СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

УДК 612.1/8

Джунусова Гульнар Султановна,  
д.м.н., профессор  
Институт горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек

### ФИЗИОЛОГИЯ КАК ОСНОВА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

**Аннотация.** Физиологам необходимо шире воспринимать мировой научный опыт, стремиться включать все полученные знания в систему обучения в ВУЗах для широкого восприятия и представления их через призму собственных знаний.

**Ключевые слова:** физиология, необходимые знания, норма адаптации, горцы.

### ФИЗИОЛОГИЯ МЕДИЦИНАЛЫК ЖОЖДО АЛЫНГАН БИЛИМДЕРДИ ЧЫҢООНУН НЕГИЗИ КАТАРЫ

**Аннотация.** Азыркы учурда физиологдор эл аралык илимий тажрыйбаны кенен синирүүгө муктаж. Ошол себептен алар бүткүл керектүү билимди, физиологияны ЖОЖдун окутуу система-сына киргизиши зарыл жана аларды өзүнүн көз карашынан өткөрүп окуучуларга тартуулоо керек.

**Негизги сөздөр:** физиология, керектүү билимдер, адаптациянын нормасы, тоолуктар.

### PHYSIOLOGY AS A BASIS FOR CONSOLIDATION OF KNOWLEDGE OBTAINED AT A MEDICAL UNIVERSITY

**Abstract.** Physiologists need to perceive world scientific experience more widely, strive to include all the knowledge in the education system at universities for a wide perception and presentation of them through the prism of their own knowledge.

**Key words:** physiology, necessary knowledge, norm of adaptation, mountaineers.

Известно, что структура определяет функцию, основные поведенческие реакции организма, а затем и сознание человека. Поэтому очень важно рассматривать в целом человеческий организм во взаимосвязи и взаимоотношениях со всеми влияющими на него факторами и его структурными компонентами. В комплексных исследованиях по изучению организма зрелых и молодых горцев, в которых мы оценивали нейрофизиологический статус по параметрам ЭЭГ, психофизиологические состояния по параметрам внимания, памяти, тревожности и другим параметрам структуры личности с помощью психофизиологических тестов, состояние сердечно-сосудистой системы по ЭКГ и вегета-

тивного баланса по пульсу и АД, и преобладанию вегетативной нервной системы у человека, параметров дыхательной системы по спирометрии (ЧД, ЖЕЛ и др.), репродуктивной системы по уровню гормонов в периферической крови и параметров физического статуса по антропометрическим данным (рост, вес стоя и сидя, окружностям и длин тела человека) позволили обработать полученные данные по программе SPSS-16 и получить корреляционные взаимосвязи между системами и отдельными параметрами данных.

И что интересно, получили даже парадоксальные взаимосвязи, например, взаимосвязь между окружностью головы человека и выра-



женностью спектральной мощности альфа-ритма ЭЭГ. Т.е. высокая спектральная мощность альфа-ритма, коррелирует с определённым размером головы, например с окружностью головы человека  $57 \pm 0,4$  см. Т.е. форма определяет функцию и это очень интересный факт.

У нас в медицине давно назрела необходимость использования полученных физиологических знаний в практической медицине. Например, Институт горной физиологии и медицины имеет почти что 70-летнюю (68 лет) историю развития и становления, единственного в своем роде научного учреждения в системе Национальной Академии Наук Кыргызской Республики (1954г. основания Института). За это время накоплена огромная база научных знаний о строении и функционировании человеческого организма в норме и в различных неблагоприятных и экстремальных условиях жизнедеятельности (в горах, при различных видах трудовой деятельности и др.)

Результаты исследований, проведенных сотрудниками Института, позволяют судить о том, что есть физиологическая норма и что есть адаптивная норма человека особенно лиц, проживающих в условиях высокогорья, и позволяют отличать состояние адаптации от функциональных и патологических сдвигов, происходящих в организме горцев. Адаптивная норма – это пределы изменения системы под влиянием действующих условий среды, при которых не нарушаются структурно-функциональные связи со средой, обеспечивающих дальнейшее существование системы. Так как адаптивная норма не всегда полностью реализуется, существует индивидуальная адаптивная норма. Обеспечение нормального функционирования – показатель адаптированности системы, а характеристики структуры являются нормой адаптации. (Джунусова Г.С., 2013) Поэтому как никогда, сейчас назрела необходимость описания и добавления отдельных глав в основные медицинские учебники и справочные пособия, содержащих данные о физиологической норме лиц (горцев), проживающих на разных высотах в горах. У горцев есть особенности функционирования основных регулирующих систем организма, таких как центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, дыхательной системы, эндокринной системы, крови, кроветворения, и многих параметров, о которых мы ещё даже не знаем, т.к. нельзя объять

всё необъятное. И, видимо, поиск и выявление этих особенностей будут ещё предметом самых ближайших и отдаленных исследований в XXI веке. Сегодня назрела необходимость систематизации полученных знаний. Например, касаясь подхода к оценке адаптивного состояния. Что мы считаем адаптацией – когда организм человека начинает оптимально функционировать на новом предлагаемом уровне с выработкой новой матрицы взаимосвязей на центральном уровне и адекватном взаимоотношении основных систем организма человека. А сколько продлится это адаптивное состояние. от чего зависит устойчивость данного состояния стабильности? Вопросов много и их больше, чем ответов. Поэтому и актуальны мониторинговые и популяционные исследования с целью оценки состояния здоровья населения, с целью выявления групп риска и профилактики донозологических состояний и др. Поэтому наука бесконечна и нет ничего чётко и твёрдо установленного. Человеческий организм – это живая динамическая система с саморегулирующимися основными и вторичными подсистемами, которые позволяют адаптироваться к постоянно меняющимся факторам окружающей среды и сохранять свой функциональный оптимум. [1, 2, 3]

Существуют разные подходы и в вопросах оценки адаптивных состояний: что есть норма и что есть адаптация. Например, ученые из Южной Америки, в частности Боливии [4], которые всю жизнь посвятили вопросам сердечно-легочной адаптации считают, что необходимо учитывать время пребывания на высоте и уровень самой высоты. Чем выше, тем дольше происходит адаптация и критерием, по их мнению, служат показатели гематокрита и другие реологические показатели крови, например вязкость крови, и др.

У нас же (в странах СНГ), где преподавалась классическая, на наш взгляд, физиология, мы не так пристально смотрим на показатели гематокрита, и реологию крови, твёрдо зная, что эритроцитоз, ретикулоцитоз, в частности, в горах это нормальная компенсаторная реакция крови, которая придёт в норму, когда наступит адаптация.

Таким образом сейчас наступило время систематизации полученных знаний и их учёт, и внесение в основные медицинские источники для полноценного и широкомасштабного

изучения в медицинских ВУЗах. Так как, в последнее время наука в ВУЗах пошла, по пути упрощения и обеспечения легкодоступности полученных знаний в сокращенном варианте. Упоная на «широкodоступный» и широкополосный, многоканальный интернет, который если не просить студентов о дополнительном поиске так и может остаться не востребуемым, недосмотренным и недоступным, несмотря на всю свою широту представленности, потому что нет необходимости в актуализации, в получении необходимых знаний и их дальнейшего использования в медицинской практике, для чего необходима актуальная мотивация и её постоянное развитие и повышение.

Наши базовые представления о том, что с высоты 1500м возможно появление признаков острой горной болезни (ОГБ) и последующего высокогорного отёка лёгких и мозга, неизменно ведущих без соответствующей профилактики и терапии к смертельному исходу – очень необходимы, но они не складываются после индивидуального опыта адаптации в 2019г. на высоте 3800-4500м в г. Ла-Пас и затем в лаборатории-пирамиде в Боливийских горах в Институте хронической патологии лёгких на высоте 5000м и просмотра фильма о боливийских футболистах, которые на высоте 6000м играют превосходно в футбол с нашими «классиче-

скими» канонами по адаптации в горах, когда человек, находясь на высоте 7000м, может дышать только в кислородной маске.

Таким образом, нам, физиологам надо уходить от изоляции, шире воспринимать мировой научный опыт, чётко представлять миру наш накопленный опыт в области физиологии адаптации, и не стесняться, если мы чего-то не понимаем. а стремиться включать все полученные знания в систему обучения в ВУЗах для широкого восприятия полученных знаний и представления этих знаний через призму собственных.

Что это даст – понимание, что не всё так однозначно. Например, утверждая об одном выявленном механизме действия или реализации определенного средства помнить, что параллельно могут запускаться множество других механизмов и реакций со стороны той или других систем организма. Мы можем только судить по конечному результату. И.П.Павлов писал, что мозг – это как черный ящик, в котором мы знаем, что на входе и выходе, а что происходит внутри этого ящика нам неизвестно. Остается только уповать на процессы саморегуляции, которые выведут и ЦНС, и организм в целом на адекватное функционирование в различных условиях жизнедеятельности.

### Литература

1. *Сиротинин Н.Н.* Сравнительная физиология акклиматизации к высокогорному климату / Кислородная недостаточность. – Киев, 1963, 500 с.
2. *Джунусова Г.С.* Центральные механизмы адаптации человека в горах, Бишкек: КРСУ. 2013, - 280 с.
3. *Новиков В.С., Сороко С.И.* Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях /– СПб: Политехника-принт, 2017. – 476 с.
4. *Gustavo Zubieta-Castillo's last breath in his beloved high altitude city La Paz, Bolivia (3510m) / Medical hydrology and rehabilitation, V. 13 № 1–3 2006.*

УДК: 378.147.34

**Чонкочова Айгуль Асанбековна,***к.б.н.***Таалайбекова Ыкывал Таалайбековна,***преподаватель**Кафедра базисных дисциплин Международной высшей школы медицины,**Бишкек, Кыргызстан*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ – PBL НА НАЧАЛЬНОМ ЦИКЛЕ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ» В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ МЕДИЦИНЫ**

**Аннотация.** Проблемно-ориентированное обучение (PBL) необходимо для конструктивного, самостоятельного, совместного и контекстуального обучения учащихся. В этой статье представлен сравнительный анализ учебного цикла с использованием PBL у студентов 1-го семестра на начальном этапе обучения физиологии и у студентов 2-го семестра, которые уже прошли базовый курс физиологии. Мы наблюдали за динамикой в группах и процессом усвоения материала. Результаты исследования показали, что у студентов 2-го семестра положительная корреляция между групповой динамикой, самостоятельным обучением и результатами обучения более выражена, чем у начинающих студентов. Наши результаты дают основания для реструктуризации учебного цикла, что особенно важно для начинающих студентов в освоении PBL.

**Ключевые слова:** методы активного обучения, PBL, проблемно-ориентированное обучение, физиология

### **МЕДИЦИНАЛЫК ЖОГОРКУ МЕКТЕПТЕ «НОРМАЛДУУ ФИЗИОЛОГИЯ» САБАГЫН ОКУТУУНУН БАШТАПКЫ ЦИКЛИНДЕ PBL АКТИВДҮҮ ОКУУ МОДУЛУН КОЛДОНУУ**

**Аннотация.** Көйгөйгө негизделген окутуу (PBL) окуучулар үчүн конструктивдүү, өз алдынча, биргелешкен жана контексттик окутуу үчүн абдан маанилүү. Бул макалада физиологияны окуунун баштапкы этабында 1-семестрдин студенттеринде жана физиологиянын негизги курсун бүтүргөн 2-семестрдин студенттеринде PBL колдонуу менен окуу циклинин салыштырма анализи берилген. Топтордогу динамиканы жана материалды өздөштүрүү процессин байкадык. Изилдөөнүн натыйжалары 2-семестрдин студенттеринде топтун динамикасы, өз алдынча окуу жана окуу натыйжаларынын ортосундагы оң корреляция башталгыч студенттерге караганда көбүрөөк байкаларын көрсөттү. Биздин натыйжалар окуу циклин реструктуризациялоого негиз берет, бул өзгөчө башталгыч студенттер үчүн PBLди өздөштүрүү үчүн маанилүү.

**Негизги сөздөр:** активдүү окутуу методикасы, PBL, көйгөйгө негизделген окутуу, физиология.

### **THE USE OF THE ACTIVE LEARNING METHOD – PBL IN THE INITIAL CYCLE OF THE DISCIPLINE «NORMAL PHYSIOLOGY» IN THE HIGH SCHOOL OF MEDICINE**

**Abstract.** Problem-oriented learning (PBL) is necessary for constructive, independent, collaborative and contextual learning of students. This article presents a comparative analysis of the training cycle using PBL for students of the 1st semester at the initial stage of training in physiology and for students of the 2nd semester who have already completed the basic course of physiology. We observed the dynamics in the groups and the process of assimilation of the material. The results of the study showed that the students of

the 2nd semester have a positive correlation between group dynamics, self-study and learning outcomes is more pronounced than that of beginning students. Our results give grounds for the restructuring of the educational cycle, which is especially important for beginning students in mastering PBL.

**Key words:** active learning methodology, PBL, problem-oriented learning, physiology.

**Введение.** Проблемно-ориентированное обучение (PBL) считается одной из самых популярных педагогических методик, ориентированных на учащихся, используемых сегодня в высшем образовании [1]. Несмотря на широкое распространение PBL, это относительно неизвестная область на начальном уровне обучения фундаментальных дисциплин. Обзор литературных источников показал о некоторых доказательствах пользы данного метода [2, 3]. Однако, при оценке обучения физиологии на начальном этапе обучения, доступно меньше примеров [4]. В недавнем систематическом обзоре, касающемся PBL, Уайлдер [5] отмечает, что, несмотря на большинство исследований, демонстрирующих положительные доказательства, рекомендуется соблюдать осторожность из-за недостаточности долгосрочных данных об использовании PBL на этом уровне. Важно исследовать актуальность использования PBL на младших курсах, учитывая почти повсеместное влияние PBL на общение, взаимодействие, самостоятельное обучение и способности к решению проблем [6, 7].

Мы сосредоточились на концептуальных изменениях, которые произошли на протяжении всего цикла обучения PBL. Кроме того, мы наблюдали за восприятием PBL студентами во время тематического исследования, применив анкетный опрос.

В связи с этой ситуацией, нами была поставлена **цель исследования**, направленная на понимание применения PBL для преподавания физиологии человека процедурным образом с использованием качественного анализа на младших курсах обучения.

**Материалы и методы исследования.** Мы использовали кейсы PBL в группах на начальном этапе обучения дисциплины и после овладения определенного базового курса физиологии. Были выделены две группы: первая группа представлена студентами 1 семестра, количество студентов составило 41 (студенты 3-х учебных групп), и вторая группа – студенты 2 семестра в количестве 28 (студенты 2-х групп). Перед началом занятия студенты рандомизировано были разделены на подгруппы по четыре-пять учеников.

Каждый PBL кейс был представлен учащимся на занятии по завершению темы и на решение было отведено время в течение последующих занятий с интервалом не менее 1 недели, чтобы обеспечить достаточное время для самостоятельного изучения, т.е. процедурным образом, с предоставлением ситуационных задач с различными подходами в решении.

Студентам предлагалось поработать в назначенных им подгруппах, чтобы оценить представленную информацию, перечислить различные проблемы, выдвинуть гипотезу о том, что необходимо для решения. На обсуждение обычно отводилось 15 минут. Обсуждение проводилось в свободной непринужденной обстановке. Затем проводилась дискуссия в группах, в которой участвуют все подгруппы. Роль преподавателя в данном случае быть модератором. В ходе урока учащимся было рекомендовано сформулировать и составить список нерешенных вопросов в качестве учебных проблем. Студенты самостоятельно исследовали эти проблемы, используя список рекомендуемых материалов для чтения, интернет ресурсы, предложенные в начале. На следующем уроке (через неделю) работа с кейсом PBL была возобновлена. Подгруппам было отведено 15 минут времени для представления результатов. По завершению которого последовало открытое обсуждение в классе. Модератор учитывал процент участия каждого члена подгруппы при самостоятельной подготовке, как вклад в решение кейса.

Был составлен опросник для учащихся, на предмет доступности и удовлетворенности контентом поставленных задач, который был предложен в конце учебного цикла студентам. Студенты добровольно и анонимно могли ответить на вопросы по пятибалльной шкале Ликерта: 1 (легко решать, интересно), 2 (сложно решать, но интересно), 3 (можно решить, но не интересно), 4 (не понял сути задачи), 5 (против использования PBL).

**Результаты собственных наблюдений и их обсуждение.** Это исследование показало, что опытные преподаватели тратят значительное время на подготовку к учебным пособиям PBL по фундаментальным наукам, этот вклад

вознаграждается преимуществами, которые он приносит в их клиническую практику. Метод PBL зарекомендован как один из лучших в усвоении материала, хотя встречаются различного рода проблемы, связанные с управлением групповой динамикой, готовностью учиться в команде и самостоятельно, умением проводить анализ и интеграцию теоретического материала [5, 6, 7].

Результаты были проанализированы с учетом отчетов, собранных подгруппами. Нами была отмечена положительная корреляция между групповой динамикой, самостоятельным обучением и результатами обучения. Так, 62% студентов в подгруппах 1 семестра ответили на задачи PBL, тогда как на 2-м семестре с этой задачей справились 73,2% студентов. У студентов 2-го семестра результаты самостоятельной работы были представлены лучше, чем у студентов 1-го семестра, хотя имели место ошибочные направления в решении задачи. У студентов 1-го семестра возникли проблемы в межличностной коммуникации при выполнении самостоятельной работы. А также, студенты в подгруппах 1 семестра предлагали гипотезы, которые выходили за рамки учебного курса, студенты отстранялись от поставленной цели и задачи PBL. Наши наблюдения показали, что для этой группы студентов модератор (преподаватель) играет важную роль в обеспечении гибкости групповых дискуссий и участия студентов.

В подгруппах на 2-м семестре оптимальная групповая динамика в основном достигалась за

счет насыщенного взаимодействия – дискуссий и переговоров между участниками, имело место личностная мотивация студентов, лидеры и активные студенты принимали ответственность на себя. Однако, инструменты, которыми мы пользовались в данном исследовании не позволили нам оценить эти факторы в достаточной мере, но основываясь на рассказах студентов, можно было сделать вывод, что некоторые проблемы, по крайней мере в отношении социальных взаимодействий, присутствовали.

Таким образом, использование метода PBL показало, что успешность решения и усвоения материала выше у студентов с большим опытом обучения. Отмечена положительная корреляция между групповой динамикой, самостоятельным обучением и результатами обучения.

В конце групповых презентаций была проведена заключительная дискуссия, в ходе которой преподаватель выступил с интервенциями и теоретическими объяснениями, стремясь подчеркнуть наблюдаемые пробелы в обучении и привести дополнительные дискуссионные моменты, направленные на развитие рефлексивного компонента. Впоследствии, в конце цикла, нами было проведено анонимное анкетирование, касающееся восприятия студентами PBL в обоих группах.

Результаты показали, что ответы студентов 3-х групп 1-го семестра (n=41) на вопросы по пятибалльной шкале распределились следующим образом (табл. 1).

Таблица 1.

**Результаты опросника студентов 1-го семестра на предмет доступности и удовлетворенности контентом поставленных задач (по пятибалльной шкале Ликерта)**

	Категории ответов	Количество ответов	Процентное соотношение
Позитивные	легко решать, интересно	16	39
	сложно решать, но интересно	17	41,5
Отрицательные	можно решить, но не интересно	5	12,2
	не понял сути задачи	1	2,4
	против использования PBL	2	4,9
Всего		41	100

У студентов 2-го семестра (n=28) результаты опроса показали иную картину (табл. 2).



Таблица 2.

**Результаты опросника студентов 2-го семестра на предмет доступности и удовлетворенности контентом поставленных задач (по пятибалльной шкале Ликерта)**

	Категории ответов	Количество ответов	Процентное соотношение
Позитивные	легко решать, интересно	10	35,7
	сложно решать, но интересно	10	35,7
Отрицательные	можно решить, но не интересно	2	7,1
	не понял сути задачи	2	7,1
	против использования PBL	4	14,4
Всего		28	100

Категории ответов мы подразделили на позитивными и отрицательные впечатления студентов о PBL, так, первые две категории можно отнести к позитивным, а остальные три к отрицательным. Результаты показали, что на первом семестре 80,5% (табл. 1), а на втором 71,4% студентов (табл. 2) придерживаются идеи о том, что обучение и использование PBL в малых группах во время учебного цикла полезна для понимания содержания. Негативные впечатления также имели место быть, на первом семестре это составило 19,5% и соответственно на втором семестре – 28,6%. Студенты, которые отметили свое негативное отношение в основном полагались на трудности работы с методикой, использование привычного им образовательного опыта -традиционного метода.

Наши результаты дают основания, что для реструктуризации учебного цикла, что особенно важно для начинающих студентов, необходимо провести переформулировку проблем и диверсификацию прикладных учебных каркасов, в предлагаемых PBL задачах. Мы пришли к выводу, что качественный анализ, проведенный здесь, может дать более глубокое понимание.

### Список литературы

1. Servant-Miklos VF, Spliid CM. The construction of teaching roles at Aalborg university centre, 1970–1980. *Hist Educ* 5130: 1–22, 2017. doi:10.1080/0046760X.2017.1360402.
2. Tas Y, Sungur S. The effect of problem-based learning on self-regulated learning: a review of literature. *Croat J Educ* 14: 533–560, 2012.
3. Wirkala C, Kuhn D. Problem-based learning in k-12 education: is it effective and how does it achieve its effects? *Am Educ Res J* 48: 1157–1186, 2011. doi:10.3102/0002831211419491.
4. Vekli GS, Cimer A. Designing computer assisted problem based learning environment in the subject of endocrine system in human beings for high school biology. *Proc Soc Behav Sci* 47: 303–310, 2012. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.655.
5. Wilder S. Impact of problem-based learning on academic achievement in high school: a systematic review. *Educ Rev* 67: 414–435, 2015. doi:10.1080/00131911.2014.974511.

Таким образом, нами выявлено, что заинтересованность студентов в применении PBL в образовательном процессе высокая и эффективная.

### Выводы:

1. Внедрение PBL в учебный цикл способствует активации групповой деятельности и самостоятельной работы студентов.

2. Отмечена положительная корреляция между групповой динамикой, самостоятельным обучением и результатами обучения.

3. Роль преподавателя на уроках, построенных с использованием PBL особенно важна для начинающих групп и сводится в основном на построение гипотез, а также для налаживания межличностных связей в группах при обсуждении результатов.

**Наша признательность.** Мы благодарим студентов 1-го и 2-го семестров, которые участвовали в исследовании и ответили на вопросы анонимного анкетирования, что позволило провести наше исследование на своих занятиях.

**Конфликт интересов.** Авторы не заявляют о каких-либо конфликтах интересов, финансовых или иных.

6. Hmelo-Silver C. Problem-based learning: what and how do students learn? *Educ Psychol Rev* 16: 235–266, 2004. doi:10.1023/B: EDPR.0000034022.16470.f3.

7. Walker A, Leary H. A problem based learning meta analysis: differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdiscip J Probl Learn*. 3: 6–28, 2009. doi:10.7771/1541-5015.1061.

8. Schmidt HG, Rotgans JJ, Yew EH. The process of problem-based learning: what works and why. *Med Educ*. 45: 792–806, 2011. doi:10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x.

УДК 332.14 (575.2)

**Ибраимова Гульжамал Ибраимова,***к.б.н., с.н.с.,***Айсаева Шадия Юсупджановна,***к.б.н.**Институт горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек*

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСТАНА

**Аннотация.** Рассмотрено качество жизни населения в контексте устойчивого развития. Определен круг доступных статистических показателей с последующим разделением на 3 блока: социальный, экономический и экологический. Рассчитаны комплексные показатели социальной, экономической и экологической устойчивости, и интегральный (агрегированный) индекс устойчивости развития. Установлено, что для Баткенской, Иссык-Кульской и Чуйской области Кыргызстана характерно развитие, близкое к устойчивости, а для Джалал-Абадской, Нарынской, Ошской и Таласской областей – развитие с признаками неустойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие; комплексные индексы социальной, экономической и экологической устойчивости, агрегированный индекс устойчивости развития.

## КЫРГЫЗСТАНДЫН АЙМАКТАРЫНЫН ТУРУКТУУ ӨНҮГҮҮСҮНӨ КОМПЛЕКСТҮҮ БАА БЕРҮҮ

**Аннотация.** Туруктуу өнүгүүнүн шартында калктын жашоо сапаты каралат. Колдо болгон статистикалык көрсөткүчтөрдүн диапозону кийин 3 блокко бөлүнүү менен аныкталган: социалдык, экономикалык жана экологиялык. Социалдык, экономикалык жана экологиялык туруктуулуктун комплекстүү көрсөткүчтөрү жана өнүгүүнүн туруктуулугунун интегралдык (агрегацияланган) индекси эсептелет. Кыргызстандын Баткен, Ысык-Көл жана Чүй облустары үчүн туруктуулукка жакын өнүгүү мүнөздүү, ал эми Жалал-Абад, Нарын, Ош жана Талас облустары үчүн туруксуздуктун белгилери менен өнүгүү мүнөздүү экендиги аныкталган.

**Негизги сөздөр:** туруктуу өнүгүү; социалдык, экономикалык жана экологиялык туруктуулуктун комплекстүү индекстери, өнүгүүнүн туруктуулугунун бирдиктүү индекси.

## ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGIONS OF KYRGYZSTAN

**Abstract.** The quality of life of the population in the context of sustainable development was considered. The range of available statistical indicators was determined with the subsequent division into 3 blocks: social, economic and environmental. Comprehensive indicators of social, economic and environmental sustainability, and an integral (aggregated) index of development sustainability were calculated. It has been established that development close to sustainability is typical for the Batken, Issyk-Kul and Chui regions of Kyrgyzstan, and development with signs of instability is typical for Jalal-Abad, Naryn, Osh and Talas regions.

**Key words:** sustainable development, comprehensive index of social, economic and environmental sustainability, aggregated development sustainability index.

Концепция устойчивого развития была впервые сформулирована на конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992г.), где был утвержден план действий по устойчивому развитию и предложены позитивные системные решения стоящих перед человечеством экологических, экономических и социальных проблем. Эта концепция устойчивого развития приобрела статус важнейшего принципа существования земной цивилизации, что еще раз подтвердила свою приверженность к выбранному курсу прошедшая в 2012 году в Бразилии Конференция по устойчивому развитию (Рио+20) [6]. Устойчивое развитие представляет собой сочетание трех равнозначных и взаимозависимых компонент – социальной, экономической и экологической [14]. Игнорирование любого из этих аспектов может привести к «перекосам» в развитии и не позволит обеспечить его устойчивость.

В настоящей работе представлена оценка устойчивости социально-экономического и экологического развития регионов (Баткенской, Джалал-Абадской, Иссык-Кульской, Таласской и Чуйской областей) и Кыргызстана в целом.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования явились территории регионов Кыргызской Республики – Баткенская, Джалал-Абадская, Иссык-Кульская, Нарынская, Ошская, Таласская и Чуйская области.

Информационной базой для исследования послужили официальные данные, публикуемые Национальным статистическим комитетом Кыргызской Республики [1-4, 7-9, 11].

Для оценки устойчивости развития регионов отобраны 18 основных показателей. Перечень показателей и их пороговые (референтные) значения представлены в таблице 1, все показатели были приведены к нормированным

значениям. Далее, для учета весомости показателей и степени различия их по регионам проводились расчеты методом линейного масштабирования, используемый в международной практике при вычислении индекса развития человеческого потенциала [15]. Он основан на определении референтных точек (максимальных и минимальных значений индикаторов) и тем самым показывает реальное расположение показателя каждого конкретного региона между ними. Расчет производился по формуле (1), если связь показателя с устойчивостью развития положительна,

$$I = (X_{\text{факт}} - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) \quad (1),$$

и по формуле (2), если связь отрицательна

$$I = 1 - ((X_{\text{факт}} - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})) \quad (2),$$

где  $X_{\text{факт}}$  – фактическое значение показателя в регионе,  $X_{\text{min}}$ ,  $X_{\text{max}}$  – соответственно минимальное и максимальное значение показателя из всей группы включенных в рассмотрение регионов.

Расчеты комплексного показателя устойчивости по каждому блоку проведены по формуле:

$$I_j = (\sum KI_i) / n,$$

где  $I_j$  – комплексный показатель устойчивости по каждому блоку (экономическому –  $I_{\text{экон}}$ , социальному –  $I_{\text{социал}}$ , экологическому –  $I_{\text{экол}}$ ).

Интегральный индекс устойчивости развития рассчитывался по формуле:

$$I_{\text{уст}} = (I_{\text{экон}} + I_{\text{социал}} + I_{\text{экол}}) / 3, \quad 3,$$

где  $I_{\text{экон}}$  – экономическая устойчивость;  $I_{\text{социал}}$  – социальная устойчивость;  $I_{\text{экол}}$  – экологическая устойчивость. В предлагаемой методике критерии устойчивости развития приняты равнозначными, поэтому не использованы весовые коэффициенты.

Таблица 1.

**Показатели, использованные для расчета индексов социальной, экологической  
и экономической устойчивости**

Показатель	Размерность (ед. изм.)	Пороговые значения	
		max	min
<i>Социальная составляющая</i>			
Удельный вес сельского населения в общей численности населения	%	100	1
Естественный прирост населения	на 1000 человек	30	5
Суммарный коэффициент рождаемости (число детей на 1 женщину)	число детей на 1 женщину	4	1
Младенческая смертность*	на 1000 живорождений	60	3
Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) при рождении у мужчин	лет	82,5	25
ОПЖ при рождении у женщин	лет	87,5	25
Демографическая нагрузка за счет детей	%	70	20
Демографическая нагрузка за счет пожилых	%	4	20
Соотношение среднедушевого денежного дохода и величины прожиточного минимума	%	100	0
<i>Экономическая составляющая</i>			
ВВП, ВРП по ППС на душу населения	в \$ США по ППС	40000	100
<i>Экологическая составляющая</i>			
Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников	кг на 1 чел.	0	30
Потери воды при транспортировке от общего объема забора воды	%	0	50
Площадь земель, покрытых лесом	%	12	1
Обеспеченность пахотной землей на одного жителя	гектар	1	0
Неиспользованные пашни по причинам засоления и заболоченности	в % от общей площади пашни	0	5
Неиспользованные пашни по причинам отсутствия полива и неисправности оросительной сети	в % от общей площади пашни	0	10
Доступ населения к чистой питьевой воде	%	100	0
Доступ населения к адекватным санитарным условиям (канализация)	%	100	0

\* – обратный показатель (максимальное значение является худшим, в минимальное лучшим).

В нашем исследовании индикаторы социальной составляющей такие как «удельный вес сельского населения в общей численности населения», «естественный прирост населения», «суммарный коэффициент рождаемости», «ОПЖ при рождении у мужчин», «ОПЖ при рождении у женщин», «демографическая нагрузка за счет детей», «соотношение среднедушевого денежного дохода и величины прожиточного минимума» учитывались как усиливающие устойчивость развития при условии увеличения значений этих показателей. А «младенческая смертность» и «демографическая нагрузка за счет пожилых людей», учитывались как отрицательные или ослабляющие социальную устойчивость, так как чем выше значение этих показателей, тем более негативное влияние они оказывают на социально-экономическое и демографическое состояние регионов.

По блоку экономической составляющей использован один показатель – «валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения».



По блоку экологический составляющей показатели – «выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников», «потери воды при транспортировке от общего объема забора воды», «неиспользованные пашни по причинам засоления и заболоченности», «неиспользованные пашни по причинам отсутствия полива и неисправности оросительной сети» – учитывались как индикаторы оказывающие негативное влияние на среду проживания населения. Показатели «площадь земель, покрытых лесом», «обеспеченность пахотной землей на одного жителя», «доступ населения к чистой питьевой воде», «доступ населения к адекватным санитарным условиям» учитывались как индикаторы, оказывающие положительное влияние.

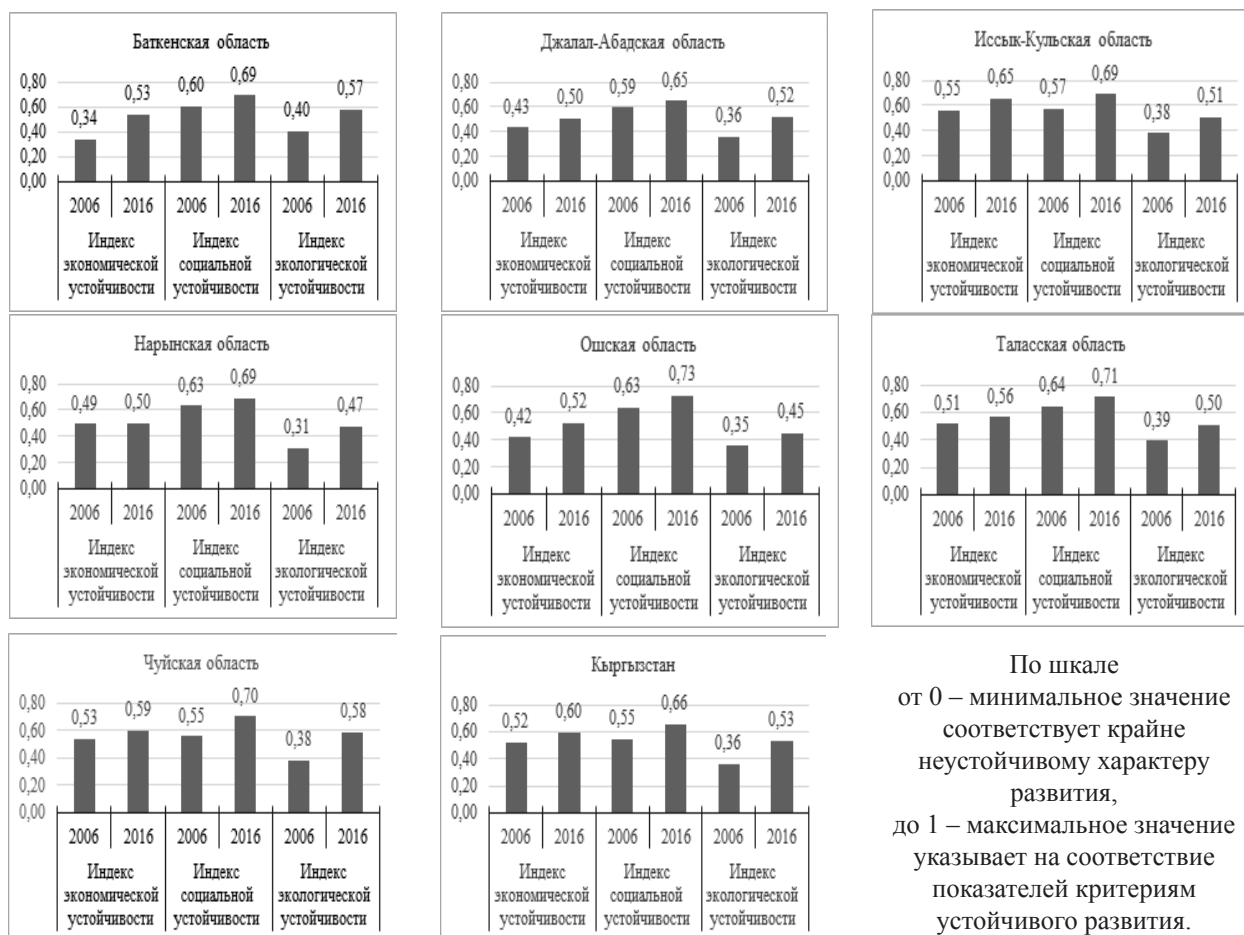
**Результаты исследования.** Расчеты комплексных показателей социальной, экономической ситуации и экологического состояния представлены на рисунке 1.

Индекс экономической устойчивости за период 2006-2016 гг. показал последовательное увеличение валового регионального продукта по паритету покупательной способности (ВРП по ППС) (см. рис 1). Несмотря на увеличение ВРП в 2016 г. худшие интегральные индексы экономической устойчивости наблюдались в Нарынской (0,50), Джалал-Абадской (0,50), Ошской (0,52) и Баткенской областях (0,53), лучшие – в Чуйской (0,59) и Иссык-Кульской (0,65) областях.

В 2006 г. индекс социальной устойчивости варьировал в пределах от 0,55 до 0,64, к 2016 г. незначительно повысился в Баткенской, Джалал-Абадской, Нарынской и Таласской областях. В остальных регионах значения социального индекса существенно выросли в Иссык-Кульской области (0,69), в Ошской области (0,73) и в Чуйской области (0,70).

**Рис.1.**

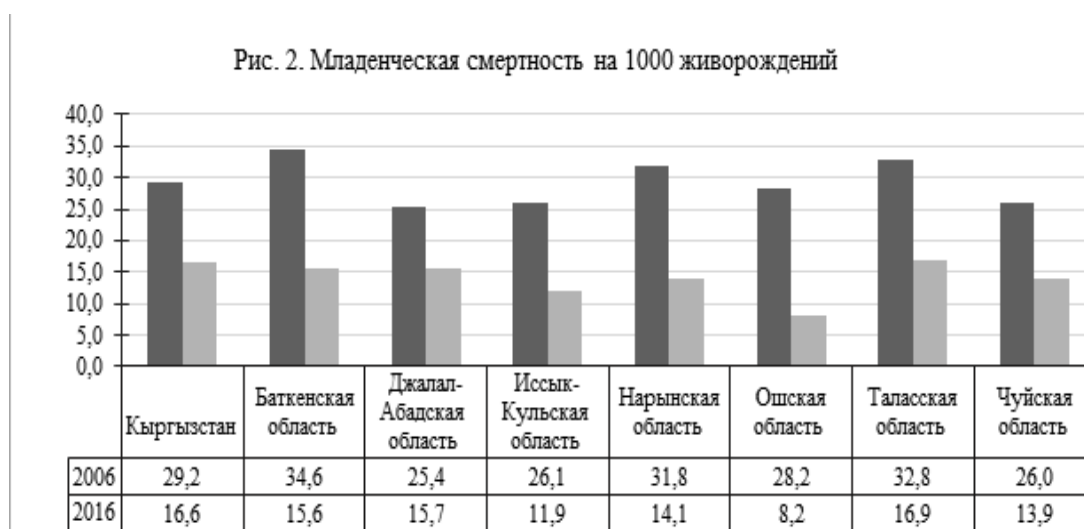
Комплексные показатели устойчивости развития регионов Кыргызской Республики в период 2006-2016 гг.



Следует отметить, что существенный вклад для поддержания социальной устойчивости развития на уровне указанных значений вносят демографические показатели – суммарный коэффициент рождаемости и естественный прирост населения (на 1000 чел.), несмотря на его снижение к 2016 г. в некоторых регионах (Нарынская и Таласская области). Тем не менее, в Кыргызстане поддерживается высокий уровень воспроизводства населения за счет превышения рождаемости над смертностью в 2,0-2,5 раза. Одновременно с благоприятными тенденциями

в изменении демографической ситуации, связанными с ростом рождаемости и положительным естественным приростом населения, происходило снижение младенческой смертности и рост ожидаемой продолжительности жизни.

На протяжении 2006–2016 гг. положительное влияние на устойчивость социального развития в регионах оказывает заметное снижение младенческой смертности – от 25,4 – 34,6 (Джалал-Абадская, Баткенская области) на 1000 родившихся в 2006 г. до 8,2 – 16,9 случаев в 2016 г. (Ошская, Таласская области) (рис.2).



Снижение младенческой смертности сопровождается повышением ожидаемой продолжительности жизни при рождении у мужчин и женщин, что также положительно повлияло на устойчивое социальное развитие. У мужчин

продолжительность жизни увеличилось от 1,4 года (Ошская область) до 4,7 лет (Иссык-Кульская область), и у женщин от 1,1 лет (Баткенская область) до 3,7 лет (Иссык-Кульская область) (табл. 2).

Таблица 2.

**Динамика ОПЖ при рождении у мужчин и женщин в регионах Кыргызской Республики за период 2006-2016 гг.**

	Мужчины			Женщины		
	2006	2016	Рост ОПЖ, лет	2006	2016	Рост ОПЖ, лет
<b>Кыргызстан</b>	<b>63,5</b>	<b>67,0</b>	<b>3,5</b>	<b>72,1</b>	<b>75,1</b>	<b>3,0</b>
Баткенская область	66,3	68,3	2,0	72,2	73,3	1,1
Джалал-Абадская область	65,5	67,7	2,2	72,2	74,6	2,4
Иссык-Кульская область	59,4	64,1	4,7	70,2	73,9	3,7
Нарынская область	59,7	64,0	4,3	71,1	73,5	2,4
Ошская область	66,7	68,1	1,4	72,2	74,5	2,3
Таласская область	66,9	66,0	-0,9	71,6	74,6	3,0
Чуйская область	60,6	65,0	4,4	70,7	74,0	3,3

Важными индикаторами при оценке социальной устойчивости развития являются такие показатели как демографическая нагрузка на трудоспособное население (возраста 15-64 года) детьми и подростками (0-14 лет) и демографическая нагрузка на трудоспособное население (возраста 15-64 года) пожилыми людьми (65 лет и старше). Изменение коэффициента демографической нагрузки имеет важные последствия для межпоколенных трансфертов и для социального обеспечения, приводит к изменению ВРП и объема бюджетных расходов на душу населения со всеми вытекающими из этого последствиями изменения уровня благосостояния населения территории [12, 13]. Анализ результатов показал, что за период 2006-2016 гг. во всех регионах за исключением Чуйской области на 100 человек трудоспособного возраста приходится в среднем 48,8-49,7 детей и 8,5-6,9 пожилых людей. В Чуйской области на 100 человек трудоспособного возраста отмечены низкие показатели 38,9-45,2 детей и 10,9-9,1 пожилых людей.

Одним из составляющих социального индекса является также соотношение среднедушевого денежного дохода и величины прожиточного минимума. Анализ данных показал, что стоимость жизни выше среднедушевых денежных доходов и это характерно для всех регионов. За период 2006-2016 гг. происходило увеличение денежных доходов и стоимости жизни. В 2006 г. соотношение среднедушевых денежных доходов населения к прожиточному минимуму составило от 33,3% (Джалал-Абадская область) до 64% (Чуйская область), к 2010 г. – от 60,2% (Нарынская область) до 79,8% (Чуйская область). К 2016 г. среднедушевые денежные доходы сравнялись с прожиточным минимумом только в двух областях – Иссык-Кульской (107,1%) и Чуйской (106,1%) областях.

Расчеты индекса экологической устойчивости показали менее благополучную ситуацию во всех регионах (см. рис. 1). Низкие значения индекса экологической устойчивости в 2006 году варьировали от 0,31 (Нарынская область) до 0,40 (Баткенская область) и обусловлены, прежде всего, значительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух и природные водоемы, потерями воды при транспортировке, неиспользованными пашнями по

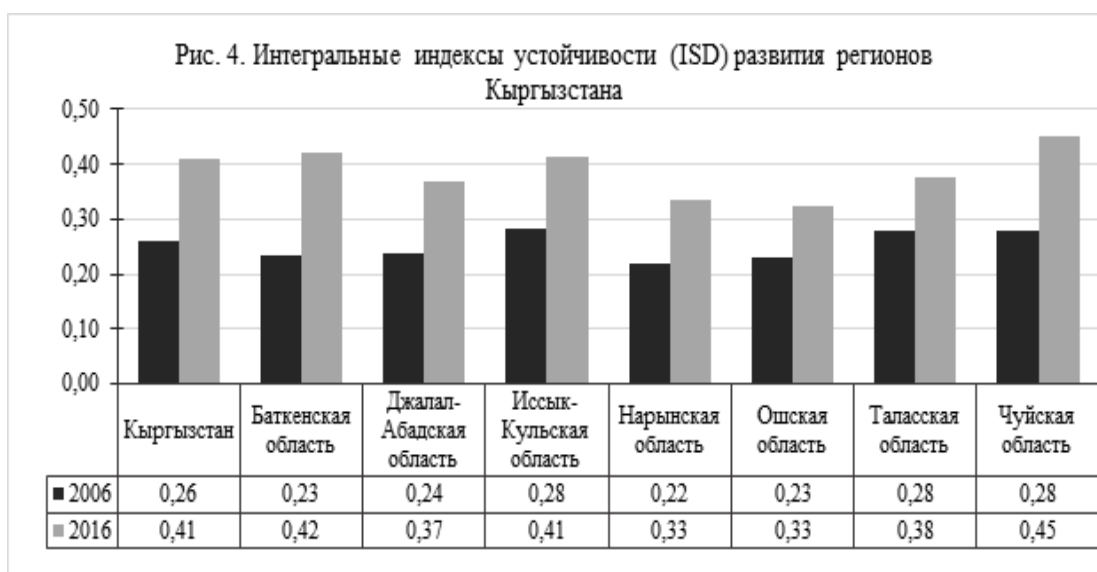
причине отсутствия полива и неисправности оросительной сети. К 2016 г. интегральные индексы экологической устойчивости заметно выросли от 0,47 (Нарынская область) до 0,58 (Чуйская область).

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ за период 2006-2016 гг. в Нарынской области увеличились в 71 раз (от 0,1 кг до 7,1 кг на душу населения), в Ошской области – в 10,5 раза (от 0,2 кг до 2,1 кг на душу населения), в Баткенской области – в 5 раз (от 2,4 кг до 12,1 кг на душу населения) и в остальных регионах значения выбросов колеблются в пределах 0,7-0,9 кг на душу населения. Значительными потерями воды от 17,7% до 31,1% при транспортировке отмечены во всех регионах. Кроме этих двух индикаторов на экологическую устойчивость негативное влияние оказывают заболоченность и засоление пахотных земель и эти явления отмечены в Таласской, Нарынской, Иссык-Кульской и Чуйской областях. За рассматриваемый период площадь земель, покрытых лесом не сокращены, и они благоприятствуют экологической устойчивости.

Кроме определения комплексных показателей социальной, экономической и экологической устойчивости нами был рассчитан агрегированный индикатор на региональном уровне [15]. По этому показателю можно судить о степени устойчивости территории. Если подобный агрегированный индикатор растет, то имеют место процессы устойчивого развития, если он уменьшается (или он отрицательный), то налицо «неустойчивость» процесса. Однако, в силу методологических и статистических проблем, сложностей расчета общепризнанного в мире интегрального индикатора еще нет.

Для интерпретации интегральной оценки устойчивости развития установлены границы индекса устойчивости в пределах от 0 до 1:

- 1-ый уровень –  $(0,8 < I_{уст} < 1,0)$  – высокий уровень устойчивости;
- 2-ой –  $(0,6 < I_{уст} < 0,8)$  – устойчивое развитие;
- 3-ий  $(0,4 < I_{уст} < 0,6)$  – развитие, близкое к устойчивому;
- 4-ый  $(0,2 < I_{уст} < 0,4)$  – развитие с признаками неустойчивости;
- 5-ый  $(0 < I_{уст} < 0,2)$  – состояние кризиса.



Из рисунка 4 видно, что в 2006 г. все регионы находились на 4-ом уровне устойчивости ( $0,2 < I_{уст} < 0,4$ ), т.е. для них характерно развитие с признаками неустойчивости. К 2016 году Баткенская, Иссык-Кульская и Чуйская области соответствуют 3-му уровню ( $0,4 < I_{уст} < 0,6$ ) – развитие, близкое к устойчивости, остальные области остались на 4-ом уровне устойчивости.

Таким образом, комплексная многоуровневая оценка устойчивости развития регионов Кыргызстана показала, что ни один регион не развивается устойчиво, так как очень сильны диспропорции между регионами по каждой из трех компонент, причем они имеют разнонаправленный характер. С помощью методики многоуровневой оценки устойчивости развития можно провести не только оценку степени

устойчивости в целом, но и анализ причин неустойчивости и детализировать обнаруженные проблемные элементы.

Интегральная оценка устойчивости развития показала невысокие значения, которые свидетельствуют о том, что ни один из регионов Кыргызстана не соответствует критериям устойчивого развития. Поэтому снижение устойчивости развития регионов требует корректировки, проводимой регионами социально-экономической политики, выработки мер, направленных на снижение негативного влияния факторов внешней и внутренней среды, а также поиск механизмов повышения устойчивости региональных социально-экономических и экологических систем.

#### Список литературы:

1. Демографический ежегодник Кыргызской Республики: 2005–2009. – Б: Нацстатком Кырг. Респ., 2010: – 322с;
2. Демографический ежегодник Кыргызской Республики: 2008–2012. – Б: Нацстатком Кырг. Респ., 2013: – 319 с.
3. Демографический ежегодник Кыргызской Республики: 2014–2018. – Б: Нацстатком Кырг. Респ., 2018: – 322с.
4. Доклад о состоянии здравоохранения в мире, 2002 г. Уменьшение риска, содействие здоровому образу жизни. Женева, ВОЗ, 2002.
5. *Ибраимова Г.И., Айсаева Ш.Ю.* Демографические аспекты социальной безопасности пожилого населения в регионах Кыргызстана и других горных странах. //Известия НАН КР, – 2013. – №4. – С.123–131.
6. Итоговый документ Конференции РИО +20 «Будущее, которого мы хотим». – 2012. – <http://www.uncsd2012.org/thfuturewewant.html>.
7. Окружающая среда в Кыргызской Республике 2008–2012. Статистический сборник. Бишкек, – 2013. – 67 с.
8. Окружающая среда в Кыргызской Республике 2010–2014. Статистический сборник. Бишкек, – 2015. – 82 с.

9. Окружающая среда в Кыргызской Республике 2011-2015. Статистический сборник. Бишкек, – 2016. – 118 с.
10. Оттавская хартия укрепления здоровья. ВОЗ. – Женева, – 1986. – 5 с.
11. Охрана окружающей среды в Кыргызской Республике 2000-2006. Статистический сборник. Бишкек, – 2008. – 127 с.
12. Прохоров Б.Б., Горшкова И.В., Шмаков Д.И., Тарасова Е.В. Общественное здоровье и экономика. – М.: МАКС Пресс, 2007. 292 с.
13. Прохоров Б.Б., Горшкова И.В., Тарасова Е.В. Условия жизни населения и общественное здоровье // Проблемы прогнозирования. – 2003. – №5. – С. 127-140.
14. Dahl, A. Towards indicators of sustainability / A. Dahl // Scope scientific workshop on indicators of sustainable development. – Wuppertal, – 1995. – 53 p.
15. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies Third Edition – N.Y.: UN DESA 2007. – 99 с.



УДК 612.1/8:616-01

**Сорокин Александр Анатольевич,***к.б.н.**зав. центром инновационных методов обучения и трансферта знаний***Курманбакиев Юрий Мансурович,***н.с. центра инновационных методов обучения и трансферта знаний,**Институт горной физиологии и медицины НАН КР,**Бишкек, Кыргызская Республика*

### **ВАЖНОСТЬ ПОНЯТИЯ «ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ» В СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы применения доверительных интервалов в современных медицинских исследованиях. Показывается, что расчеты доверительных интервалов в настоящее время становятся обязательными, для соответствия стандартам доказательной медицины. Кроме того, рассматриваются вопросы применения понятия noninferiority при анализе результатов медицинских исследований.

**Ключевые слова:** доверительный интервал, noninferiority, сохраненная доля, относительный риск.

### **АЗЫРКЫ МЕДИЦИНАЛЫК ИЗИЛДӨӨДӨ «ИШЕНИМ ИНТЕРВАЛЫ» ТҮШҮНҮГҮНҮН МААНИСИ**

**Аннотация.** Макалада заманбап медициналык изилдөөлөрдөгү ишеним интервалдарын колдонуу каралат. Ишенимдүүлүк интервалдарын эсептөө азыр далилдүү медицинанын стандарттарына жооп берүү үчүн милдеттүү болуп жатканы көрсөтүлгөн. Мындан тышкары, медициналык изилдөөлөрдүн натыйжаларын талдоодо noninferiority түшүнүгүн колдонуу маселелери каралат.

**Негизги сөздөр:** ишеним аралыгы, noninferiority, сакталган пайыз, салыштырмалуу тобокелдик.

### **THE IMPORTANCE OF THE CONCEPT «CONFIDENCE INTERVAL» IN MODERN MEDICAL RESEARCH**

**Abstract.** The article discusses the use of confidence intervals in modern medical research. It is shown that calculations of confidence intervals are now becoming mandatory to meet the standards of evidence-based medicine. In addition, the issues of the application of the concept of noninferiority in the analysis of the results of medical research are considered.

**Key words:** confidence interval, noninferiority, retained proportion, relative risk.

**Введение.** Несмотря на то, что существует достаточно много руководств, (например, [1]) регламентирующих представление результатов статистических расчетов в статьях, описывающих проведение медицинских исследований, существует существенная разница между представлением результатов в отечественных публикациях и публикациями в лучших медицинских журналах мира, таких как Lancet,

JAMA, The New England Journal of Medicine, British Medical Journal.

**Понятие доверительного интервала.** На наш взгляд принципиальная разница состоит в том, что основным средством для доказательства того или иного положения в отечественных публикациях служит расчет вероятности того, что верна нулевая гипотеза (знаменитое P), тогда как в публикациях указанных выше

журналах основная доказательная нагрузка ложится на доверительные интервалы. Судя по частоте использования этого понятия в мировых изданиях можно с большой долей уверенности говорить, что в области статистических доказательств сегодняшняя медицина является медициной доверительных интервалов. Таким образом, расчет доверительных интервалов в современных медицинских исследованиях становится обязательным.

Конечно, мы допускаем, что большинство читателей знакомо с понятием «доверительный интервал». Тем не менее мы позволим себе привести не строгое, но, как нам кажется, понятное описание этого понятия.

Представим себе, что вы тестируете новый препарат для снижения артериального давления. Сделали выборку 100 гипертоников и измерили у них артериальное давление. Нашли среднее по систолическому давлению, допустим получилось 180. Дали новый препарат и, через определенное время, опять измерили давление и нашли среднее, допустим получили 150.

Вопрос: может ли врач на основании этих двух чисел (180 и 150) сделать вывод, что препарат действует? Думается, что большинство читателей ответят нет и будут правы. А почему нет? Потому что если мы возьмем другие 100 человек и повторим исследование, то наверняка получим два других числа. Становится непонятным на основании каких двух чисел делать вывод. Далее, на земле проживают порядка 8 миллиардов человек и, следовательно, можно повторить исследование много раз, и по какому из этих исследований делать вывод становится совершенно не понятным.

Чтобы выйти из этой ситуации вводится понятие истинного значения параметра для данной популяции. При этом допускается, что если бы мы знали истинное значение, то никаких дополнительных расчетов для получения ответа о действии препарата было бы не нужно. Вывод можно было бы сделать просто, сравнивая два значения.

Встает вопрос как получить истинное значение? Ответ такой: чтобы получить истинное значение необходимо измерить ВСЮ генеральную совокупность, а еще желательно измерить тех, кто уже умер и тех, кто еще не родился.

Итак, не дано нам получить истинное значение, а что можно получить? А можно полу-

чить интервал, внутри которого с определенной вероятностью (обычно 95%) содержится истинное значение. Этот интервал и называется «доверительным интервалом». При этом, важно помнить, что все точки внутри доверительного интервала равноправны, каждая из них с одинаковой вероятностью может быть истинным значением.

В большинстве случаев, современные статистические пакеты программ содержат соответствующие опции для расчета доверительных интервалов, представление которых в статьях становится обязательным.

**Понятие noninferiority.** Еще один аспект использования доверительных интервалов, связан с исследованиями, получившими название исследования noninferiority. Эти исследования все чаще и чаще встречаются в западной литературе, но практически не представлены в отечественной. Поэтому мы решили с помощью данной статьи обратить внимание отечественных исследователей на подобный тип исследований. Перевод этого слова весьма затруднен, поскольку может не отражать сути процесса, для обозначения которого он используется. На наш взгляд, лучший перевод noninferiority – не хуже.

К примеру, во многих клинических условиях были разработаны эффективные стандарты медицинской помощи, и все труднее разрабатывать новые методы лечения с более высокой эффективностью, чем имеющийся стандарт медицинской помощи. Поэтому, в настоящее время цель многих исследований состоит не в том, чтобы определить, имеют ли новые методы лечения более высокую эффективность, а в том, чтобы определить имеют ли они эквивалентную или не уступающую эффективность чем те, которые используются в настоящее время.

Эти новые методы лечения могут обладать такими преимуществами, как меньшее количество побочных эффектов, более низкая стоимость, более легкое применение или меньшее количество лекарственных взаимодействий.

Другими словами, готовы ли исследователи немного пожертвовать эффективностью, чтобы приобрести ряд новых положительных эффектов?

Самое трудное в данном подходе это определить понятие «немного». Определение этой границы и является главной частью метода. Один из методов определения границы мы при-

ведем ниже, здесь же введем обозначение этой границы как  $\delta$ .

Тогда вариант *не хуже* устанавливается, если факты свидетельствуют о том, что эффективность новой терапии не более чем на  $\delta$  единиц меньше, чем у текущей терапии (предполагая, что чем выше, тем лучше). Когда чем ниже,

тем лучше, вариант *не хуже* устанавливается, если факты говорят о том, что эффективность новой терапии составляет не более  $\delta$  единиц больше, чем нынешняя терапия.

Для иллюстрации приведенных определений приведем рисунок 1, из публикации [2].

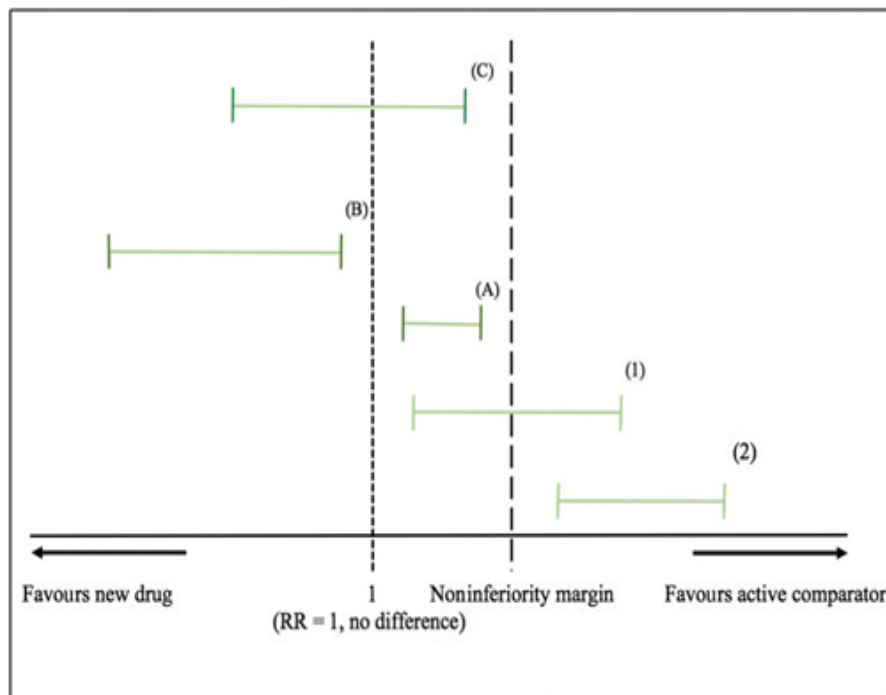


Рисунок 1. Графическая иллюстрация понятия noninferiority.

Для понимания рисунка прежде всего определимся, что в данном случае есть эффект. Поскольку RR означает relative risk, следовательно, эффект от нового препарата по отношению к старому оценивается делением рисков. Если отношение рисков равно 1, следовательно, риски равны (первая пунктирная линия). Если отношение рисков больше 1, следовательно, риск при применении нового препарата больше, чем риск при применении старого препарата. Граница noninferiority (вторая пунктирная линия), показывающая в данном случае во сколько раз вы считаете приемлемым рост риска от нового препарата по отношению к старому. Рассмотрим доверительный интервал (1). Как видно из рисунка, доверительный интервал пересекает границу noninferiority, следовательно, внутри доверительного интервала есть точки, демонстрирующие тот факт, что могут быть значения отношения рисков больше единицы и больше границы. Поскольку все точки внутри довери-

тельного интервала равноправны, нельзя опровергнуть допущение, что отношение рисков в действительности выходит за пределы границы noninferiority и, следовательно, невозможно продемонстрировать ситуацию *не хуже*.

Рассмотрим ситуацию (2) из рисунка. В данном случае доверительный интервал полностью лежит правее границы noninferiority. Это означает, что отношение рисков неприемлемо больше единицы. В данном случае, не только нельзя продемонстрировать ситуацию *не хуже*, но и приходится признать, что старый препарат лучше.

В случае доверительных интервалов (A), (B), (C) верхняя граница не пересекает границу noninferiority, что дает возможность продемонстрировать ситуацию *не хуже*. Более того, в случае (B), приходится признать, что отношение рисков меньше единицы и, следовательно, риск при использовании нового препарата меньше, то есть этот препарат лучше.

Несколько факторов определяют возможную максимальную потерю эффекта действующего препарата, которую заинтересованные стороны готовы принять в пользу ожидаемых преимуществ нового препарата. К этим факторам относятся серьезность показателя результата (например, необратимая заболеваемость или смертность), побочные эффекты действующего препарата, профиль риска и пользы и стоимость действующего препарата, а также считается ли, что эффект действующего препарата со временем уменьшился. После того как исследователи определились насколько эффективность нового препарата может быть меньше по сравнению с действующим, оставшаяся часть получила название сохраненной доли. При этом эффект нового препарата должен быть выше, чем сохраненная доля. Сохраненная доля в размере 50% стала обычной практикой в исследованиях, связанных с noninferiority (например, сердечно-сосудистые, необратимые заболевания и исходы смертности), но использовались более высокие (т. е. более строгие) доли (например, 90% сохраненной доли в антибиотиках) [2,3,4].

**Пример анализа на noninferiority.** В исследование SPORTIF V (Профилактика инсульта с использованием перорального ингибитора тромбина при фибрилляции предсердий V) [2] была сделана попытка продемонстрировать noninferiority ксимелагатрана по сравнению с варфарином у пациентов с неклапанной фибрилляцией предсердий для снижения риска тромбоэмболических осложнений. Используя метод фиксированной доли, было решено, что ксимелагатран должен сохранять по крайней мере 50% эффективности варфарина, обнаруженной в предварительных исследованиях, чтобы считаться *не хуже*. Относительный риск (RR) варфарина по сравнению с плацебо в снижении риска инсульта и системной эмболии составило 0,36 при 95% ДИ (Доверительный Интервал) 0,25 – 0,53 на основе шести плацебоконтролируемых исследований. Таким образом, если принять, что истинное значение равно

0,25, значит применение варфарина уменьшает вероятность инсульта в  $1/0,25 = 4$  раза. Если же принять за истинное значение 0,53, то использование варфарина снижает вероятность инсульта только в  $1/0,53 = 1,9$  раза. Для определения предела noninferiority всегда берется та граница ДИ, которая является ближайшей к нулевому эффекту. В данном случае нулевым эффектом является случай, когда эффективность варфарина и плацебо равны, то есть отношение рисков равно единице. Границей ДИ ближайшей к единице является 0,53, поэтому именно эта граница должна быть выбрана для дальнейших расчетов. Итак, использование верхнего предела ДИ приводит к заключению, что использование плацебо вместо варфарина в самом крайнем случае представляет риск 1,90 ( $1/0,53 = 1,90$ ) (увеличение риска на 90%). Теперь надо найти 50% от 1,9, так как мы договорились, что сохраним не меньше 50% эффективности варфарина для ксимелагатрана. Поскольку мы имеем дело с отношением рисков, поиск 50% от 1,9 необходимо проводить в логарифмической шкале. Пролетав эти вычисления, мы получим значение 1,38, что и будет верхней границей noninferiority. Следовательно, для вывода о *не хуже* верхний предел относительного риска применения ксимелагатрана по сравнению с варфарином должен быть меньше 1,38. Относительный риск применения ксимелагатрана по сравнению с варфарином в исследовании SPORTIF V составил 1,39 (95% ДИ, 0,91 – 2,12). Поскольку верхний предел этого ДИ (2,12) превышает границу noninferiority, нельзя утверждать, что ксимелагатрана не хуже варфарина.

**Заключение.** В данной работе проделана попытка обратить внимание исследователей медиков на такие широко используемые в мировой литературе понятия как доверительный интервал и анализ noninferiority. Несомненно, введение в анализ любого медицинского исследования этих понятий существенно повысит доказательность исследования и приближение к мировым стандартам доказательной медицины.

### Список литературы:

1. Altman D.G., Shultz K.F., Moher D., Egger M., Davidoff F., Elbourne D., Gotzsche P.C., and Lang T. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med* 2001;134:663–94.
2. Turki A. Althunian, Anthonius de Boer, Rolf H. H. Groenwold and Olaf H. Klungel Defining the noninferiority margin and analysing noninferiority: An overview. *Br J Clin Pharmacol* (2017); – V. 83. – P. 1636–1642
3. Snapinn S, Jiang Q. Preservation of effect and the regulatory approval of new treatments on the basis of noninferiority trials. *Stat Med* 2008; – V. 27. – P. 382–91.
4. Snapinn SM. Alternatives for discounting in the analysis of noninferiority trials. *J Biopharm Stat* 2004; – V.14 – P. 263–73. [https:// doi.org/10.1081/BIP-120037178](https://doi.org/10.1081/BIP-120037178).

УДК 378:611.01

**Бейшеналиева Уулкан Усонбековна,**  
*к.п.н., доцент кафедры «Информационные технологии»*  
**Ибраева Назгуль Илиязовна,**  
*к.б.н., доцент кафедры «Естественнонаучного образования»*  
**Осмонова Бермет Майрамбековна,**  
*директор центра карьеры НГУ им.С.Нааматова, преподаватель кафедры*  
*«Информационные технологии»*  
**Кадыралиев Кайыпбек Кадыралиевич,**  
*к.м.н., заведующий отделением кардиологии НОБ НГУ им. С. Нааматова кафедра*  
*«Информационные технологии»,*  
*кафедра «Естественнонаучного образования»*  
*Нарын, Кыргызская Республика*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ ПО ПРЕДМЕТАМ: «АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА»**

**Аннотация.** Данная статья направлена на совершенствование методики преподавания дисциплин «Анатомия человека» и «Возрастная анатомия» при комплексном проведении профессионально-специальных исследований в области педагогики в Нарынском государственном университете (НГУ). В статье особое внимание уделено теме анатомии человека и связи ИТ-технологий. Рассмотрена возможность учебной демонстрации анатомии человека на основе трехмерного графика в сфере образования. При этом в учебном процессе были рассмотрены использование и возможности 3D-моделирования с помощью программного обеспечения Ultimaker Cura.

**Ключевые слова:** анатомия, скелет, муляж, строение организма, 3D моделирование, слайсер, ИТ технология, демонстрация, интерактивная доска, прототипирование.

### **«АДАМ АНАТОМИЯСЫ ЖАНА ФИЗИОЛОГИЯСЫ» САБАКТАРЫН ӨТҮҮДӨ 3D ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН КОЛДОНУУ**

**Аннотация.** Бул статьяда Нарын мамлекеттик университетинде (НМУ) педагогика багытындагы кесиптик жана адистик изилдөөлөрдү ар тараптуу жүргүзүүдө «Адамдын анатомиясы», «Курактык анатомия» дисциплиналарынын окутуу методдорун жакшыртууга багытталган. Макалада адамдын анатомиясы предмети жана ИТ технологиясынын байланышына өзгөчө көңүл бурулду. Билим берүү чөйрөсүндө адамдын анатомиясынын үч өлчөмдүү графигинин негизинде көрсөтмөлүү демонстрацияланышынын (жарыяланышы) мүмкүнчүлүгү каралды. Ошону менен катар окутуу процессинде 3D моделдөөнү Ultimaker Cura программалык жабдыгынын жардамы менен колдонулушу жана мүмкүнчүлүктөрү каралды.

**Негизги сөздөр:** анатомия, скелет, модель, дене түзүлүшү, 3D моделдөө, кесүүчү, ИТ технология, демонстрация, интерактивдүү доска, прототиптөө.

### **USING 3D TECHNOLOGIES WHEN CONDUCTING LESSONS ON THE SUBJECT: «HUMAN ANATOMY AND PHYSIOLOGY»**

**Abstract.** This article aims to improve the teaching methods of «Human Anatomy» and «Age Anatomy» disciplines in comprehensively conducting professional and specialized research in the field of pedagogy at Naryn State University (NSU). The article paid special attention to the subject of human anatomy and the connection of IT technology. The possibility of an instructional demonstration (publication)



of human anatomy based on a three-dimensional graph in the field of education was considered. At the same time, the use and possibilities of 3D modeling with the help of Ultimaker Cura software were considered in the teaching process.

**Key words:** anatomy, skeleton, model, body structure, 3D modeling, slicer, IT technology, demonstration, interactive whiteboard, prototyping.

С развитием информационных технологий, в Кыргызской Республике ведутся работы по внедрению электронного здравоохранения и использованию электронного здравоохранения в медицинском обслуживании населения. Именно исходя из этого, в преподавании вышеуказанных предметов внедряются ИКТ, 3D визуализация и использование интерактивных досок в обучении студентов.

Современное поколение студентов предъявляет заметно повышенные требования как к технологической платформе обучения в целом, так и электронного обучения в частности. В значительной мере это связано с заметно возросшим уровнем компьютерной грамотности «среднего» современного студента [3].

В настоящее время всё больше инновационных методов внедряется в медицину и образовательный процесс. 3D моделирование (трехмерное моделирование) – относительно новое направление, которое, однако, быстро развивается и применяется во многих областях. Иллюстрационный материал, качественные компьютерные демонстрации, видеофрагменты, поясняющие основные законы и пробуждающие интерес к науке, делают дисциплину более живой, понятной и запоминающейся. Также данные технологии способствуют развитию абстрактного мышления, что так важно для будущего специалиста [4, 3].

3D моделирование – процесс визуализации объекта в трехмерном пространстве с помощью компьютерных программ [1]. Возможности современной компьютерной графики позволяют демонстрировать внешний и внутренний вид объекта с максимальной реалистичностью. Интерактивное 3D – проверенный способ улучшить понимание и скорость обучения анатомии, болезням и лечению.

Инновационные образовательные технологии как процесс – это целенаправленное, систематическое и последовательное внедрение в практику оригинальных, новаторских способов, приемов педагогических действий и средств, охватывающих целостный учебный процесс от определения его цели к ожидаемым результатам.

Уже 4 года мы используем программное обеспечение Cura, также 3D принтер Micromake C1 Metal, для распечатки 3D моделей.

Слайсер – это компьютерная программа, подготавливающая для 3D-принтера цифровую модель объекта для печати. Технология создания объемной фигуры подразумевает ее послойный набор. Приложение-слайсер нарезает ее на слои заданной толщины, и печатающее устройство, считывая закодированную информацию, создает нужный объект [2].

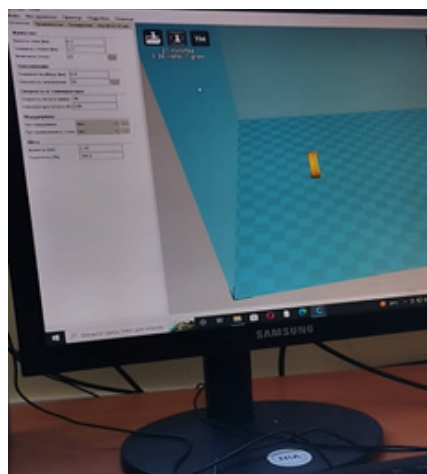
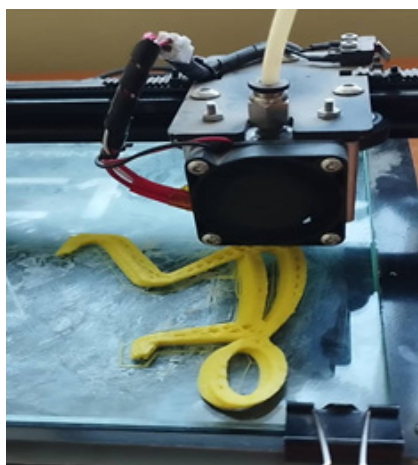


Рис 1. 3D принтер Micromake C1

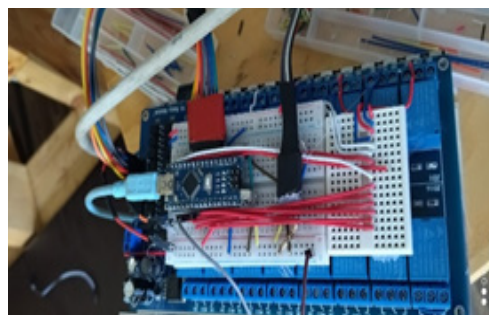
Целью нашего исследования является использование инновационных технологий в преподавании анатомии человека для повышения качества образования.

#### **Материалы и методы исследования**

В 2018 году в КГТУ им. И. Раззакова в рамках проекта «Расширение возможностей и повышение роли женщин в STEM», реализуемого при финансовой поддержке Демократической Комиссии Посольства США в КР состоялось подведение итогов Конкурса инновационных проектов «Женщины в STEM». В итоге из Нарынской области выиграли проект "Организация кружков по робототехнике", на выигранные деньги получили детали по робототехнике, также 3d принтер Micromake C1. Участники

проекта: Бейшеналиева У., Кулманбетова С.М., Осмонова Б.

В данное время в кружке по робототехнике активно работают студенты колледжа "Иностранные языки и программирование компьютерных систем" НГУ им.С.Нааматова совместно со студентами кафедры ИТ, применяют навыки работы ИКТ, робототехники и распечатки 3D изображений. Кафедра Естественного образования успешно используют данные технологии в своем обучении, такие материалы и методы как: макеты, интерактивные доски, 3D видеоматериалы, а также практические работы ведутся и во время выездных открытых уроках для сельских школ.



*Рис 2.* Студенты во время практических работ.

Принцип работы Ultimaker Cura.

Программа Ultimaker Cura – удобный в использовании слайсер, который генерирует G-код для различных моделей 3D-принтеров. Программное обеспечение для 3D-печати с открытым исходным кодом – он работает практически со всеми доступными настольными 3D-принтерами. Слайсер Cura поддерживает такие форматы файлов, как OBJ, STL, 3MF, X3D, а также изображения в формате GIF, BMF, PNG и JPG.

Движок Cura содержит алгоритм для преобразования 3D-моделей, загруженных на платформу сборки, в строки gcode для печати. Движок Cura использует все входные данные, доступные в пользовательском интерфейсе, чтобы создать то, что мы хотим.

Доступ к камере совместимого 3D-принтера Ultimaker можно получить двумя способами; либо через Digital Factory с использованием облачного подключения, либо через «вкладку монитора» Ultimaker Cura при подключении к локальной сети. Это означает, что для просмотра

камеры из Ultimaker Cura принтер должен быть добавлен в Ultimaker Cura как локальный сетевой принтер. Ultimaker Cura изначально поддерживает загрузку широкого спектра типов файлов, включая 2D-изображения, gcode и файлы проектов. Поддерживаемые расширения, файл 3MF (.3mf), AMF (.amf), биржа цифровых активов COLLADA (.dae), обмен сжатыми цифровыми активами COLLADA (.zae), открытая сжатая треугольная сетка (.ctm), STL-файл (.stl), формат Стэнфордского треугольника (.ply), OBJ-файл волнового фронта (.obj), X3D-файл (.x3d), двоичный файл glTF (.glb), glTF Встроенный JSON (.gltf).

Поддерживаемые картинки, изображение BMP (.bmp), GIF-изображение (.gif), изображение в формате JPEG (.jpeg), JPG-изображение (.jpg), PNG-изображение (.png).

Здесь мы видим 3d модели внутренних органов, созданные с программой 3D MAX [4]. По этой ссылке можно ознакомиться разработанными 3d моделями высокого качества.

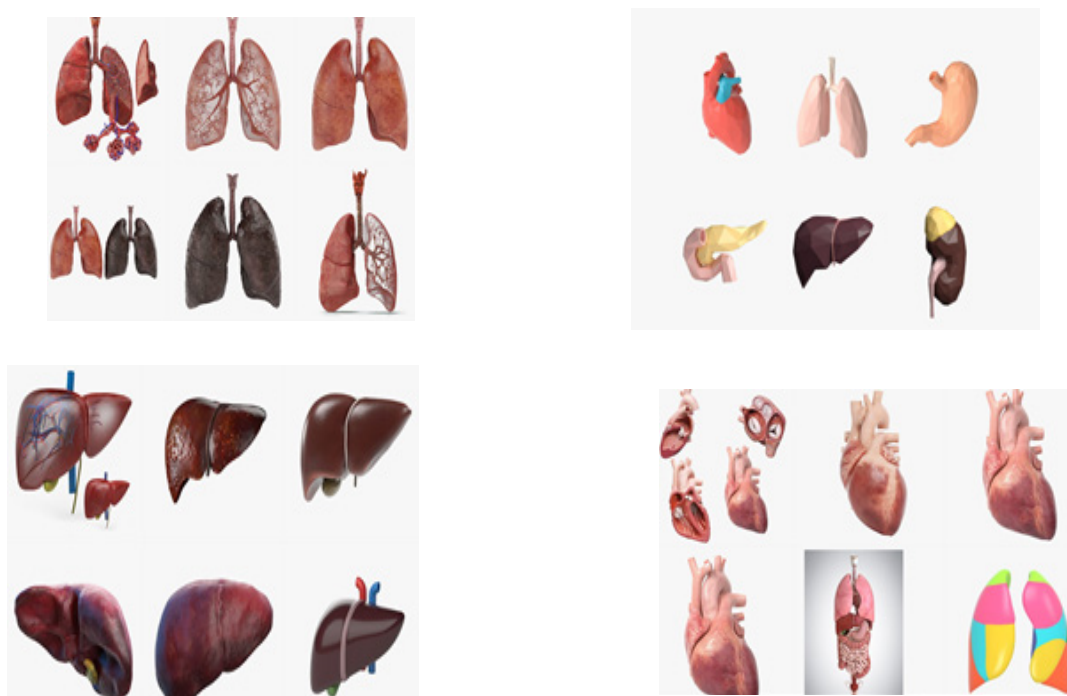


Рис 3. 3d модели внутренних органов

В следующем рисунке показана 3D модель мозга человека в трехмерном пространстве.

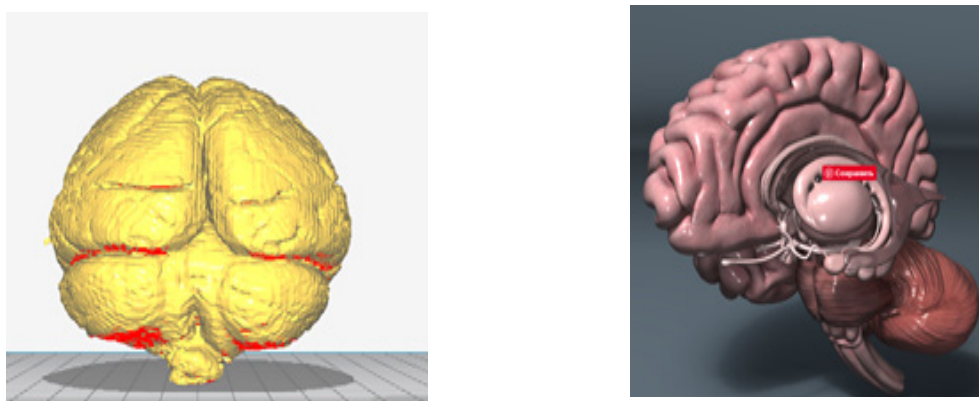


Рис 4. Анатомия головного мозга человека



Рис 5. Настройка моделей



Рис 6. 3D модель фрагмент позвоночника

Полноразмерный остов человека поделенный на 16 сегментов. Позвоночный столб имеет S-образный вид, что придаёт ему упругость, гибкость, а также смягчает любые сотрясения, появляющиеся при ходьбе, беге и других физических нагрузках. Строение позвоночника и его форма, обеспечивает человеку возможность прямохождения, поддерживая в теле баланс центра тяжести [3].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Преподавание курса «Анатомия» человека подразумевает постоянное сопровождение курса демонстрационным экспериментом. Однако в силу специфики предмета, демонстрация внутренних органов человека возможна либо на плоскостных иллюстрациях, либо с использованием объемных муляжей, которые могут дать более или менее объемное восприятие. Однако у тех и других наглядных средств есть свои недостатки.

Отличной заменой вышеописанных видов наглядных пособий могут выступить различные инновационные технологические приемы с использованием телефонов, планшетов, смартфонов.

Совместно с коллегами в области информационных технологий был выбран метод демонстрации и топографии внутренних органов человеческого организма с помощью различных приложений и программ, используемых в современных смартфонах. Среди них были отобраны те программы, которые наиболее детально демонстрировали части тела человека, а именно внутренние органы и системы органов в трехмерном изображении. В числе данных программ были Ultimaker Cura – удобный в использовании слайсер, который генерирует G-код для различных моделей 3D-принтеров.

Первая попытка применения в учебном процессе вышеперечисленных приложений была проведена нами, совместно со специалистами в области информационных технологий в 2021-2022 учебном году на базе Нарынского государственного университета им. С. Нааматова Нарынской области. Эксперимент проводился на практических занятиях по предмету «Анатомия и физиология человека» среди академических групп 2-го ЕНО-20 и 3-курса группы ЕНО-19, направления «Биология», где студенты были ознакомлены с возможностями использования 3D-технологий. Педагогический эксперимент будет продолжен в 2022-2023 годах, среди других академических групп направления «Биология» и «Методика преподавания биологии». На начальном этапе, в ходе изложения практического материала, использовались плоскостные иллюстрации, а затем информация закреплялась с помощью трехмерных моделей, представленных в программах. В последующем все больше времени отводилось 3D-изображениям, нежели плоскостным иллюстрациям. В основном место плоскостных иллюстраций заменяли текстовые блок-схемы. Наиболее обширно приложения использовались при изучении тем: «Опорно-двигательная система», «Мышечная система», «Нервная система». В перечисленных темах есть много описаний достаточно мелких и подробных деталей в строении человеческого организма, таких как: артериальные и венозные сосуды, поверхностные и глубокие мышцы тела, нервные волокна и сегментарное строение нервной системы и т.д. Иллюстрации и муляжи не могли одновременно отобразить всех деталей в одномерной плоскости, в то время как в трехмерной модели тела человека, прокручивая картинку во всех плоскостях и осях, убирая или добавляя какие либо органы, была изучена



топография одновременно нескольких систем органов, их послойное расположение и т.д., что дало значительный эффект в визуальном и образном представлении анатомического строения тела человека. При этом благодаря звуковому сопровождению, можно было неоднократно прослушивать и запоминать информацию на слух. Также ввиду аппаратной доступности, почти каждый студент был обеспечен инновационной технологией, что давало возможность для прочного закрепления полученной информации и самостоятельной работы с ней. При традиционном проведении практических занятий, у многих студентов возникали проблемы при описании топографии различных органов и систем. Это все отражалось в результате обучения. После использования трехмерных моделей, все больше студентов начинали проявлять интерес к предмету, и к возможностям информационных технологий в целом.

#### Список литературы:

1. Степанов А.Ю., Дягилев Д.В., Владимиров А.А. Разработка трехмерной анатомически точной модели человека/ [https:// cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trehmernoy-anatomicheski-tochnoy-modeli-cheloveka/viewer](https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-trehmernoy-anatomicheski-tochnoy-modeli-cheloveka/viewer)
2. Кобринский Б.А. Персонализированная медицина: электронное здравоохранение и интеллектуальные системы. Часть 2. Молекулярная генетика и методы интеллектуального анализа. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017; 62(6):16-22. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2017-62-6-16-22>
3. Винник Ю.С., Дунаевская С.С., Ратова М.Р. Возможности применения 3D моделирования при изучении темы Местная анестезия. //Современные проблемы науки и образования. –2014.–№1.; URL: [https:// science-education.ru/ru/article/view?id=12204](https://science-education.ru/ru/article/view?id=12204) (дата обращения: 14.08.2022).
4. Соловов А. Электронное обучение – новая технология или новая парадигма? / А. Соловов // Высшее образование в России. – 2006. – № 11. – С. 104-112.
5. Юлдашева Г.Т. (2021) «Тенденции развития навыков интерактивных онлайн- курсов в дистанционных условиях современного общества». Экономика и социум. №5 (84). 2. Yuldasheva G.T. (2020)
6. C. Erolin. Interactive 3D Digital Models for Anatomy and Medical Education. July 2019. DOI:10.1007/978-3-030-14227-8\_1. In book: Biomedical Visualisation (pp.1-16)
7. <https://vektor.us/blog/slajser-dlya-3d-printera.html?ysclid=l6s89rvwml607446975>
8. <https://the3d.ru/Catalog/Model/4266>
9. <https://www.turbosquid.com/3d-model/lungs>
10. [https://www.turbosquid.com/3d-model/anatomy?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=US-en-TS-Generic&utm\\_term=&mt=&dev=c&itemid=&targid=dsa-1590687171582&loc=9070442&ntwk=s&dmod=&adp=&gclid=Cj0KCQjw192XBhC7ARIsAHLI9anBWKoGloyT-IGlpqYkJKrHnW137bzAmNby\\_1x7\\_df7A4MhuP7Nk0aAuBiEALw\\_wcB&gclid=aw.ds](https://www.turbosquid.com/3d-model/anatomy?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=US-en-TS-Generic&utm_term=&mt=&dev=c&itemid=&targid=dsa-1590687171582&loc=9070442&ntwk=s&dmod=&adp=&gclid=Cj0KCQjw192XBhC7ARIsAHLI9anBWKoGloyT-IGlpqYkJKrHnW137bzAmNby_1x7_df7A4MhuP7Nk0aAuBiEALw_wcB&gclid=aw.ds)

#### Выводы:

1. Совместная работа кафедр Информационные технологии, Естественнонаучное образование дают возможность студентам получать углубленные навыки и приемы работы с использованием ИТ технологий, развивать практические умения для дальнейшей работы после выпуска образовательного учреждения.

2. Использование интерактивных досок и наглядные видеоматериалы, использования 3D-видеоматериалов в образовательном процессе дают студентам больше понимания и пробуждающие интерес к науке, делают дисциплину более живой, понятной и запоминающейся.

3. Оптимизация образовательного процесса и повышение квалификации преподавателей в сфере ИКТ.



**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**  
**АВТОРЛОР ЖӨНҮНДӨ МААЛЫМАТ**  
**INFORMATION ABOUT AUTHORS**

1. **Prof. Dr. Gustavo Zubieta-Calleja**, Head of High Altitude Pulmonary and Pathology Institute (HAPPI-IPPA), La Paz, Bolivia, gzubietajr@gmail.com

2. **Natalia Zubieta-DeUrioste** High Altitude Pulmonary and Pathology Institute, La Paz, Bolivia, natalia.zubietadeuri@ucalgary.ca

3. **Абрамова И.А.**, н.с. лаборатории физиологии иммунной системы, Институт горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, ira-alex.abramova@yandex.ru

4. **Абдыганыев Нурудин Абдыганиевич**, к.м.н., доцент, Ошский государственный Университет

5. **Айдаралиев А.А.** академик НАН КР, декан международной школы медицины УНПК МУК, г. Бишкек

6. **Айсаева Ш. Ю.**, к.б.н., с.н.с. Международной высшей школы медицины, Бишкек, ул. Анкара 1/5, +996559330334, г. Бишкек, Кыргызская Республика, sh.aisaeva@gmail.com

7. **Алипбекова А.С.** старший преподаватель АО «Казахский Национальный Медицинский Университет имени С.Д. Асфендиярова», +77051283898, Алматы, Республика Казахстан, alipbekova.a@kaznmu.kz

8. **Антипов Игорь Викторович**, к.б.н., доцент кафедры Адаптивной физической культуры факультета физической культуры и реабилитации, Ульяновский государственный университет, 432048, г. Ульяновск, с.тел.: 89041896451, E-mail: balmv@mail.ru

9. **Арабова З.У.**, к.м.н., старший преподаватель кафедры нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Проспект Рудаки, 139, +992935075030, г. Душанбе, Таджикистан

10. **Астащенко Анжела Павловна**, к.б.н., доцент кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, 394036, г Воронеж, улица Студенческая, 10. E-mail: cercea1@rambler.ru. тел. 8(473)252-78-80, моб. 8-920-4335162. ORCID 0000-0001-6416-6454, SPIN-код 5287-6173.

11. **Балыкин Михаил Васильевич**, д.б.н., профессор, зав. кафедрой Адаптивной физической культуры факультета физической культуры и реабилитации, Ульяновский государственный университет, с.тел.: 89603695455, E-mail: balmv@mail.ru

12. **Балыкина Елена Сергеевна**, аспирант кафедры Адаптивной физической культуры, факультет физической культуры и реабилитации, Ульяновский государственный университет, с.тел.: 89603695455, E-mail: balmv@mail.ru

13. **Бейшеналиева Уулкан Усонбековна**, к.п.н., доцент кафедры «Информационные технологии» НГУ имени С.Нааматова

14. **Белов Георгий Васильевич**, д.м.н., профессор, зав.лаб., Институт горной физиологии и медицины НАН КР, bagdan1954@mail.ru

15. **Билецкая Елена Степановна**, ассистент кафедры нормальной физиологии Гродненского государственного медицинского университета, г. Гродно, проспект Космонавтов 4 б, кв.51., Тел. 8-0152-62 16 05, Моб.тел. +375-29-268-93-39, e-mail: biletskaya.e@inbox.ru

16. **Бойко Евгений Рафаилович**, д.м.н., профессор; директор Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; +7(88212)24-00-85 boiko60@inbox.ru

17. **Борисенко Н.С.**, н.с. Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

18. **Бузник Галина Викторовна** – к.м.н., докторант отдела нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «ИЭМ», Санкт-Петербург, 197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12, galina-viki@mail.ru

19. **Вишневский А.А.**, д.б.н., профессор, с.н.с. Института горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, polonis@bk.ru

20. **Волкова Светлана Алексеевна**, студ. 3 курса леч. факультета, 394036, г. Воронеж, улица Студенческая, 10. тел. 89507595813, e-mail: volkova.svetlana01@mail.ru

21. **Воротникова Марина Вячеславовна**, к.б.н., доцент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Ульяновский Государственный университет», 432017, Российская Федерация, город Ульяновск, улица Льва Толстого, дом 42, Тел. 8 (8422) 32-70-82, mar.vorotnikova@mail.ru

22. **Ганопольский Вячеслав Павлович**, д.м.н. доцент, зав. каф. фармакологии, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства Обороны Российской Федерации, тел. +79213311231, ganvp@mail.ru

23. **Гуляй Ирина Эдвардовна**, к.б.н., доцент, научно-исследовательской лаборатории Гродненского государственного медицинского университета, г. Гродно, БЛК, д.40, кв.46, Тел. 8-0152-62 16 05, e-mail: irinagulyai@gmail.com

24. **Джунусова Г.С.** д.м.н., профессор, директор Института горной физиологии и медицины НАН КР, г.Бишкек, aiperi-03@mail.ru

25. **Дорохов Евгений Владимирович**, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой нормальной физиологии Воронежского государственного медицинского университет им. Н.Н. Бурденко, 394036 г. Воронеж, ул. Студенческая, 10, ORCID: 0000-0002-2096-411X, SPIN: 7464-1264, E-mail: dorofov@mail.ru, +79102408246

26. **Евстигнеева Ольга Валерьевна**, к.б.н., доцент кафедры Адаптивной физической культуры факультета физической культуры и реабилитации, Ульяновский государственный университет, 432048, г. Ульяновск, с.тел.: 89033368250, E-mail: elena-klyuchnikova-1981@yandex.ru

27. **Епихина Татьяна Валерьевна**, студ. 3 курса леч. факультета, 394036, г. Воронеж, улица Студенческая, 10. тел. 89211026469, e-mail: tatiana.epikhina02@mail.ru

28. **Зеркалова Юлия Феликсовна**, к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Ульяновский Государственный университет», 432017, Российская Федерация, город Ульяновск, улица Льва Толстого, дом 42, Тел. 8 (8422) 32-70-82, juya.ru.73@gmail.com

29. **Зеркалова Яна Игоревна**, ассистент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Ульяновский Государственный университет», 432017, Российская Федерация, город Ульяновск, улица Льва Толстого, дом 42, Тел. 8 (8422) 32-70-82, zerkalova.yana@mail.ru

30. **Зинчук Виктор Владимирович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии Гродненского государственного медицинского университета, г. Гродно, ул. Пушкина, д. 30, кв.72, Тел. 8-0152-62 16 05, Моб.тел. +375297859027, e-mail: zinchuk@grsmu.by

31. **Ибраимов Сатыбалды Бакытбекович**, н.с. лаборатории нейрофизиологии Института горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек, saty8888@gmail.com

32. **Ибраимова Гульжамал Ибраимовна**, к.б.н., в.н.с. Института горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек, gulzhamal\_i@rambler.ru

33. **Ибраева Назгуль Илиязовна**, к.б.н., доцент кафедры естественно-научного образования НГУ имени С.Нааматова, nasgul123@mail.ru

34. **Казыбекова А.А.**, к.б.н., г. Нарын, Кыргызская Республика с.н.с. лаб. физиологии иммунной системы, Институт горной физиологии и медицины НАН, г. Бишкек, datkay@mail.ru

35. **Кароматов Иномжон Джураевич** ассистент кафедры народной медицины и профессиональных заболеваний Бухарского государственного медицинского института. город Бухара Республики Узбекистан. Адрес 200121, город Бухара Республики Узбекистан, улица Пири дастгир 6/6, 3 строение. тел. +998907103741, E-mail inom65@rambler.ru

36. **Карыпова Бегимай Кубатовна** аспирант лаб. нейрофизиологии Института горной физиологии и медицины НАН КР

37. **Кадыралиев Кайыпбек Кадыралиевич**, к.м.н., заведующий отделением кардиологии НОБ

38. **Ключникова Елена Анатольевна**, ст. преподаватель кафедры Теории и методики физической культуры и спорта факультета физической культуры и реабилитации, Ульяновский государственный университет, 432048, г. Ульяновск, ул. Транспортная 57/5, кв. 2, с.тел.: 89272721313, E-mail: elena-klyuchnikova-1981@yandex.ru

39. **Коваленко Михаил Эдуардович**, к.м.н., доцент кафедры детской стоматологии с ортодонтией Воронежского государственного медицинского университет им. Н.Н. Бурденко, 394036 г. Во-

ронеж, ул. Студенческая, 10. ORCID: 0000-0001-8841-5574, SPIN: 1108-6785, E-mail: kovalenko\_m@rambler.ru +79102416550

40. **Кононец Ирина Евгеньевна** – д.м.н., профессор, зав. кафедрой фундаментальной и клинической физиологии им. С.Б. Даниярова Кыргызской государственной медицинской академии им. И.К.Ахунбаева. 720020, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 92; тел. +996555746653; ikononetcz@mail.ru

41. **Косолапова Ирина Владимировна**, ассистент кафедры нормальной физиологии Воронежского государственного медицинского университет им. Н.Н. Бурденко, 394036 г. Воронеж, ул. Студенческая, 10. E-mail: irenecherry@yandex.ru . т.8-951-545-55-47, ORCID: 0000-0002-9779-7882, SPIN: 7244-4620, E-mail: irenecherry@yandex.ru. т. +79515455547

42. **Курманбаекеев Юрий Мансурович**, н.с. Центра инновационных методов обучения и трансферта знаний Института горной физиологии и медицины НАН КР, e-mail: umailri@mail.ru

43. **Любимов Андрей Владимирович**, к.м.н., отдела нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «ИЭМ», Санкт-Петербург, 197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12, E-mail: lyubimov\_av@mail.ru, ORCID:https://orcid.org/0000-0001-9829-4681; eLibrary, eLibrary SPIN 5307-4186.

44. **Максимов А.Л.**, д.м.н., член-корреспондент РАН, Гл.н.с. Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, arkmax@mail.ru

45. **Матыцин Вячеслав Олегович**, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства Обороны Российской Федерации, тел. +79052225150, matitsin@list.ru

46. **Мельникова Н. Г.**, к. пс.н., с.н.с. ИГФим НАН КР, ул. Горького 1/5, 720048 тел.сл. 44-98-90, г. Бишкек, Кыргызская Республика, e-mail ngmelnikova@rambler.ru

47. **Мираков Р.С.**, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой урологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, г. Душанбе, ravshanmirakov@mail.ru

48. **Осмонова Бермет Майрамбековна**, директор центра карьеры НГУ им.С.Нааматова г. Нарын.

49. **Паршукова Ольга Ивановна**, к.б.н.; 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; +7(88212)24-00-85; olga-parshukova@mail.ru

50. **Потолицына Наталья Николаевна**, к.б.н.; 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; +7(88212)24-00-85; potol\_nata@list.ru

51. **Рашидова Афаг Мамед кызы**, PhD, доцент, Заведующая лабораторией «Биохимия онтогенеза» Института Физиологии им. академика Абдуллы Караева НАН Азербайджана, г.Баку, AZ1100, Баку, ул Шарифзаде, 78, +994 50 395 47 90, afag.rashidova@gmail.com

52. **Садыкова Г.С.**, к.б.н., с.н.с. лаборатории нейрофизиологии Института горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек, goulnura@mail.ru

53. **Сатаева Н.У.**, н.с. лаборатории нейрофизиологии Института горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, nargiza-87\_87@mail.ru

54. **Сатаркулова А.М.**, н.с. лаборатории физиологии и психологии деятельности Института горной физиологии и медицины НАН КР, Бишкек, ул. Анкара 1/5, +9967726725528, Бишкек, Кыргызская Республика, asat79@mail.ru

55. **Семилетова В.А.**, к.б.н., доцент кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО ВГМУ Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н.Бурденко, Воронеж, vera2307@mail.ru

56. **Сорокин Александр Анатольевич**, к.б.н., зав. центром инновационных методов обучения и трансферта знаний Института горной физиологии и медицины НАН КР, e-mail: aasorokin@rambler.ru

57. **Таалайбекова Ыкывал Таалайбековна**, преподаватель, кафедра базисных дисциплин Международной высшей школы медицины, Кыргызстан, тел: 0500-53-33-93, taalaibekovna93@gmail.com

58. **Турганбаева А.С.**, к.б.н., доцент, вед.н.с. лаборатории нейрофизиологии Института горной физиологии и медицины НАН КР, г.Бишкек, a.s.turganbaeva@mail.ru

59. **Тюмонбаева Н.Б.**, к.б.н., доцент, вед.н.с. лаборатории физиологии иммунной системы Института горной физиологии и медицины НАН КР, г. Бишкек, ipknacira@mail.ru

60. **Халимова Фариза Турсунбаевна**, д.м.н., доцент кафедры нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Проспект Рудаки, 139, +992907903883, Душанбе, Таджикистан

61. **Хохлов Платон Платонович** – к.б.н., ст. н.с. отдела нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «ИЭМ», Санкт-Петербург, 197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12, platonkh@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0007-6553-9267>, eLibrary SPIN: 8673-7417

62. **Цопова Ирина Александровна** – к.б.н., и.о. доцента кафедры фундаментальной и клинической физиологии им. С.Б. Даниярова Кыргызской государственной медицинской академией им. И.К.Ахунбаева. 720020, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 92; тел. +996555932334; [tsopovaira@yandex.ru](mailto:tsopovaira@yandex.ru)

63. **Цыганова Татьяна Николаевна**, д.м.н., профессор, научный консультант ООО «СЕЛ-ЛДЖИМ-РУС», Адрес домашний -105264, Тел. (495) 465-47-78, E-mail: [tanya8279@yandex.ru](mailto:tanya8279@yandex.ru), ORCID 0000-0001-7351-0579

64. **Чонкоева Айгуль Асанбековна**, к.б.н., зав. кафедрой базисных дисциплин Международной высшей школы медицины, Кыргызстан, тел: 0558-03-91-03, [aigul1972@mail.ru](mailto:aigul1972@mail.ru)

65. **Шабанов Пётр Дмитриевич** – д. м. н., профессор, кафедра фармакологии ФГБВОУ «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург, Россия, Санкт-Петербург, 194044, ул. Акад. Лебедева, 6, заведующий отделом нейрофармакологии им. С.В. Аничкова ФГБНУ «ИЭМ», 197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12, [pdshabanov@mail.ru](mailto:pdshabanov@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1464-1127>, eLibrary SPIN 8974-7477

66. **Шаназаров А. С.**, профессор, д.м.н., Директор академического центра Международной высшей школы медицины, Интергельпо 1ф, Бишкек, Кыргызская Республика, [iferv@mail.ru](mailto:iferv@mail.ru)

67. **Шидаков Юсуф Хаджи-Махмудович**, к.м.н., с.н.с. лаборатории экспериментального моделирования патологических процессов Кыргызско-Российского Славянского университета, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44; тел.: +996 559 045 976, e-mail: [lempp.krsu@bk.ru](mailto:lempp.krsu@bk.ru)

68. **Шувалова Мария Сергеевна**, старший преподаватель кафедры терапии №1 специальностей «Педиатрия» и «Стоматология» Кыргызско-Российского Славянского университета, 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44; тел.: +996 778 47 77 98, e-mail: [masha\\_2012kg@mail.ru](mailto:masha_2012kg@mail.ru).

69. **Шукуров Фируз Абдуфатгоевич**, д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии ТГМУ им. Абуали ибни Сино, Проспект Рудаки, 139, +992938998791, Душанбе, Таджикистан, [fshukurov@yandex.ru](mailto:fshukurov@yandex.ru)

Издательская группа:  
директор Шерик уулу Д. (руководитель),  
Ж. Кочкорбаева, А. Абдыкалыкова  
отв.: к.б.н., с.н.с., Институт горной физиологии и медицины НАН КР  
Г.С. Садыкова

Подписано в печать 26.08.2022 г. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Печать офсетная.  
Тираж 100 экз.



Издательский центр «Илим» НАН КР  
720071, г. Бишкек, пр. Чуй, 265а