

УДК 615.847:616.15-018.5:612.275.1
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-9-180-184

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ И КИСЛОРОДТРАНСПОРТНУЮ ФУНКЦИЮ КРОВИ В ВЫСОКОГОРЬЕ

А.А. Насырова-Богубаева, И.А. Абдумаликова, Ю.Х.-М. Шидаков

Аннотация. На белых беспородных крысах-самцах изучено изменение кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови под действием электромагнитных излучений открытой распределительной установки «ОРУ-35» в высокогорье (3200 м над ур. моря). В результате установлено, что под действием электромагнитных излучений в высокогорье нарастает концентрация молочной кислоты и уменьшение буферных оснований в артериальной крови. Одновременно снижается скорость транспорта кислорода артериальной кровью и скорость потребления кислорода тканями по сравнению с данными, полученными у контактных животных в высокогорье и низкогорье. Изменения кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови отражаются на микроциркуляторном русле миокарда. Это выражается активацией функции сосудов Вьессена Тебезия, что приводит к раскрытию их анастомозов с системой венозного круга кровообращения. В результате облегчается отток венозной крови из миокарда.

Ключевые слова: электромагнитные излучения; кислотно-основное состояние; кислородтранспортная функция крови; высокогорье.

БИЙИК ТООЛУУ АЙМАКТА КАНДЫН КЫЧКЫЛДУУ-НЕГИЗИ АБАЛЫНА ЖАНА КЫЧКЫЛТЕК ТАШУУ ФУНКЦИЯСЫНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК НУРЛАНУУНУН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

А.А. Насырова-Богубаева, И.А. Абдумаликова, Ю.Х.-М. Шидаков

Аннотация. Бийик тоолуу аймакта (деңиз деңгээлинен 3200 м бийиктикте) ак, тукумсуз эркек келемиштерде ачык бөлүштүрүүчү түзүлүштөн «ОРУ-35» электромагниттик нурлануунун таасири астында кандын кычкылдуу-негизги абалынын жана кычкылтек ташуу функциясынын өзгөрүшү изилденген. Натыйжада электромагниттик нурлануунун таасири астында бийик тоолуу аймактарда сүт кислотасынын концентрациясы жогорулап, артериялык кандагы буфердик негиздер азайганы аныкталган. Ошол эле учурда артериялык кандын кычкылтек ташуу ылдамдыгы жана ткандардын кычкылтек керектөө ылдамдыгы бийик тоолуу жана жапыз тоолордогу байланыш жаныбарлардан алынган маалыматтарга салыштырмалуу төмөндөйт. Кандын кычкылдуу-негизги абалынын жана кычкылтек ташуу функциясынын өзгөрүшү миокарддын микроциркулятордук каналында чагылдырылат. Бул Вьессен Тебезия кан тамырларынын функциясынын активдешүүсү менен көрсөтүлөт, бул алардын анастомоздорунун коронардык кан айлануу системасы менен ачылышына алып келет. Натыйжада миокарддан веноздук кандын агып чыгышы жеңилдейт.

Түйүндүү сөздөр: электромагниттик нурлануулар; кычкылдуу-негизги абалы; кандын кычкылтек ташуу функциясы; бийик тоолуу аймак.

**THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION
ON THE ACID-BASE STATE AND THE OXYGEN-TRANSPORTED FUNCTION
OF THE BLOOD IN THE HIGHLANDS**

A.A. Nasyrova-Bogubaeva, I.A. Abdumalikova, Yu.Kh.-M. Shidakov

Abstract. Changes in the acid-base state and oxygen transport function of the blood under the influence of electromagnetic radiation from the open distribution installation "ODI-35" in the highlands (3200 m above sea level) were studied using white outbred male rats. As a result, it was found that under the influence of electromagnetic radiation at high altitudes, the concentration of lactic acid increases and the buffer bases in arterial blood decrease. At the same time, the rate of oxygen transport by arterial blood and the rate of oxygen consumption by tissues decreases, compared with data obtained from contact animals in high mountains and low mountains. Changes in the acidic state and oxygen-transported blood function are reflected in the microcirculatory channel of the myocardium. This is expressed by the activation of the vascular function to you, which leads to the disclosure of their anastomoses with the system of the coronary circle. As a result, the outflow of venous blood from the myocardium is facilitated.

Keywords: electromagnetic radiation; acid-base condition; oxygen-transported function of blood; highlands.

Введение. Горы занимают 93 % территории Кыргызстана. Они являются не только символом и визитной карточкой, но и естественной кладовой природных богатств страны. Планомерное освоение, бережная охрана, рациональное использование и рекреация этих богатств в обозримой перспективе является залогом социального благополучия, экономического процветания, политической стабильности, международного авторитета Кыргызской Республики.

Претворение в реальность, стоящих перед обществом намерений, потребует миграцию огромного количества людских ресурсов из равнин в горные регионы. Как показывает мировая практика, освоение природных богатств и строительство крупных предприятий в высокогорье в первое время связано с организацией вахтовых режимов труда, в том числе специалистов энергетической отрасли [1, 2].

Закладка временных и постоянных поселений, организация и строительство гражданских и промышленных предприятий с круглосуточным режимом работы потребуют прокладку новых, ремонт и профилактику существующих высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) под напряжением. Строгий вахтовый режим на электротехнических сооружениях будет сопряжен с перекрёстной, прерывистой адаптацией энергетиков к высокогорной гипоксической гипоксии и электромагнитному излучению [3, 4].

Какие рекомбинации физиологических функций включатся в формирование такой адаптации и какими структурными основами они будут поддержаны, эти вопросы остаются

неизученными. Впервые такие научные разработки были начаты сотрудниками лаборатории морфологии адаптации под руководством Ю.Х.-М. Шидакова в институте горной физиологии и медицины НАН КР ещё в прошлом веке, а в настоящее время ведутся в лаборатории экспериментального моделирования патологических процессов КРСУ [5].

В аспекте этих исследований перед нами поставлена задача в эксперименте на крысах установить характер изменений активной реакции и кислородтранспортной функции артериальной крови при моделировании однодневного восьмичасового труда специалиста в зоне действия ОРУ-35 в высокогорье. В связи с этим **целью** настоящего сообщения является изложение результатов исследования изменения кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции артериальной крови под действием электромагнитного излучения открытой распределительной установки ОРУ-35 в высокогорье.

Материалы и методы. Работа выполнена на 15 белых беспородных крысах-самцах с соблюдением правил лабораторной практики, утверждённой приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. № 708Н «Об утверждении правил лабораторной практики». Животные получены из вивария медфакультета КРСУ в трёх мелкоячеистых металлических клетках по пять голов. Одна клетка с животными (низкогорные контрольные, НГК) остались в виварии (760 м над ур. моря), две другие – автотранспортом доставлены на перевал Туя-Ашуу (3200 м над ур. моря).

Одна из них размещена на земле в открытой местности, другая – в зоне действия электромагнитного излучения открытой распределительной установки ОРУ-35 на восемь часов. По истечении этого времени клетки с животными автотранспортом доставлены обратно в виварий в тот же день.

На следующий день с утра животные под общим наркозом выведены из эксперимента. Проведён забор крови и кусочков мозга, сердца, лёгких, печени, почек. Образцы крови доставлены в лабораторию «Аквалаб» для определения в ней концентрации молочной кислоты (СL). Образцы мозга и внутренних органов, фиксированы в 10%-м нейтральном формалине, обезвожены в спиртах возрастающей концентрации, залиты в парафин. Из парафиновых блоков изготовлены гистологические срезы толщиной 5–7 мкм с докраской гематоксилин-эозином и по Ван-Гизону. Готовые гистологические препараты изучены под микроскопом Olympus BX40 (Япония), светооптические микрофотографии получены с использованием цифровой фотокамеры сопряжённой с оптической системой микроскопа и компьютером.

Получив из лаборатории значение молочной кислоты (СL) по уравнениям регрессии, приведённым в монографии М.М. Середенко и соавт. [6], вычислили величину отношения скорости транспорта кислорода артериальной крови (VaO_2) к скорости потребления кислорода тканями (К), а также скорость потребления кислорода тканями (VO_2).

Результаты отражены в таблице 1 и на гистограммах (рисунки 1, 2).

Обсуждение. Концентрация молочной кислоты в артериальной крови низкогорной контрольной группы (1,06 ммоль/л) в пределах её референсных значений. У животных, транспортированных в высокогорье и через восемь часов, доставленных обратно в виварий, C_L превышает исходные данные в 2,132 раза. А значение C_L у животных, восемь часов, подвергавшихся перекрестному действию высокогорья и ОРУ-35 превышает данные ВГК в 1,4 и НГК – 3 раза (см. таблицу 1). На результатах изменения C_L крови высокогорной группы контроля и основной группы, несомненно, отразилось состояние

стресса, связанное с транспортировкой из низкогорья в высокогорье и обратно.

Отмечается значительное снижение значений ВЕ у крыс ВГК и ОГ (см. рисунок 1). У животных ВГК, по сравнению с данными НГК, ВЕ составляет 56,9 %, а по сравнению с данными ОГ – 333,4 %. Следовательно, признаки газового ацидоза под действием ОРУ-35 более выражены, чем при изолированной высокогорной гипоксической гипоксии. Об этом свидетельствует снижение ВЕ в 6,2 раза, по сравнению с данными полученными у НГК (см. таблицу 1).

Смещение активной реакции крови в сторону газового ацидоза снижает способность гемоглобина связывать кислород, что может быть одной из причин уменьшения скорости транспорта кислорода артериальной кровью (VaO_2) у животных ВГК в 2,04, а у ОГ – в 3,06 раза по сравнению с данными полученными в низкогорье (см. таблицу 1).

Представляет определённый интерес то, что VO_2 на высокогорье падает значительно в меньшей степени, чем VaO_2 . Поэтому динамика К зависит от VaO_2 в большей степени, чем от VO_2 , чему способствуют срочные механизмы адаптации и компенсации нарушенных функций крови в аварийной фазе приспособления организма к условиям высокогорья (см. рисунок 2).

В сложившихся условиях изменения активности ферментных систем вызывают ремоделирование метаболизма белков, жиров и углеводов. Это, в свою очередь, приводит к физико-химическим изменениям и скорости крови и приспособительные – со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой, респираторной, пищеварительной и выделительной систем.

Так, наблюдается усиление функции анастомозов между сосудами Вьессена Тебезия и венозного круга кровообращения сердца (рисунки 3, а, 3, б).

Дело в том, что подъём человека и животных на большие горные высоты сопровождается централизацией кровообращения, что приводит к гиперфункции сердца [7]. Гиперфункция сердца вызывает усиление кровотока по коронарным артериям и раскрытие резервных капилляров миокарда, что может привести к застою крови в веноулярном звене микроциркуляторного русла

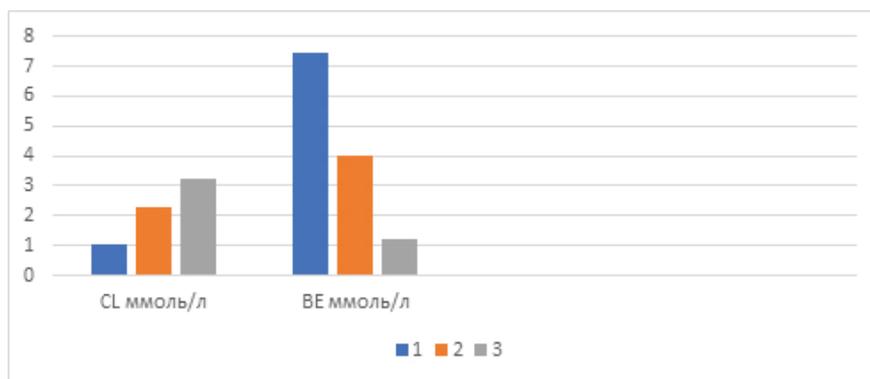


Рисунок 1 – Гистограммы изменения C_L , VE : 1 – НГК (низкогорная группа контроля); 2 – ВГК (высокогорная группа контроля); 3 – ОГ (основная группа)

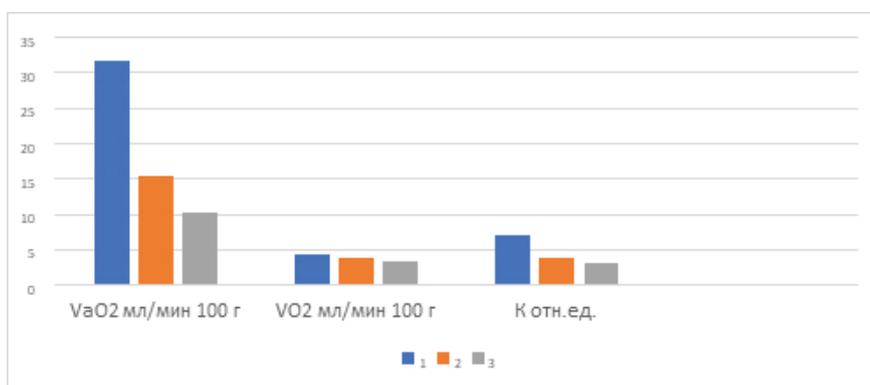


Рисунок 2 – Гистограммы изменения VaO_2 , VO_2 , K: 1 – НГК (низкогорная группа контроля); 2 – ВГК (высокогорная группа контроля); 3 – ОГ (основная группа)

Таблица 1 – Показатели кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови

Группа опытов	C_L ммоль/л	VE ммоль/л	VaO_2 мл/мин 100 г	VO_2 мл/мин 100 г	K отн. ед.
НГК	1,06	7,436	31,637	4,456	7,10
ВГК	2,26	4,004	15,535	3,933	3,95
ОГ	3,24	1,201	10,336	3,457	2,99

миокарда. В этой ситуации анастомозы между венами венечного круга кровообращения и сосудами Вьессена Тебезия служат дополнительным путем оттока венозной крови непосредственно в полости желудочков сердца. Одновременно встречаются артериоло-венулярные анастомозы, по которым энергия артериального потока передается энергоемкому венозному, что облегчает отток венозной крови через венечный синус. Несмотря на эти приспособительные механизмы со стороны микроциркуляторного русла сердца, в миокарде встречаются очажки

полос сокращения миофибрилл, контрактуры, зернистой дистрофии, т. е. явления диспротеиноза.

Изменение кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови под воздействием изолированной высокогорной гипоксии (высокогорная группа контроль – ВГК) и в сочетании с электромагнитным излучением (основная группа – ОГ) по сравнению с данными, полученными в низкогорье (низкогорная группа контроля – НГК)

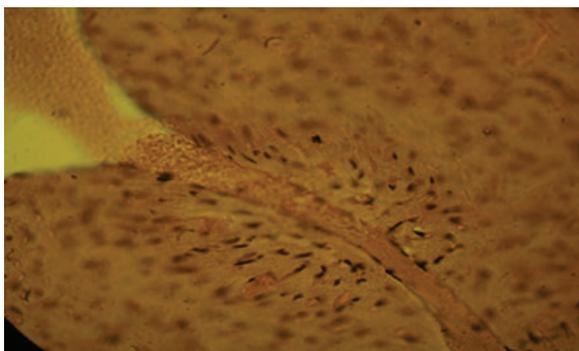


Рисунок 3, а (микрофото) – Устье сосуда Вессена – Тебезия в левом желудочке (ЛЖ).
Заливка: парафин, × 400

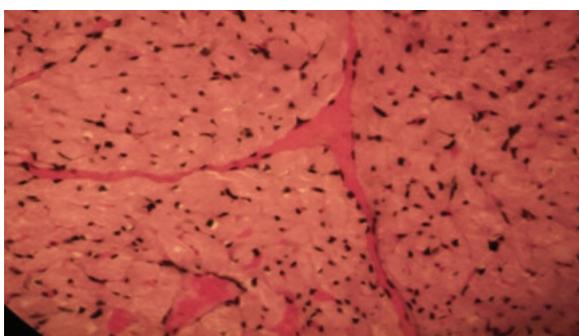


Рисунок 3, б – (микрофото) – Анастомоз ветвей сосуда Вессена-Тебезия с синусоидами миокарда.
Заливка: парафин, × 400

Выводы

1. Действие электромагнитных излучений на организм в высокогорье вызывает повышение уровня молочной кислоты и снижение буферных оснований в периферической крови.
2. Наблюдается снижение скорости транспорта кислорода артериальной крови и скорости его употребления тканями.
3. Изменение кислородтранспортной функции крови вызывает активацию анастомозов между сосудами Вессена – Тебезия и коронарного русла.

Поступила: 16.04.24; рецензирована: 30.04.24;
принята: 03.05.24.

Литература

1. *Jorge G. Farias, Daniel Jimenez, Jorge Osorio, Andrea B. Zepeda, Carolina A. Figueroa and Victor M. Pulger.* Acclimatization to chronic intermittent hypoxia in mine workers: a challenge to mountain medicine in Chile // *Biol. Res.* 2013. Vol. 46. N. 1. P. 59–67.
2. *Козачук Л.В.* Состояние кардиореспираторной системы и физико-химического гомеостаза крови человека при работе в зоне коронарного разряда ЛЭП на разных горных высотах / Л.В. Козачук, И.А. Абдумаликова, М.В. Балыкин // *Экопрофилактика, оздоровительные и спортивно-тренировочные технологии: материалы Международной научно-практической конференции 1–3 октября 2015 года.* Балашов, 2015. С. 55–59.
3. *Абдумаликова И.А.* Биология коронарного разряда ЛЭП в горах / И.А. Абдумаликова. Бишкек, 2019. 81 с.
4. *Шидаков Ю.Х.-М.* Влияние коронарного разряда высоковольтной линии электропередач на газовый состав крови человека и крысы в условиях высокогорья / Ю.Х.-М. Шидаков, Л.В. Козачук // *Вестник КРСУ.* 2015. Т. 15. № 11. С. 184–187.
5. *Шидаков Ю.Х.-М.* О сочетанном воздействии факторов высокогорья на микроциркуляторную систему / Ю.Х.-М. Шидаков, Н.В. Тимушкина, В.И. Фроленко [и др.] // *Здравоохранение Кыргызстана.* 1990. № 6. С. 29–32.
6. *Середенко М.М.* Механизмы развития и компенсации гемической гипоксии / М.М. Середенко, В.П. Дударев, И.И. Лановенко [и др.]. Киев: Наукова думка, 1987. 200 с.
7. *Нарбеков О.Н.* Высокогорная клиническая физиология кровообращения / О.Н. Нарбеков. Бишкек, 2008. 234 с.