

УДК 616-092.9:[(612.127:537.52) (023.03)]

ВЛИЯНИЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ГАЗОВЫЙ ГОМЕОСТАЗ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА И КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

Ю.Х.-М. Шидаков, Л.В. Козачук

Отмечено, что ремоделирование газового состава крови в зоне коронного разряда характеризуется видовыми особенностями и зависит от высоты местности.

Ключевые слова: коронный разряд; высоковольтная линия электропередачи; газовый гомеостаз крови; высокогорье.

THE INFLUENCE OF THE CROWN DISCHARGE IN HIGH-VOLTAGE ELECTRICITY LINE ON THE GAS HOMEOSTASIS OF HUMAN BLOOD AND RATS IN THE HIGHLANDS

Y.H.-M. Shidakov, L.V. Kozachuk

It is noted that remodeling gas homeostasis blood in the zone of the crown discharge is characterized by species peculiarity and depends on district height.

Keywords: crown discharge; high-voltage electricity line; gas homeostasis of blood; highlands.

В Постановлении Правительства Кыргызской Республики «Об утверждении концепции реформы системы организации науки в Кыргызской Республике» от 16 апреля 2015 года № 221 сказано, что «стратегической целью поднятия науки на новый уровень является повышение вклада науки в технологическую модернизацию реального сектора..., получение и передачу знаний, востребованных для устойчивого социально-экономического развития страны, и способной быстро реагировать на возникновение угрозы безопасности страны..., внедрение современных энергоресурсосберегающих производств в целях обеспечения энергетической и производственной безопасности».

Энергетическая безопасность в Кыргызстане обеспечивается ГЭС, расположенными в горах, высоковольтными линиями электропередачи (ЛЭП) и специалистами, обслуживающими ГЭС и ЛЭП в экстремальных условиях высокогорья. Энергетики, работающие на больших горных высотах, подвергаются сочетанному воздействию комплекса факторов высокогорья и коронного разряда ЛЭП. Дело в том, что одним из способов энергоресурсосбережения является строительство новых, ремонт и профилактика существующих высоковольтных ЛЭП под высоким и сверхвысоким напряжением [1–4]. Отсюда встает проблема защиты специалис-

тов от коронного разряда на фоне высокогорной гипоксической гипоксии

Проблема возникла не сегодня. Еще в конце 80-х гг. к одному из нас обратился представитель головного в СССР СибНИИЭ с предложением изучить влияние работы в зоне коронного разряда в условиях высокогорья на организме специалистов и разработать меры профилактики и защиты от возможных вредных факторов. Начатые широкомасштабные комплексные исследования по проблеме были прерваны после развала СССР.

Сегодня, как отмечено в Постановлении Правительства КР, проблема энергетической безопасности становится вновь актуальной и в её решении своё участие должна принять наука.

Отсюда целью настоящей работы является обсуждение сравнительной характеристики ремоделирования газового гомеостаза у человека и крысы под действием коронного разряда в условиях предгорья и высокогорья.

При этом решить следующие задачи:

- установить общее и различие в изменениях газового гомеостаза крови у человека и крыс в период кратковременного пребывания в зоне коронного разряда в предгорье и высокогорье;
- выяснить в эксперименте на крысах те механизмы изменения и поддержания газового гомеостаза под действием коронного разряда, которые не удастся выяснить на человеке;

Таблица 1 – Изменение кардиореспираторной системы энергетиков до и после работы под напряжением ЛЭП

Показатели	Предгорье 760 м над ур. моря		Высокогорье 2700 м над ур. моря	
	до подъема на потенциал	после спуска с потенциала	до подъема на потенциал	после спуска с потенциала
ЧСС, в мин	86,6 ± 2,9	96,0 ± 3,8	85 ± 3,2	108 ± 3,5
АДс, мм рт. ст.	127 ± 3,2	135 ± 2,2	130 ± 3,2	140 ± 6,7
АДд, мм рт. ст.	75 ± 1,2	82 ± 2,2	60,2 ± 4,8	70,7 ± 3,5
МОД, л/мин	7,4 ± 0,2	8,5 ± 0,1	8,3 ± 0,3	10,1 ± 0,5
ЧД, в мин	14,3 ± 1,2	21 ± 0,9	15,3 ± 0,9	21,6 ± 1,6
ДО, мл	527,4 ± 95,2	404,7 ± 83,5	542,1 ± 30,9	523,2 ± 40,8
VO ₂ , мл/мин	298 ± 8,0	393 ± 17,7	383 ± 23,7	475 ± 27,6

Примечание. Изменение всех показателей после спуска с потенциала, по сравнению с данными, полученными до подъема на потенциал (кроме АДс и АДд на высоте 2700 м), достоверны, $p < 0,05$.

Таблица 2 – Сравнительные данные о ремоделировании газового состава гомеостаза человека и крысы под действием коронного разряда в предгорье

Показатели	До воздействия коронного разряда		После воздействия коронного разряда	
	человек	крыса	человек	крыса
PaO ₂ , мм рт. ст.	87,0 ± 1,5	94,6 ± 1,9	77,1 ± 0,6 ^x	90,2 ± 2,2
SaO ₂ , %	96,3 ± 0,08	96,5 ± 0,1	93,5 ± 0,12 ^x	96,6 ± 0,4
pH, усл. ед	7,38 ± 0,01	7,40 ± 0,01	7,34 ± 0,01 ^x	7,34 ± 0,01 ^x
BEo, мэкв/г	-2 ± 0,6	-1,5 ± 0,1	-5 ± 0,6 ^x	-4,3 ± 0,8 ^x
PaCO ₂ , мм рт. ст.	36,5 ± 1,5	39,0 ± 1,5	38,3 ± 1,4 ^x	44,5 ± 1,8 ^x

Примечание. x – различия достоверны по сравнению с контролем, $p < 0,05$.

- понять, насколько экспериментальные данные соответствуют оригиналу у энергетиков, работающих в зоне коронного разряда высоковольтных линий электропередач.

Материалы и методы. Характер и последовательность постановки эксперимента на крысах изложены в предыдущей статье [5]. Здесь добавим, что для определения газового состава крови пробы брали из хвостовой артерии и правого желудочка сердца.

В качестве испытуемых выступили лица в возрасте 26–29 лет. У шести испытуемых на высоте 780 м и у шести на высоте 2700 м над уровнем моря до и после спуска с опоры высоковольтной линии электропередачи определяли минутный объем дыхания (МОД), частоту дыхания (ЧД) и дыхательный объем (ДО) по методу Дугласа – Холдена, потребление O₂ (VO₂) и выделение CO₂ (VCO₂).

В пробах артериализированной крови определяли напряжение O₂ (PaO₂), CO₂ (PaCO₂), насыщение гемоглобина кислородом (SaO₂), содержание ионов водорода (pH) с использованием микрометода Аструпа на газоанализаторе ABC-1 (Дания). По таблицам Зиггард – Андерсена определяли сумму (ВВ) и дефицит (ВЕ) буферных оснований.

Содержание гемоглобина – гемоглобинцианидным методом.

Результаты исследования отражены в таблицах 1–3.

Обсуждение. Фундаментальным фактором гомеостаза является постоянство газового состава крови. В то же время постоянство газового состава крови само по себе не имеет для организма никакого смысла, если оно не обеспечивает изменяющиеся потребности клеток в доставке кислорода и удаления углекислоты. Организму требуется не постоянный газовый состав крови, ликвора, интерстициальной жидкости, а обеспечение нормального тканевого дыхания во всех клетках и органах. Центральным узлом гомеостатической системы газового состава крови является внешнее дыхание. Именно на уровне альвеоларно-капиллярной мембраны происходят начальные и завершающие процессы газообмена организма с внешней средой, позволяющие функционировать всем остальным звеньям газового гомеостаза и поддержать динамическое постоянство внутренней среды организма [2].

На нашем материале VO₂ увеличивается под действием КР ЛЭП в предгорье на 95 мм/мин, а на высокогорье – на 92 мм/мин. Следовательно, увеличение VO₂ не зависит от высоты местности.

Таблица 3 – Сравнительные данные о ремоделировании газового гомеостаза человека и крысы под действием коронного разряда в высокогорье

Показатели	До воздействия коронного разряда		После воздействия коронного разряда	
	человек	крыса	человек	крыса
PaO ₂ , мм рт. ст.	70,5 ± 1,8	73,8 ± 2,7	64,0 ± 1,9 [*]	57,2 ± 2,2 ^{х*}
SaO ₂ , %	94,7 ± 0,5	92,4 ± 0,3	90,5 ± 0,5 [*]	88,1 ± 0,4 ^{х*}
pH, усл. ед.	7,45 ± 0,01	7,44 ± 0,01	7,31 ± 0,01 [*]	7,33 ± 0,01 ^{х*}
BEo, мэкв/г	-3 ± 0,7	-7,1 ± 0,5	-6 ± 1,2 [*]	-8,8 ± 0,7 ^{х*}
PaCO ₂ , мм рт. ст.	28 ± 0,7	25 ± 0,9	40 ± 1,2 [*]	37,9 ± 1,5 ^{х*}

Примечание. х – различия достоверны по сравнению с исходными данными в день эксперимента в условиях высокогорья, $p < 0,05$. * – различия достоверны по сравнению с данными аналогичных опытов в предгорье, $p < 0,05$.

Однако в предгорье рост VO₂ отмечается относительно исходного нормального его уровня, а в высокогорье – относительно уже возросшего под действием высотной гипоксии величина VO₂ на 85 мл/мин. Другими словами, общее нарастание VO₂ у энергетиков под действием КР ЛЭП в условиях высокогорья составляет 177 мл/мин, по сравнению с данными, полученными в предгорье до подъема испытуемых на потенциал.

В любом случае повышение VO₂ сопряжено с ростом активности окислительных процессов и энергозатрат функционирующих структур под действием КР ЛЭП, особенно в сочетании с высокогорной гипоксической гипоксией. Высокий уровень VO₂ при этом обеспечивается за счет МОД, т. е. за счет увеличения легочной вентиляции.

Регуляция легочной вентиляции имеет многоконтурный и не изученный до конца, характер. В наших исследованиях речь может идти о регуляции по кислороду, углекислоте, гемоглобину.

Рост легочной вентиляции у энергетиков под действием коронного разряда независимо от высоты местности обеспечивается учащением дыхания на фоне относительно низкого ДО. Причиной учащения дыхания может быть снижение парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе (РАО₂) у энергетиков на 3 мм рт. ст. в предгорье и на 14 мм рт. ст. – на высокогорье; у крыс – на 7 и 16 мм рт. ст., соответственно. Регуляция МОД в этом случае по O₂ имеет приспособительное значение, направленное на поддержание РаО₂.

Не исключено и рефлекторное увеличение МОД вследствие раздражения рецепторов синокаротидной зоны цианидами, образующимися в зоне КР ЛЭП [2, 6].

У энергетиков и у крыс КР ЛЭП вызывает нарастание РаСО₂ независимо от высоты местности, что может выступить фактором регуляции МОД по углекислоте. Увеличение РаСО₂ в зоне коронного разряда на 1,8 мм рт. ст. у человека и на 3,8 мм рт. ст. – у крысы стимулирует дыхательный центр и вызывает нарастание МОД.

В поддержании газового гомеостаза крови и адекватного снабжения организма кислородом существенную роль играет приспособительная реакция сердечно-сосудистой системы [5].

Наряду с общей направленностью ремоделирования ряда параметров газового гомеостаза крови у человека и крысы под действием КР высоковольтной ЛЭП отмечаются и видовые различия. Так, у энергетиков под действием КР ЛЭП отмечается достоверное снижение РаО₂ и SaO₂, что не наблюдается у крыс (см. таблицу 2). РаСО₂ снижается у крыс на 5,4 мм рт. ст., у человека – всего лишь на 1,8 мм рт. ст.

КР ЛЭП в условиях высокогорья вызывает у человека и крысы снижение РаО₂, SaO₂, pH и повышение BEa, РаСО₂. Однако у крыс уменьшение РаО₂ выражено в меньшей, а увеличение BEa – в большей степени, чем у человека по сравнению с исходными данными в день эксперимента (см. таблицу 3). Так, РаО₂ у человека снижается на 6,5 мм рт. ст., а у крысы – на 16,6 мм рт. ст.

Выводы

1. Ремоделирование газового гомеостаза под действием коронного разряда высоковольтной линии электропередачи в условиях высокогорья более выражено, чем в предгорье, независимо от видовой принадлежности испытуемого.

2. Независимо от высоты местности ремоделирование газового гомеостаза крови в зоне коронного разряда имеет видовые особенности, что необходимо учитывать при экстраполяции экспериментальных данных на человека. Одновременно установлены определенные различия влияния коронного разряда на газовый гомеостаз человека и крысы независимо от высоты местности, что необходимо учитывать при экстраполяции экспериментальных данных на человека.

Литература

1. Балыкин М.В. Морфофункциональные изменения в легких при высокой концентрации

- озона, окислов азота и аэроионов в газовой среде в зоне коронного разряда / М.В. Балыкин, Н.В. Тимушкина, Л.В. Козачук // Вопросы экспериментальной и клинической физиологии дыхания: сб. науч. тр. Тверь, 2007. С. 23–30.
2. *Лосев Н.И.* Физико-химический гомеостаз / Н.И. Лосев, В.А. Войнов // Гомеостаз. М., 1976. С. 376–428.
 3. Постановление Правительства Кыргызской Республики «Об утверждении реформы системы организации науки в Кыргызской Республике» от 16 апреля 2015 года № 221. С. 3.
 4. *Шидаков Ю.Х.-М.* О сочетанном воздействии факторов коронного разряда и высокогорья на микроциркуляторную систему / Ю.Х.-М. Шидаков, Н.В. Тимушкина, В.И. Фоменко и др. // Здоровоохранение Кыргызстана. 1990. № 6. С. 29–31.
 5. *Шидаков Ю.Х.-М.* Ремоделирование структурной асимметрии сердца при экспериментальной легочной гипертензии / Ю.Х.-М. Шидаков, И.А. Абдумаликова, Н.В. Тимушкина // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 10. С. 201–205.
 6. *Haymans C., Neil E.* Reflexogenic areas of the cardiovascular system. London, 1958.