

УДК 612.213:621.3 (23.03)

РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ЭНЕРГЕТИКОВ
В ЗОНЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА РАЗНЫХ ГОРНЫХ ВЫСОТАХ

И.А. Абдумаликова, Н.В. Тимушкина, Д.И. Умаров, К.А. Ткачева

Рассмотрено влияние синергетического действия коронного разряда высоковольтных линий электропередач у энергетиков. Отмечено, что рост частоты сердечных сокращений, напряжение углекислого газа в артериальной крови и падение дыхательного объема связаны с коронным разрядом высоковольтных линий электропередач, а снижение диастолического артериального давления и pH – с высокогорьем.

Ключевые слова: кардиореспираторная система; газовый гомеостаз; коронный разряд; высокогорье.

REMODELING OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM
IN POWER ENGINEERS IN THE ZONE OF CORONA DISCHARGE
OF HIGH VOLTAGE POWER LINES AT DIFFERENT MOUNTAIN HEIGHTS

I.A. Abdumalikova, N.V. Timushkina, D.I. Umarov, K.A. Tkacheva

The article considers the influence of the synergistic action of corona discharge of high-voltage power lines in power engineering specialists. It is noticed that body height of heart rate, tension of carbon dioxide in the arterial blood and a drop in respiratory volume are associated with corona discharge of high-voltage power lines, and a reduction in diastolic blood pressure and pH – with the highlands.

Keywords: the cardiorespiratory system; gas homeostasis; corona discharge; highlands.

Актуальность. Одним из условий безопасности любой страны в современном мире является бесперебойное и самодостаточное энергоснабжение. Для реализации этих условий требуются энергоресурсы, каковыми в Кыргызстане служат гидроэнергоснабжение, расположенные на горных высотах.

Строительство гидроэлектростанций, установка опор, проводка высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП), их профилактика и ремонт осуществляются в условиях высокогорной гипоксической гипоксии. Отдельные опоры ВЛЭП устанавливаются на крутых горных скалах, куда можно добраться только воздушным транспортом.

Сам по себе труд в этих суровых условиях вызывает значительное напряжение физиологических систем энергетиков, которое значительно возрастает при профилактике и ремонте ВЛЭП под напряжением. Поэтому еще 80–90 гг. прошлого века

встала проблема разработки мер защиты человека от воздействия коронного разряда (КР) ВЛЭП в условиях высокогорья [1, 2].

Проблема возникла в связи необходимостью бесперебойного снабжения объектов с круглосуточным режимом работы, а также экспортом электроэнергии за рубеж. За срыв доставки электроэнергии по контракту из-за профилактики и ремонта ВЛЭП полагалось платить неустойку. Начатые фундаментальные исследования были приостановлены после развала СССР, и проблема осталась нерешенной. Сегодня она приобретает особую актуальность в контексте проекта “Безопасность Кыргызстана”.

Целью настоящего исследования явилось выяснение особенностей ремоделирования кардиореспираторной системы (КРС) у энергетиков под действием факторов КР ВЛЭП на разных горных высотах.

Таблица 1 – Ремоделирование ряда параметров КРС после спуска с опоры ВЛЭП на разных горных высотах

№ п/п	Физиологические показатели	Условия			
		до подъема на потенциал		после спуска с потенциала	
		высокогорье	предгорье	высокогорье	предгорье
1.	ЧСС	85 ± 3,2	86,6 ± 2,9	108 ± 3,5	96 ± 3,8
2.	АД _с , мм рт. ст.	130 ± 3,2	127 ± 3,2	140 ± 6,7	135 ± 2,2
3.	АД _д , мм рт. ст.	60,2 ± 4,8	75 ± 1,2	70,7 ± 3,5	82 ± 2,2
4.	МОД, л/мин	8,3 ± 0,3	7,4 ± 0,2	10,1 ± 0,5	8,5 ± 0,1
5.	ЧД, л/мин	15,3 ± 0,9	14,3 ± 1,2	21,6 ± 1,6	21 ± 0,9
6.	ДО, мл	542,1 ± 30,9	527,4 ± 95,2	523,2 ± 40,8	404,2 ± 83,5
7.	VO ₂ , мл/мин	383 ± 23,7	298 ± 8,0	475 ± 27,6	393 ± 17,7
8.	РаО ₂ , мм рт. ст.	70,5 ± 1,8	87,0 ± 1,5	64,0 ± 1,9	77,1 ± 0,6
9.	SaO ₂ , мм рт. ст.	94,7 ± 0,5	96,3 ± 0,08	90,5 ± 0,5	93,5 ± 0,12
10.	pH, усл. ед.	7,45 ± 0,01	7,38 ± 0,01	7,31 ± 0,01	7,34 ± 0,01
11.	BE, мэкв/л	-3 ± 0,7	-2 ± 0,6	-6 ± 1,2	-5 ± 0,6
12.	РаСО ₂ , мм рт. ст.	28 ± 0,7	36,5 ± 1,5	40 ± 1,2	38,3 ± 1,4

Материал и методы. Работа выполнена на специалистах, занятых профилактикой и ремонтом высоковольтных линий электропередач в возрасте 26–29 лет со стажем работы 5–8 лет на высотах 780 (предгорье) и 2700 (высокогорье) метров над уровнем моря.

Перед подъемом и после спуска с опоры ЛЭП-500 кВ с коэффициентом коронирования на проводе $E_k = E/E_0 = 1,5$, где E_k – коэффициент коронирования; E – напряжение на поверхности провода; E_0 – начальное напряжение, соответствующее появлению короны у испытуемых, изучали следующие параметры кардиореспираторной системы (КРС). Определяли минутный объем дыхания (МОД), частоту дыхания (ЧД) и дыхательный объем (ДО) по методу Дугласа – Холдена, потребление O₂ (VO₂) и выделение CO₂ (VCO₂), артериальное давление систолическое и диастолическое (АД_с, АД_д) и частоту сердечных сокращений (ЧСС) общепринятыми методами.

В пробах артериализированной крови определяли напряжение O₂ (РаО₂), CO₂ (РаСО₂), насыщение гемоглобина кислородом (SaO₂), содержание ионов водорода (pH) с использованием микрометода Аструпа на газоанализаторе АВС-1 (Дания). По таблицам Зиггард – Андерсена определяли сумму (BB) и дефицит (BE) буферных оснований.

Результаты исследования сведены в таблицу 1.

Обсуждение. Все параметры (кроме pH и РаО₂) в условиях высокогорья отклоняются от контрольных данных в предгорье в одном направлении. Это наводит на мысль, что ремоделирование показате-

лей зависит не столько от действия коронного разряда, сколько от среды обитания.

Все параметры под действием КР отклоняются однонаправлено, но в разной степени от исходных данных, независимо от высоты местности. Степень отклонения большинства параметров (ЧСС, АД_с, МОД, ЧД, ДО, BE, РаСО₂) в условиях высокогорья превалирует, меньшее количество (АД_д, РаО₂, SaO₂, pH) – предгорных данных не достигает.

Следовательно, все параметры кардиореспираторной системы в условиях высокогорья (кроме ЧСС, pH, pCO₂), по сравнению с данными, полученными в предгорье, отклоняются до подъема и спуска с потенциала однонаправлено. При этом показатели АД_с, МОД, ЧД, ДО, VO₂ нарастают, а АД_д, РаО₂, SaO₂, BE – снижаются. Отклоняются в противоположных направлениях только ЧСС, pH и pCO₂. Создается впечатление, что ремоделирование физиологических параметров кардиореспираторной системы при сочетанном действии высокогорной среды обитания и КР ВЛЭП зависит не столько от влияния коронного разряда, сколько от высоты местности.

Однако другой факт говорит о том, что все параметры (без исключения) под действием коронного разряда отклоняются от исходных величин однонаправлено независимо от высоты местности. При этом отмечается увеличение ЧСС, АД_с, АД_д, МОД, ЧД, VO₂ и pCO₂ и снижение ДО, РаО₂, SaO₂, pH, BE. Отсюда следует, что действие КР ВЛЭП по характеру не зависит от высоты местности.

Разница заключается только лишь в количественном выражении установленных изменений.

Действие КР ВЛЭП вызывает повышение VO_2 независимо от высоты местности за счет возросшего МОД (несмотря на снижение ДО) в результате учащения дыхания. Однако это не предотвращает падение PaO_2 и SaO_2 в условиях высокогорья и на уровне предгорья. В этих условиях появляются признаки дыхательного ацидоза и напряжения ВЕ.

Примечательно то, что в условиях высокогорья наблюдается тенденция вымывания pCO_2 , тогда как в предгорье, напротив, $PaCO_2$ нарастает.

Все эти изменения внешнего дыхания, газового состава и кислотно-основного состояния крови развертываются на фоне напряжения деятельности сердечно-сосудистой системы, о чем свидетельствует нарастание ЧСС, AD_c , AD_d .

Высокогорная среда изменяет величину ремоделирования кардиореспираторной системы, наблюдаемого при действии КР ВЛЭП. Так, если ЧСС под действием высокогорной среды увеличивается на 76 %, AD_c – на 2, AD_d – на 8, МОД – на 6, $PaCO_2$ – на 33 %, то ЧД уменьшается на 6, ДО – на 19,5 %, VO_2 – на 8, PaO_2 – на 1,7 %, SaO_2 – 1,5 %, pH – на 1, ВЕ – на 1 %.

Таким образом, вклад высокогорной среды значим на изменения таких показателей кардиореспираторной системы, как ЧСС, AD_c , МОД, $PaCO_2$ и незначителен по отношению AD_c , ЧД, ДО, PaO_2 , SaO_2 , pH, ВЕ.

Определенный интерес составляет сравнительная характеристика ремоделирования кардиореспираторной системы под действием таких разнородных факторов, как КР ВЛЭП и высокогорья. Это сравнение показывает, что и коронный разряд ВЛЭП, и высокогорье приводят в одних случаях одним и тем же, в других – разным результатам. Так, оба они увеличивают AD_c , МОД, ЧД, VO_2 и уменьшают PaO_2 , SaO_2 , ВЕ. В то же время само по себе высокогорье вызывает снижение ЧСС, AD_d , $PaCO_2$ и увеличение ДО и pH, тогда как КР ВЛЭП приводит к обратным результатам. Интерпретировать эти данные довольно сложно. Тем не менее, одинаковые результаты, вызываемые разнородными факторами можно трактовать как проявление общей адаптационной реакции на стресс [3].

Чтобы выяснить вклад отдельно КР ВЛЭП и высокогорья в изменения кардиореспираторной системы в совокупности, сопоставим результаты с эффектами их влияния в отдельности. Как явствует из таблицы 1, совместное действие коронного разряда ВЛЭП и высокогорья сопровождается нарастанием AD_d , ДО, PaO_2 , SaO_2 , pH и ВЕ. Как

было указано выше, и коронный разряд ВЛЭП, и высокогорье увеличивают AD_c , МОД, ЧД, VO_2 и снижают PaO_2 , SaO_2 , ВЕ. В то же время КР ВЛЭП вызывает рост ЧСС, АД, $PaCO_2$ и падение ДО и pH, а высокогорье дает противоположные эффекты.

Отсюда можно полагать увеличение AD_c , МОД, ЧД, VO_2 и уменьшение PaO_2 , SaO_2 , ВЕ – результат синергического действия коронного разряда и высокогорья, а рост ЧСС, $PaCO_2$ и падение ДО – преимущественно коронного разряда, а снижение AD_d и pH – высокогорья.

На фоне чрезвычайной вариабельности ремоделирования данных, представленных в таблице 1, наблюдаются постоянное увеличение МОД, ЧД, VO_2 и уменьшение PaO_2 , SaO_2 , ВЕ независимо от характера возмущающих факторов, действующих на организм испытуемых. Само собой встает вопрос о регуляторных механизмах, обеспечивающих это феномен.

При всем разнообразии возмущающих факторов горной среды, коронного разряда и ВЛЭП и их комбинации всегда наличествует изменение вдыхаемого воздуха, что в первую очередь отражается на функции внешнего дыхания [4, 5]. Именно внешнее дыхание является узловым механизмом, позволяющим функционировать остальным звеньям газового гомеостаза и поддерживать динамическое постоянство внутренней среды организма [3].

Регуляция объема легочной вентиляции по кислороду и углекислоте общеизвестна и сегодня не вызывает сомнений. Применительно к результатам нашей работы следует полагать, что падение PaO_2 усиливает афферентацию от хеморецепторов каротидных и аортальных рефлексогенных зон к дыхательному центру с последующим повышением функции дыхательных мышц и увеличением МОД, ЧД, ДО и VO_2 .

Конечно, при этом нельзя игнорировать вклад изменений $PaCO_2$, Hb, pH, ВЕ, белков плазмы крови, а также состава газовой среды в зоне КР ВЛЭП и высокогорья. Для включения этих факторов в обсуждение данных, полученных на человеке, необходимы экспериментальные исследования на животных, результаты которых составят содержание наших последующих сообщений.

Выводы.

1. Под влиянием синергического действия коронного разряда высоковольтных линий электропередач отмечается увеличение AD_c , МОД, ЧД, VO_2 и уменьшение PaO_2 , SaO_2 , ВЕ.
2. Рост ЧСС, $PaCO_2$ и падение ДО связаны с коронным разрядом ВЛЭП, а снижение AD_d и pH – с высокогорьем.

Литература

1. *Шидаков Ю.Х.-М.* Влияние коронного 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.
2. *Шидаков Ю.Х.-М.* О ремоделировании микрогемоциркуляции под действием коронного разряда высоковольтной линии электропередач в условиях высокогорья / Ю.Х.-М. Шидаков, Н.В. Тимушкина, Л.В. Козачук и др. // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 11. С.188–193.
3. *Козачук Л.В.* Состояние кардиореспираторной системы и физико-химического гомеостаза крови человека при работе в зоне коронного разряда ЛЭП на разных горных высотах / Л.В. Козачук, И.А. Абдумаликова, М.В. Балыкин // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Балашов, 2015. С. 55–59.
4. *Лосев Н.И.* Физико-химический гомеостаз. Гомеостаз / Н.И. Лосев, В.А. Войнов. М.: Медицина, 1976. С. 376–427.
5. *Selye H.* The stress of life. New York, 1956. 247 p.