

На правах рукописи

Ильичев Владимир Павлович
**ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНОЙ ДЕСИМПАТИЗАЦИИ КАРОТИДНЫХ
 ТЕЛЕЦ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ЖИВОТНЫХ
 В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

03.00.13– физиология

Автореферат
 диссертации на соискание ученой степени
 кандидата медицинских наук

Бишкек- 2007

Работа выполнена на базе лаборатории кафедры физиологических дисциплин
 медицинского факультета Кыргызско-Российского Славянского университета

Научный руководитель: кандидат медицинских наук, доцент
Бибинев Евгений Михайлович

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук, профессор
Турусбеков Бейшен Турусбекович
 кандидат медицинских наук, доцент
Калмамбетова Анара Исмаиловна

Ведущая организация: Российский университет
 дружбы народов (г. Москва)

Защита диссертации состоится 12 ноября 2007 г. в 14⁰⁰ часов на
 заседании диссертационного совета К 730.001.04 при Кыргызско-
 Российском Славянском университете (720000, Кыргызская Республика, г.
 Бишкек, ул. Киевская, 44).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызско-
 Российского Славянского университета (720000, Кыргызская Республика, г.
 Бишкек, ул. Киевская, 44).

Автореферат разослан 12 октября 2007 г.

Ученый секретарь
 диссертационного совета,
 кандидат медицинских наук, доцент

Гурович Т.Ц.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В связи с интенсивным освоением новых горных территорий и связанной с этим миграцией населения вопросы физиологии человека и животных, находящихся в гипоксических условиях, приобретают все большее прикладное и научно-теоретическое значение.

В горной физиологии большое внимание уделено изучению состояния вегетативной нервной системы адаптирующегося организма. Начиная с 70-х гг. в горных медико-биологических исследованиях рассмотрение процессов вегетативной регуляции происходило параллельно с изучением функций и структуры каротидных телец и других образований синокаротидной рефлексогенной зоны. Отечественными и зарубежными исследователями получены результаты, значительно углубившие представления о процессах артериальной хеморецепции, регуляции дыхания и сердечно-сосудистой системы, механизмах формирования резистентности к гипоксии, об особенностях развития ряда «горных» заболеваний, выявлены некоторые важные моменты при сравнении результатов обследований здоровых уроженцев высокогорья и постоянных жителей низкогорья (Б.Т. Турусбеков, 1970; Н.А. Агаджанян и др. 1971; И.С. Бреслав, Н.Н. Кариев, 1971; А.И. Елфимов, 1973; М.М. Миррахимов, 1976; Т.Ф. Калько, 1976; С.Б. Данияров, А.Г. Зарифьян, 1977; Е.М. Бебинов, 1979; Э.А. Джайлобаева, 2004; Н. Chiodi, 1957; S. Sorensen, J.W. Severinghaus, 1968; G. Dempsey et al., 1982; S. Lahiri, 1977, 2004; Nanduri R. Prabhakar, 2004).

В равнинных условиях были получены экспериментальные факты, позволившие создать теорию регуляции уровня чувствительности и устойчивости хеморецепторных образований, осуществляемой через эфферентные звенья симпатического отдела вегетативной нервной системы (В.О. Самойлов, Г.М. Черняков, 1975; В.О. Самойлов, 1977; E. Neil, R.O'Regan, 1969, 1971; P. Willshaw, 1975; С.Е. Hill, I. Hendri, 1979; C. Bolter, J. Ledsome, 1980; O'Regan, S. Majcherczyk, 1982; H. Blumberg, J. Oberle, 1985). В дальнейшем положения этой теории были дополнены результатами горных экспериментальных исследований (А.И. Калмамбетова; 1987, Ю.М. Ланский, 1987; Э.А. Джайлобаева, 2004).

До настоящего времени недостаточно изучена электрофизиологическая сторона регуляции дыхания в условиях горного климата. В единичных публикациях описана только динамика амплитудных значений и частоты следования импульсов в комплексах ЭМГ дыхательной мускулатуры в высокогорье Тянь-Шаня (Е.М. Бебинов, 1979; Р.А. Степанова, 1990). Но следует подчеркнуть, что современный уровень электрофизиологических исследований позволяет изучать функциональную активность дыхательных мышц и нервов по характеристикам спектрального анализа биоэлектрической активности, что дает возможность судить о процессах, происходящих на уровне центральных образований регуляции дыхания (А.И. Тараканов и др., 1999; Richardson C.A., Mitchell, 1982, 1986, 1988).

Несмотря на внедрение в электромиографическую практику новых методов изучения биоэлектрической активности мышц, в литературе отсутствуют сведения, касающиеся изменений частотного спектра электромиограммы (ЭМГ) дыхательной

мускулатуры при воздействии естественной (горной) и искусственной (барокамерной) гипоксии. Также отсутствует информация о соотношении активности дыхательных мышц, симпатических образований и морфо-функционального состояния хеморецепторных каротидных зон. Как показано в работах Е.С. Федорчук (1957), Ю.М. Уфлянда (1975), С.Б. Даниярова, Е.М. Бебинова (1977), Е.М. Бебинова (1979), целостность хеморецепторных образований синокаротидной зоны обеспечивает существенный вклад в изменения биоэлектрической активности дыхательных мышц при гипоксии и соответственно обуславливает адекватные изменения в работе системы дыхания в условиях гипоксической среды. Несомненно, что выяснение характера симпатических воздействий на гломусный аппарат и особенностей последствий гломдесимпатизирующих операций, отражающихся на функциональном состоянии дыхательной мускулатуры, может открыть новые возможности при проведении оперативных вмешательств на синокаротидной зоне, применяемых при различных патологиях (бронхиальная астма, гипотония, миастения и др.). Изучение реакций систем жизнеобеспечения организма, протекающих на фоне десимпатизации синокаротидной зоны, будет способствовать получению новых подходов в коррекции горных дизадаптаций.

Исходя из вышеперечисленных научно-теоретических, методических и прикладных предпосылок, были сформулированы цель и задачи настоящего исследования.

Цель исследования. Изучение степени влияния хирургической десимпатизации каротидных телец на динамику биоэлектрической активности дыхательной мускулатуры и гипоксическую устойчивость лабораторных крыс в различные сроки пребывания в условиях высокогорья

Задачи исследования.

1. Собрать методический комплекс, обеспечивающий безартефактную регистрацию и компьютерную обработку сигналов ЭМГ дыхательной мускулатуры крысы в широком диапазоне частот и амплитуд с применением спектрального анализа в покое и на этапах барокамерного воздействия в стационарных и экспедиционных условиях.
2. Изучить динамику и провести сравнение электромиографических характеристик мышц 2-го, 7-го межреберий и диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс в покое и при остром воздействии гипобарической гипоксии в условиях низкогорья.
3. Провести сравнение показателей электромиограммы мышц 2-го, 7-го межреберий и диафрагмы контрольных крыс в низкогорье и на 5-7, 35-37 и 305-307 сутки высокогорной адаптации.
4. Сравнить показатели электромиограммы мышц 2-го, 7-го межреберий и диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс на 5-7, 35-37 и 305-307 сутки высокогорной адаптации в покое и при остром воздействии гипобарической гипоксии.
5. Проанализировать динамику высотной устойчивости контрольных и гломдесимпатизированных крыс в низкогорье и на 5-7, 35-37 и 305-307 сутки

высокогорной адаптации и соотнести ее с изменениями электромиографических показателей мышц 2-го, 7-го межреберий и диафрагмы обследуемых животных.

Научная новизна. Впервые в условиях барокамерных экспериментов в низкогорье и высокогорье проведена компьютерная регистрация и обработка электромиограммы дыхательной мускулатуры контрольных и гломдесимпатизированных животных с использованием спектрального анализа колебаний биотоков, что позволило получить новые данные о регуляторной роли симпатических влияний на хеморецепторные образования и о динамике электромиографических характеристик межреберных мышц и диафрагмы в процессе высокогорной адаптации, а также соотнести их с устойчивостью дыхательного центра к гипоксическому воздействию.

Практическая ценность. Выявленные перестройки в функционировании мышечного звена системы дыхания после гломдесимпатизирующих воздействий и их выраженность в зависимости от срока высокогорной адаптации утверждают правомерность нового подхода в изучении морфофункциональных особенностей синокаротидной зоны в горных условиях.

Полученные сведения о сдвигах процессов нейро-рефлекторного звена регуляции дыхания могут явиться существенным дополнением при планировании оперативных вмешательств у человека при ряде заболеваний, патогенетически связанных с образованиями синокаротидной рефлексогенной зоны.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Проведение спектрального анализа электромиограммы дыхательных мышц в отличие от рутинных методов обработки ЭМГ сигналов позволяет получить информацию о состоянии эфферентного нейронального выхода дыхательного центра как у интактных крыс, так и у животных после каротидной гломдесимпатизации в низкогорных и высокогорных условиях.

2. Отчетливые качественные и количественные различия функционального состояния дыхательной мускулатуры и показателей высотной устойчивости после каротидной гломдесимпатизации связаны со сроками адаптации, предшествующими оперативному воздействию. Наибольшие изменения спектральной картины ЭМГ дыхательных мышц происходят на 35-37 сутки пребывания в высокогорье.

Внедрение. Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры физиологических дисциплин медицинского факультета Кыргызско-Российского Славянского Университета (КРСУ).

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены и обсуждены на 2-х ежегодных конференциях преподавателей и сотрудников медицинского факультета КРСУ (апрель 2006, апрель 2007 г), а также на заседании кафедры физиологических дисциплин медицинского факультета КРСУ.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 2 тезиса, 4 работы приняты к печати.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 152 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 4 глав, выводов, указателя литературы. Диссертация иллюстрирована 26 рисунками, 44 таблицами.

Библиография представлена 299 источниками литературы (225 работ из дальнего зарубежья).

Содержание работы

Материалы и методы исследования. Экспериментальная часть работы выполнена на белых лабораторных крысах, родившихся на высоте 760 м над уровнем моря, и на адаптированных к условиям высокогорья (перевал Туя-Ашу, Н – 3200 м над уровнем моря).

В процессе решения задач исследования были поставлены следующие серии экспериментов: 1) запись и анализ ЭМГ в покое и на высотах «барокамерного» подъема контрольных и гломдесимпатизированных крыс с определением высотного потолка в условиях низкогорья (Н – 760 м над уровнем моря), 2) проведение вышеуказанных процедур после 7 дневной высокогорной адаптации (Н – 3200 м), 3) проведение вышеуказанных процедур после 35-37 дневной высокогорной адаптации, 4) осуществление вышеуказанных обследований после 305-307 дней высокогорной адаптации.

Животные, подвергнутые двусторонней хирургической десимпатизации каротидных гломусов, названы гломдесимпатизированными. Контролем служили крысы, подвергнутые ложной (без перерезки симпатических нервов) операции. Регистрация биоэлектрических характеристик дыхательных мышц осуществлялась на 5-7 день послеоперационного периода.

В экспериментах, проведенных на крысах, мы придерживались методических принципов оперативного вмешательства на синокаротидной зоне, разработанных для этих животных (Э.А. Конза, 1970; А.И.Елфимов, 1971; А.И. Калмамбетова, 1987; Hantz, 1973).

В качестве параметра, характеризующего переносимость острого кислородного голодания и эффективность адаптации к гипоксии в различные сроки, был выбран «высотный потолок», использовавшийся ранее рядом авторов для выяснения устойчивости животных к острой гипоксии, путем подъема в барокамере со скоростью 25 м/с (А.И. Елфимов, 1973; А.Г. Зарифьян, 1974; Е.М. Бебинов, 1979; Ю.М. Ланский, 1987; И.Е. Кононец, 1999).

В наших опытах высотный потолок определялся по началу агонального дыхания, регистрируемого с помощью электромиограммы дыхательной мускулатуры у наркотизированных крыс (уретан 1000 мг/кг).

У животных различных групп до определения высотной устойчивости и при барокамерном подъеме регистрировали электрическую активность дыхательной мускулатуры (в межреберные мышцы 2-го и 7-го межреберий вводили проволочные электроды сечением 100 мкм).

Заготовки для диафрагмальных электродов представляли собой тонкие резиновые прямоугольники, прошитые вдоль двумя параллельными проволочками со снятой на кончиках изоляцией. Резиновые полоски позволяли легко закреплять электроды на движущейся мышце, не ограничивая подвижность диафрагмы. Снимаемый электрический сигнал усиливался (электромиограф фирмы MEDICOR),

затем оцифровывался, посредством аналого-цифрового преобразователя, и подвергался компьютерной обработке (процессор Pentium) при помощи специальной программы. В программу входила возможность выбора участка инспираторной активности ЭМГ, свободной от ЭКГ (оцениваемой как артефакт), на этом участке подсчитывалась средняя амплитуда сигнала, и проводился спектральный анализ, позволяющий получить ряд более информативных характеристик (оценку спектральной мощности электрической активности мышцы в целом, вычисление значений амплитуд пиков спектрограммы, отражающих активацию отдельных групп (генераторов) нейронов дыхательного центра, наблюдение за динамикой сдвигов средней частоты спектрограммы, в определенной мере связанной с нарастанием мышечного утомления). В компьютерной программе использован стандартный блок-алгоритм быстрого преобразования Фурье с учетом наработок по применению метода для исследования динамики ЭМГ различных групп скелетных мышц (в том числе дыхательных) человека и лабораторных животных (J.Sadoyama, H. Miyano, 1981; И.А. Тараканов, М.В. Вайсман, В.А. Сафонов, 1997).

Результаты исследования

Эксперименты на контрольных и гломдесимпатизированных белых крысах в условиях низкогогорья

Высотная устойчивость

В низкогорных исследованиях высотные потолки у контрольных (интактных) крыс колебались в пределах $14 \pm 1,5$ км. Операция десимпатизации каротидных гломусов снижала этот показатель до $10 \pm 1,0$ км ($P < 0,05$). Следовательно, через 7 дней после проведения операции хирургической гломдесимпатизации в условиях г. Бишкек компенсации функции синокаротидной зоны не происходит.

Электромиографические показатели дыхательной мускулатуры

Соотношение биоэлектрической активности между исследуемыми группами дыхательной мускулатуры крыс в условиях г. Бишкек показано в таблице 1.

Таблица 1

Показатели биоэлектрической активности дыхательных мышц контрольных и гломдесимпатизированных крыс в покое в условиях низкогогорья

		Исследуемые мышцы					
		Диафрагма		2 межреберье		7 межреберье	
		A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)
K (n=15)	M±m	280±21	26±3	71±4	21±5	70±8	3,1±1
Г (n=15)	M±m	74±6	21±2	58±6	7±2	43±4	5±1
	P	<0,05	>0,5	<0,05	<0,05	<0,05	>0,5

Примечание: К – контрольные крысы, Г – гломдесимпатизированные, А – средняя амплитуда исходного сигнала на анализируемом участке ЭМГ, Р – мощность спектра ЭМГ на анализируемом участке

Распределение биотоков дыхательных мышц у животных в равнинных условиях следует определенному правилу (В.А. Пелевинов, 1971; Р.А. Степанова,

1990; Duron, 1973), т.е. наибольшая активность принадлежит диафрагме, затем мышцам краниальных межреберий, и низкая активность – в мышцах каудальных межреберий. Судя по данным таблицы 1 у контрольных крыс превалирование исходных амплитудных значений биотоков мышц 2-го межреберья незначительно (в отличие от более выраженного увеличения показателя у гломдесимпатизированных крыс), но мощность спектра ЭМГ мышц 2-го межреберья у контрольных крыс (в отличие от гломдесимпатизированных животных) многократно превышает значение этого показателя в мышцах 7-го межреберья.

Необходимо отметить, что регистрация показателей, проведенная на 7 суток послеоперационного периода в условиях г. Бишкек, отчетливо демонстрирует снижение амплитудных характеристик во всех группах мышц.

При проведении спектрального анализа ЭМГ дыхательных мышц контрольных животных в покое выявлено, что у большинства животных спектральная картина ЭМГ диафрагмы содержала 3 пика, спектр межреберных мышц содержал большее количество пиков (табл. 3, 4).

Операция хирургической десимпатизации каротидных телец существенно влияет на распределение пиков спектра мощности электромиограммы дыхательных мышц. Так, у гломдесимпатизированных животных спектр ЭМГ диафрагмы отличается смещением низкочастотного пика в сторону более высоких частот (до 66 ± 9 Гц, $P < 0,05$), появлением новых пиков в отличие от контроля (табл. 2) и сдвигом средней частоты спектра мощности в сторону низких частот (табл. 5).

У гломдесимпатизированных животных наблюдается достоверный сдвиг спектра мощности в сторону низких частот (табл. 5).

При «подъеме» в барокамере у контрольных крыс наблюдается постепенное увеличение амплитуды исходной электромиограммы и мощности спектра ЭМГ дыхательных мышц. У гломдесимпатизированных животных также происходит увеличение данных показателей во всех группах исследуемых мышц, но в меньшей степени, чем у контрольных (рис. 1, 2).

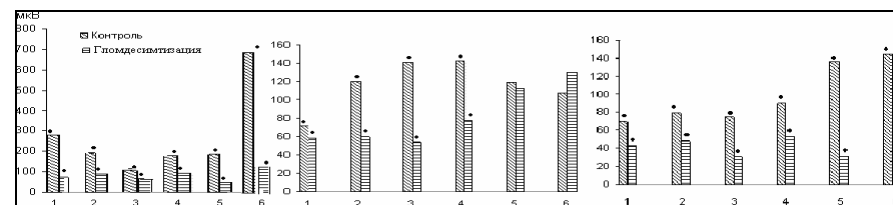


Рис. 1. Динамика изменения амплитуды электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере в условиях низкогогорья. Слева направо: диафрагма, 2 межреберье, 7 межреберье. 1 – регистрация в покое, 2 – при «подъеме» на высоте 6 км, 3 – на высоте 8 км, 4 – на высоте 10 км, 5 – на высоте 12 км, 6 – агональное дыхание.

Примечание. Различия достоверны по отношению к показателям контрольных крыс (* – $P < 0,05$)

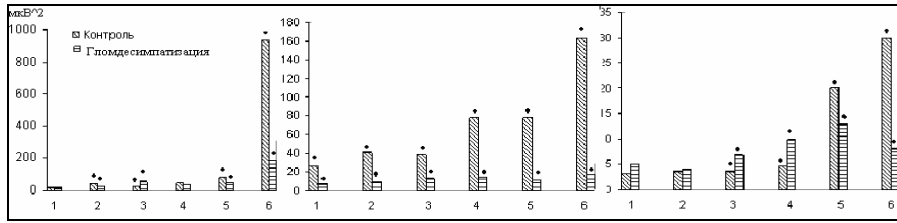


Рис. 2. Динамика изменения мощности спектра электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере в условиях низкогогорья. Обозначения те же, что на рис.

Подъем в барокамере сопровождается появлением дополнительных пиков в спектре диафрагмы у контрольных крыс в диапазоне выше 320 Гц, а также сдвигом средней частоты спектра мощности в сторону преобладания более медленных волн (табл. 2, 5).

Агональное дыхание характеризуется наличием множества пиков в спектре и высокочастотным сдвигом средней частоты (табл. 2-5).

Таблица 2

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в низкогогорье

Пики спектра (Гц)										
Фон в покое										
M±m	к	46±1	155±25	251±11						
M±m	г	66±9	151±6	250±6	350±7	465±8	541±9	664±11		
«Подъем» в барокамере 6 км										
M±m	к	62±7*	149±6	251±17	358±14*					
M±m	г	70±9	151±8	261±7	346±9	440±16	524±10	633±12	749±16*	
Подъем 8 км										
M±m	к	61±3	152±5	251±6	363±10					
M±m	г	77±4	168±8	241±7	344±5	444±6	569±12	621±9		
«Подъем» в барокамере 10 км										
M±m	к	62±3	153±4	248±8	338±4					
M±m	г	76±5	162±8	248±5	348±6	450±8	545±6	637±8	715±7*	
«Подъем» в барокамере 12 км										
M±m	к	59±3	138±8	248±12	323±6					
M±m	г	65±6	152±7	245±5	365±7	450±11	542±14	635±15		
Агональный вдох										
M±m	к	85±9	109±13	148±15	185±18	225±35	271±38*	296±38*	336±58*	375±58*
M±m	г	70±21	157±36	230±4	330±13	443±11	553±21	633±25		

Примечание: к – контроль (n=15), г – гломдесимпатизированные (n=15)
Различия достоверны по отношению к показателям в покое * P<0,05

Таблица 3

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 2-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в низкогогорье

Пики спектра (Гц)										
Фон в покое										
M±m	к	61±4	194±10	290±14	376±6	461±12	556±6	671±12	768±12	896±12
M±m	г	56±4	156±11	254±10	337±10	654±9	744±14	829±10		
«Подъем» в барокамере 6 км										
M±m	к	65±4	142±7	241±6	390±9	483±11	609±6	706±9	801±15	931±12
M±m	г	60±2	156±4	254±8	363±7	443±8	544±11	637±8	755±9	
«Подъем» в барокамере 8 км										
M±m	к	54±5	152±10	296±9	379±7	464±6	558±11	631±9	718±6	805±14
M±m	г	62±3	168±10	251±7	360±5	448±9	536±9	649±10	742±17	
«Подъем» в барокамере 10 км										
M±m	к	65±4	146±13	235±11	326±16	420±8	507±12	603±12	776±4	879±15
M±m	г	68±4	162±9	252±7	346±9	433±9	531±7	640±9	736±15	
«Подъем» в барокамере 12 км										
M±m	к	55±3	161±10	272±10	398±11	470±11	549±12	625±7	711±13	824±10
M±m	г	59±4	147±7	251±10	325±15	419±4	551±12	684±8	758±3	
Агональный вдох										
M±m	к	37±12	97±7	194±5	254±9	382±7	459±7	547±11	673±8	772±2
M±m	г	65±25	179±9	263±5	357±7	473±9	542±11	656±10	759±16	

Примечание: так же, как в таб. 2

Таблица 4

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 7-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в низкогогорье

Пики спектра (Гц)										
Фон в покое										
M±m	к	42±2	152±8	255±10	360±13	447±10	596±13	658±17	761±12	
M±m	г	58±6	145±7	238±8	346±7	456±12	540±10	652±15		
«Подъем» в барокамере 6 км										
M±m	к	50±2*	149±5	232±6	359±10	465±11	667±12	786±22		
M±m	г	57±3	161±10	247±11	362±10	449±8	547±15	642±11		
«Подъем» в барокамере 8 км										
M±m	к	48±2	159±10	221±3	359±6	453±8	559±10	690±11	790±15	930±37
M±m	г	63±5	173±7	264±7	348±8	444±8	551±7	627±8		
«Подъем» в барокамере 10 км										
M±m	к	49±6	162±10	238±14	341±10	427±16	512±5	687±12	894±12	
M±m	г	62±3	152±8	238±6	342±7	447±8	558±12			
«Подъем» в барокамере 12 км										
M±m	к	65±9*	144±12	248±14	347±17	442±18	542±2	658±17	734±30	
M±m	г	59±6	174±11	244±6	375±8	459±8	541±11	644±24		
Агональный вдох										
M±m	к	67±3*	168±12	250±12	357±11	446±8	587±12	666±4	754±9	
M±m	г	65±13	137±10	237±10	344±14	446±14	548±4	662±15		

Примечание: так же, как в таб. 2

Таблица 5

Динамика спектра мощности ЭМГ дыхательной мускулатуры контрольных и гломдесимпатизированных крыс в процессе барокамерного подъема в низкогорье

	Диафрагма		2-е межреберье		7-е межреберье	
	К (n=15)	Г (n=15)	К (n=15)	Г (n=15)	К (n=15)	Г (n=15)
	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)
В покое						
M±m	390±15	326±14*	320±10	299±5	320±15	298±8
Подъем 6 км						
M±m	340±10	309±10*	300±5	309±8	310±10	295±12
Подъем 8 км						
M±m	309±12	264±10*	290±10	284±9	290±12	272±14
Подъем 10 км						
M±m	290±12	275±10	310±10	304±13	310±5	286±12*
Подъем 12 км						
M±m	306±10	279±14	315±5	309±3	290±10	277±20
Агональный вдох						
M±m	450±12	375±17*	456±12	380±12	335±10	289±8*

Примечание: F50 – частота, соответствующая 50% мощности спектра. К – контроль, Г – гломдесимпатизация
Различия достоверны по отношению к показателям контрольных крыс * P<0,05

Таким образом, для низкогорных экспериментов характерно определенное соотношение исходных значений (рутинных и спектральных характеристик) ЭМГ дыхательной мускулатуры, отражающее устойчивый уровень функционирования механизмов хеморецепторной регуляции дыхания у контрольных животных, параметры которого в результате десимпатизации каротидных гломусов значительно изменяются.

Результаты экспериментов на контрольных и гломдесимпатизированных белых крысах, находившихся в высокогорье в течение 6-7 дней

Высотная устойчивость

В начальном периоде высокогорной адаптации высотные потолки у контрольных крыс колебались в пределах 14±1,0 км (что не отличалось от низкогорных значений показателя). Гломдесимпатизация снижала этот показатель до 11±1,0 км (P<0,05).

Следовательно, адаптация в течение 6-7 дней к условиям высокогорья существенно не влияет на хеморецепторную чувствительность, и также как и в низкогорье через 7 дней после проведения операции хирургической десимпатизации компенсации функции каротидных хеморецепторов не происходит.

Электромиографические показатели дыхательной мускулатуры

У контрольных, находившихся в высокогорье в течение 6-7 дней животных распределение активности дыхательных мышц существенно отличалось от распределения активности в условиях низкогорья (табл. 6).

Таблица 6

Показатели биоэлектрической активности дыхательных мышц контрольных и гломдесимпатизированных крыс в покое в условиях высокогорья (адаптация 6-7 дней)

		Исследуемые мышцы					
		Диафрагма		2 межреберье		7 межреберье	
		A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)
К (n=10)	M±m	124±7	42±6	26±4	8±0,7	66±7	9±0,9
Г (n=10)	M±m	82±1	43±5	40±3	11±1	50±13	6±0,4
	P	<0,05	>0,5	<0,05	<0,05	>0,5	<0,05

Примечание: так же, как в таб. 1.

Как видно из таблицы, у контрольных крыс основной дыхательной мышцей по величине показателей ЭМГ, по-прежнему, оставалась диафрагма, затем – мышцы 7 межреберного промежутка и далее следуют мышцы 2-го межреберья.

Гломдесимпатизация вызывает увеличение активности диафрагмы и мышц 2-го межреберья. В мышцах 7-го межреберного промежутка активность уменьшается.

В спектральной картине ЭМГ диафрагмы у контрольных животных наблюдается 5 пиков, в спектре ЭМГ межреберных мышц – большее количество пиков (табл. 7-9).

Гломдесимпатизация приводит к увеличению количества пиков в спектре и сдвигу спектра мощности в сторону более низких частот, кроме диафрагмы (здесь сдвига спектра при десимпатизации не происходит) (табл. 7-10).

По мере подъема в барокамере у контрольных и гломдесимпатизированных крыс происходит некоторое увеличение активности всех дыхательных мышц, но достоверных различий между показателями (как в низкогорной серии исследований) нет (рис. 3, 4).

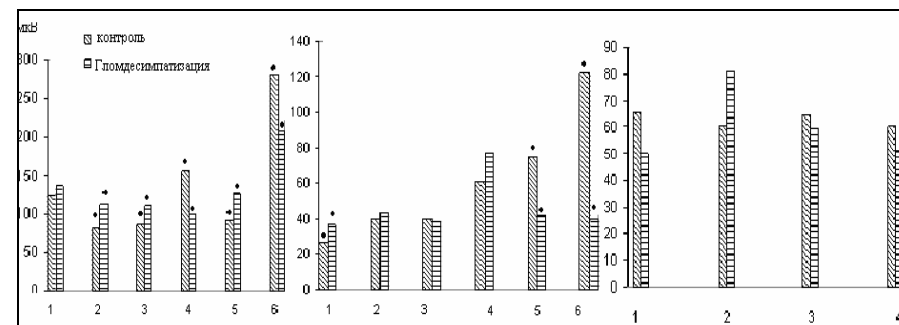


Рис. 3. Динамика изменения амплитуды электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 6-7 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

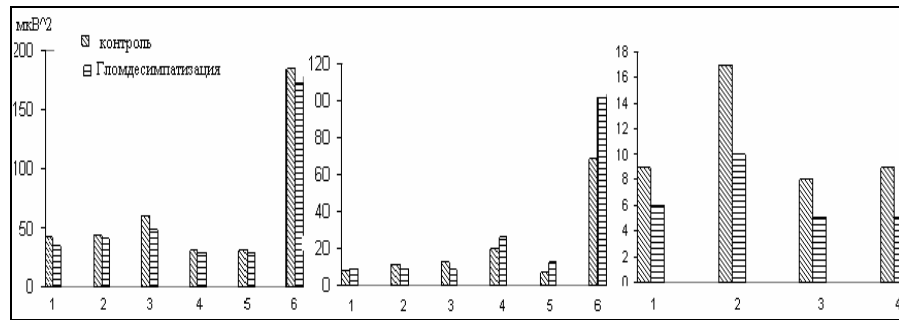


Рис. 4. Динамика изменения мощности спектра электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 6-7 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

В отличие от низкогорных исследований при барокамерном «подъеме» не наблюдается смещение низкочастотного пика, в межреберных мышцах наоборот «подъем» вызывает уменьшение количества пиков спектра. Как и в низкогорных сериях, барокамерный «подъем» приводит к смещению спектра в сторону более низких частот и в контрольной, и в десимпатизированной группах (табл. 7-10).

Таблица 7

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 6-7 дней)

		Пики спектра (Гц)						
		Фон в покое						
M±m	к	73±5	146±7	251±6	361±6	448±9		
M±m	д	67±5	164±2	250±9	343±7	442±9	572±10	655±17
		«Подъем» в барокамере 6 км						
M±m	к	66±4	154±7	238±6	343±9	447±9	561±13*	
M±m	д	66±6	148±7	239±11	356±4	428±7	526±12	638±13
		Подъем 8 км						
M±m	к	57±3	148±6	225±17	335±8	438±7	537±11*	
M±m	д	70±5	152±7	241±13	334±15	438±9		
		«Подъем» в барокамере 10 км						
M±m	к	69±5	163±7	258±6	363±14	452±16		
M±m	д	56±4	154±7	248±8	352±8	439±15		
		«Подъем» в барокамере 12 км						
M±m	к	64±6	143±7	251±14	356±10	443±4	548±16*	
M±m	д	60±6	165±7	258±8	341±3			
		Агональный вдох						
M±m	к	43±4	145±8	219±10	335±10	467±12		
M±m	д	76±4	158±10	256±10	337±10	436±13	549±17	

Примечание: к-контроль (n=10), д – гломдесимпатизированные (n=10)
Различия достоверны по отношению к показателям в покое * P<0,05

Таблица 8

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 2-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 6-7 дней)

		Пики спектра (Гц)						
		Фон в покое						
M±m	к	52±4	169±4	247±12	347±11	432±9	519±10	
M±m	д	61±8	164±8	255±6	355±15	436±11	10	
		«Подъем» в барокамере 6 км						
M±m	к	62±4*	171±13	254±8	371±6	455±11	529±8	
M±m	д	59±4	134±7	241±9	351±5	442±15	534±11	
		Подъем 8 км						
M±m	к	71±7*	151±8	263±6	350±10	428±8	547±4	652±12*
M±m	д	71±6	156±9	250±6	340±12	451±21		
		«Подъем» в барокамере 10 км						
M±m	к	55±5	167±12	264±6	337±4	446±31	523±10	614±3*
M±m	д	53±2	163±7	254±11	349±14			
		«Подъем» в барокамере 12 км						
M±m	к	53±13	141±12	250±9	341±14	474±17		
M±m	д	79±8	139±7	268±18	352±9	419±13		
		Агональный вдох						
M±m	к	66±3*	162±8	250±13	344±26	460±14	546±24	620±14*
M±m	д	45±5	117±9	270±10	374±17			

Примечание: так же, как в таб. 7

Таблица 9

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 7-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 6-7 дней)

		Пики спектра (Гц)						
		Фон в покое						
M±m	к	56±18	162±16	271±14	360±7	537±23		
M±m	д	59±11	181±12	255±10	339±21	563±27	860±33	
		«Подъем» в барокамере 6 км						
M±m	к	63±6	163±7	249±11	363±15	458±12	577±15	
M±m	д	55±4	148±10	258±12	356±18	462±7		
		Подъем 8 км						
M±m	к	67±7	164±8	268±12	340±10	448±12		
M±m	д	56±4	159±6	231±8	358±20			
		«Подъем» в барокамере 10 км						
M±m	к	66±5	156±6	273±4	370±12			
M±m	д	55±3	146±9	252±10	353±6			

Примечание: так же, как в таб. 7

Таблица 10

Динамика спектра мощности ЭМГ дыхательной мускулатуры контрольных и гломдесимпатизированных крыс в процессе барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 6-7 дней)

	Диафрагма		2-е межреберье		7-е межреберье	
	К (n=10)	Г (n=10)	К (n=10)	Г (n=10)	К (n=10)	Г (n=10)
	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)
В покое						
M±m	270±17	269±12	280±13	232±13*	321±6	255±67*
Подъем 6 км						
M±m	250±9	248±4	273±12	245±11*	226±10	157±14*
Подъем 8 км						
M±m	249±8	235±11	245±13	199±6*	173±6	194±14
Подъем 10 км						
M±m	195±12	198±9	226±15	177±6*	187±7	175±14
Подъем 12 км						
M±m	215±12	202±4	249±6	200±13*		
Агональный вдох						
M±m	234±3	231±10	221±15	196±19		

Примечание: так же как в таб. 5

Таким образом, нахождение в высокогорье в течение 6-7 дней приводит к адаптивным изменениям характеристик биоэлектрической активности различных групп дыхательных мышц. В этом сроке в меньшей степени выражены последствия гломдесимпатизирующего воздействия на механизм хеморефлекторной регуляции дыхания, возможно в результате естественной активации симпато-адреналовой системы (факта, показанного многими исследователями) в начальном периоде горного пребывания.

Результаты экспериментов на контрольных и гломдесимпатизированных белых крысах, оперированных после 30-дневной адаптации к условиям высокогорья

Высотная устойчивость

Высотные потолки у контрольных крыс колебались в пределах 14±1,0 км (что не отличались от значений показателя в условиях низкогорья). Гломдесимпатизация снижала этот показатель до 9±1,0 км (P<0,05).

Электрофизиологические показатели дыхательной мускулатуры

В рассматриваемом периоде адаптации правило распределения биоэлектрической активности дыхательных мышц сохраняется. Самая высокая активность у диафрагмы, но это значение ниже (P<0,05), чем тот же показатель в низкогорных сериях, хотя по мощности спектра электрическая активность дыхательных мышц в условиях высокогорья усилена по сравнению с таковой в условиях низкогорья (табл. 11).

Таблица 11

Показатели электрической активности дыхательных мышц контрольных и гломдесимпатизированных крыс в покое в условиях высокогорья (адаптация 35-37 дней)

		Исследуемые мышцы					
		Диафрагма		2 межреберье		7 межреберье	
		A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)	A (мкВ)	P (мкВ ²)
К (n=15)	M±m	101±15	35±6	65±13	17±6	72±9	9±1
Г (n=15)	M±m	68±8	18±2	69±8	12±1	55±4	13±2
	P	<0,05	<0,05	>0,5	>0,5	<0,05	<0,05

Примечание: так же в таб. 1.

Как видно из показателей таблицы 11, гломдесимпатизация на 7 сутки вызывает уменьшение амплитуды и мощности спектра биоэлектрической активности дыхательной мускулатуры.

По мере подъема в барокамере постепенно нарастает амплитуда и мощность спектра, причем эта тенденция в большей степени выражена у десимпатизированных животных (в отличие от низкогорных серий, в которых большие изменения при барокамерном подъеме претерпевали показатели у контрольных крыс) (рис. 5, 6).

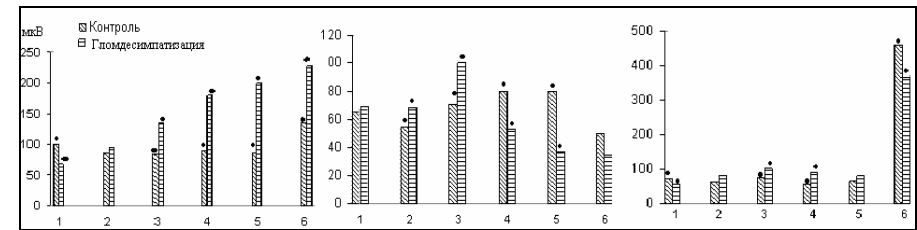


Рис. 5. Динамика изменения амплитуды электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 35-37 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

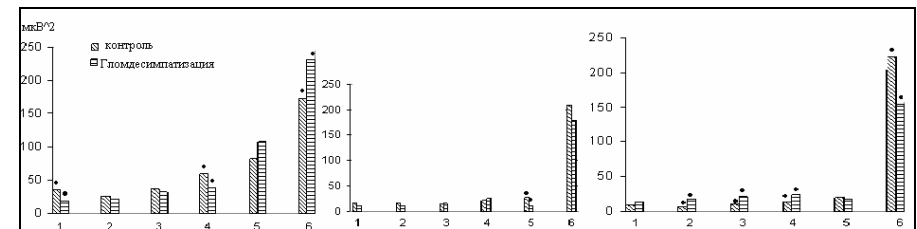


Рис. 6. Динамика изменения мощности спектра электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 35-37 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

В покое в спектре электромиограммы диафрагмы контрольных крыс отмечается 8 пиков (по сравнению с 3 пиками в низкогорных сериях и 5 пиками у адаптированных в течение 7 дней), спектр ЭМГ межреберных мышц содержал по 6 пиков. Гломдесимпатизация приводит к уменьшению количества пиков в спектре

ЭМГ всех групп дыхательных мышц и сдвигу средней частоты спектра в высокочастотный диапазон. Барокамерный подъем и у контрольных, и у гломдесимпатизированных животных приводит к уменьшению количества пиков и сдвигу средней частоты спектра в сторону более низких частот (табл. 12-15).

Таблица 12

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 35-37 дней)

		Пики спектра (Гц)								
		Фон в покое								
M±m	к	58±3	154±6	253±5	360±6	445±6	545±6	643±11	723±13	848±12
M±m	г	84±4	156±4	238±5	348±5	443±6	551±8			
		«Подъем» в барокамере 6 км								
M±m	к	59±7	164±7	257±5	351±6	449±7	545±7	657±8	775±13	872±8
M±m	г	64±4*	152±5	262±5	353±6	445±13	542±24	678±8		
		Подъем 8 км								
M±m	к	66±4	152±5	241±6	344±6	444±8	534±11	635±8	761±11	809±6
M±m	г	64±4	150±6	246±7	341±9	459±18	543±9			
		«Подъем» в барокамере 10 км								
M±m	к	60±3	154±5	254±5	355±6	461±5	539±14			
M±m	г	69±7	170±5	273±5	360±10	462±23	555±29	609±5		
		«Подъем» в барокамере 12 км								
M±m	к	64±4	152±4	268±5	349±5	440±6	550±17			
M±m	г	85±7	185±6	253±14	345±12	436±7				
		Агональный вдох								
M±m	к	74±4*	154±5	264±7	376±6	447±9	540±6	697±3		
M±m	г	68±8	167±10	261±13	349±8	445±22				

Примечание: к-контроль (n=15), г – гломдесимпатизированные (n=15)

Различия достоверны по отношению к показателям в покое * P<0,05

Таблица 13

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 2-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 35-37 дней)

		Пики спектра (Гц)								
		Фон в покое								
M±m	к	63±4	179±6	242±7	357±6	459±5	557±7	652±11	764±16	836±25
M±m	г	58±4	173±7	259±7	350±10	429±10	536±5	646±10	730±15	
		«Подъем» в барокамере 6 км								
M±m	к	66±5	177±6	250±7	360±7	445±9	547±10	649±10	760±9	852±18
M±m	г	60±4	157±8	261±8	365±7	449±11	538±6	669±8	757±8	
		Подъем 8 км								
M±m	к	57±3	138±8	244±6	337±7	436±7	522±12	666±11	750±24	877±7
M±m	г	60±6	162±9	238±6	345±9	448±10	554±4	668±16		
		«Подъем» в барокамере 10 км								
M±m	к	59±3	164±5	251±5	347±5	439±7	557±10	641±10	774±17	
M±m	г	70±4	156±8	239±7	342±10	442±11	544±11	648±23		
		«Подъем» в барокамере 12 км								
M±m	к	59±2	171±5	241±6	348±8	431±5	550±6	636±8	746±15	
M±m	г	28±5	137±9	242±14	344±21	483±15				
		Агональный вдох								
M±m	к	63±5	160±8	268±9	360±10	457±14	564±9	630±13	716±7	
M±m	г	81±3*	138±8	237±11	359±9	447±18	542±13	629±5	736±14	

Примечание: так же как в таб. 12.

Таблица 14

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 7-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 35-37 дней)

		Пики спектра (Гц)								
		Фон в покое								
M±m	к	65±6	159±7	269±8	357±6	451±8	539±7	634±15	737±12	838±16
M±m	г	70±5	182±8	266±12	344±15	479±15	525±13			
		«Подъем» в барокамере 6 км								
M±m	к	48±5	155±8	248±11	339±7	433±5	546±11	652±7	766±8	868±6
M±m	г	55±4*	174±7	262±18	336±6	451±12	549±19			
		Подъем 8 км								
M±m	к	54±5	158±8	249±7	340±8	459±8	559±9	647±7	746±9	
M±m	г	62±6	149±10	252±9	345±10	440±10				
		«Подъем» в барокамере 10 км								
M±m	к	61±4	153±6	245±6	336±7	457±7	551±9	651±11	753±17	
M±m	г	56±7	162±8	253±8	338±7					
		«Подъем» в барокамере 12 км								
M±m	к	55±5	157±8	264±4	352±10	442±8	535±5	663±8		
M±m	г	54±6	136±17	214±5						
		Агональный вдох								
M±m	к	70±1	177±11	293±2	373±3					
M±m	г	72±12	135±14	212±10						

Примечание: так же как в таб. 12

Таблица 15

Динамика спектра мощности ЭМГ дыхательной мускулатуры контрольных и гломдесимпатизированных крыс в процессе барокамерного подъема в условиях высокогорья (адаптация 35-37 дней)

	Диафрагма		2-е межреберье		7-е межреберье	
	К (n=15)	Г (n=15)	К (n=15)	Г (n=15)	К (n=15)	Г (n=15)
	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)
В покое						
M±m	302±10	308±8	286±14	343±17*	462±15	258±17*
Подъем 6 км						
M±m	305±18	268±13*	328±12	301±9	308±17	227±12*
Подъем 8 км						
M±m	272±15	249±14*	256±10	300±12*	311±17	198±13*
Подъем 10 км						
M±m	248±8	241±10	261±4	242±3*	277±12	164±11*
Подъем 12 км						
M±m	235±2	229±3	277±13	182±5*	262±9	145±2*
Агональный вдох						
M±m	271±6	215±3*	234±4	259±3	205±19	105±9*
±m	6	3	4	3	19	9

Примечание: так же как в таб. 5

Таким образом, электромиографические характеристики дыхательных мышц у крыс, находившихся в высокогорье в течение 35-37 суток, отличаются значительными изменениями по сравнению с предыдущим сроком адаптации. Гломдесимпатизация приводит к неадекватным сдвигам показателей ЭМГ дыхательных мышц и более существенному снижению гипоксической устойчивости по сравнению с динамикой этого показателя в начальном периоде горного пребывания.

Результаты экспериментов на контрольных и гломдесимпатизированных белых крысах, адаптированных в течение 305-307 дней к условиям высокогорья

Высотная устойчивость

У животных, адаптированных к высокогорью в течение 305-307 дней, высотные потолки были значительно увеличены до 16±1,0 км. У гломдесимпатизированных животных наблюдалось существенное снижение гипоксической устойчивости до 13±0,5 км (P<0.05).

Следовательно, длительное пребывание в условиях высокогорья существенно меняет функцию хеморецепторов, в результате чего значительно повышается гипоксическая устойчивость.

Электрофизиологические показатели дыхательной мускулатуры

У адаптированных в течение 305-307 дней крыс значительно увеличилась активность мышц 2-го межреберного промежутка, причем показатели последних достигли значений диафрагмы

Операция гломдесимпатизация вызывает уменьшение амплитудных показателей мышц 2-го межреберного промежутка и увеличение активности в диафрагме и мышцах 7-го межреберья (табл. 16).

Таблица 16

Показатели биоэлектрической активности дыхательных мышц контрольных и гломдесимпатизированных крыс в покое в условиях высокогорья (адаптация 305-307 дней)

		Исследуемые мышцы					
		Диафрагма		2 межреберье		7 межреберье	
		A (мкВ)	P(мкВ ²)	A (мкВ)	P(мкВ ²)	A (мкВ)	P(мкВ ²)
К (n=9)	M±m	66±3	41±9	114±31	41±14	22±3	97±1
	P	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Г (n=9)	M±m	86±15	12±2	72±14	5±1,17	111±20	9±2
	P	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Примечание: так же как в таб. 1.

Спектральная картина ЭМГ диафрагмы у контрольных крыс характеризовалась наличием 4-х пиков в покое и сдвигом средней частоты спектра мощности в сторону низких частот. В мышцах межреберных промежутков спектр в покое содержал более 7 пиков. У гломдесимпатизированных животных количество пиков в покое в диафрагме было увеличено до 6 (табл. 17-20).

По мере подъема в барокамере во всех группах дыхательных мышц наблюдается постепенное увеличение амплитуды сигнала и мощности спектра и у контрольных, и у гломдесимпатизированных животных (рис. 7, 8).

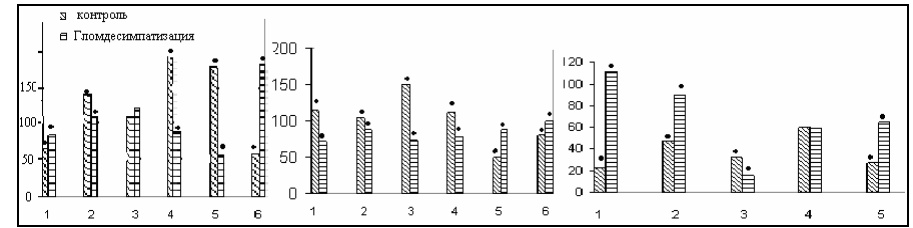


Рис. 7. Динамика изменения амплитуды электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 305-307 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

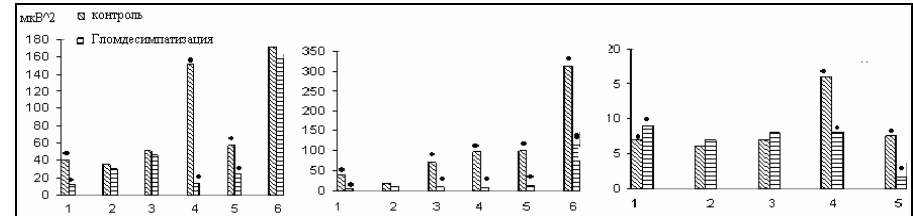


Рис. 8. Динамика изменения мощности спектра электромиограммы дыхательных мышц при подъеме в барокамере у крыс, адаптированных в течение 305-307 дней. Обозначения те же, что на рис. 1.

При барокамерном «подъеме» во всех исследуемых мышцах и в контрольной, и в гломдесимпатизированной группах отмечалось достоверное смещение низкочастотного пика спектра ЭМГ в сторону более высоких частот, а также смещение средней частоты спектра мощности в сторону низких частот (табл. 17-20).

Таблица 17

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ диафрагмы контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 305-307 дней)

		Пики спектра (Гц)							
		Фон в покое							
M±m	к	44±6	184±7	266±10	342±11				
M±m	г	52±6	156±9	236±10	336±9	471±8	549±27		
«Подъем» в барокамере 6 км									
M±m	к	79±5*	158±6	264±9	342±9	454±8	549±16	648±28	
M±m	г	67±4*	150±7	255±8	340±8	428±21	572±13		
Подъем 8 км									
M±m	к	73±8*	157±9	263±8	382±8	494±2	597±5	640±17	
M±m	г	62±7	165±9	266±7	349±9	443±9	547±24		
«Подъем» в барокамере 10 км									
M±m	к	76±5*	164±9	261±9	382±8	550±25			
M±m	г	58±8	141±11	280±6	359±7	448±11	542±13		
«Подъем» в барокамере 12 км									
M±m	к	62±3*	159±7	245±15	335±8	420±3	510±6		
M±m	г	56±8	164±15	249±11	353±4	443±12	531±10		
Агональный вдох									
M±m	к	67±4*	139±3	229±6	299±8	407±9*	482±9*	600±7*	725±11
M±m	г	76±5*	154±16	269±7	333±9	478±9	581±16		

Примечание: к-контроль (n=9), г – гломдесимпатизированные (n=9)
Различия достоверны по отношению к показателям в покое * P<0,05

Таблица 18

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 2-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного воздействия в условиях высокогорья (адаптация 305-307 дней)

		Пики спектра (Гц)									
		Фон в покое									
M±m	к	51±5	145±10	247±8	380±5	463±10	556±10	651±13	781±15		
M±m	г	57±7	135±10	250±10	356±10	469±10	541±18				
		«Подъем» в барокамере 6 км									
M±m	к	67±6*	132±9	245±10	376±10	461±10	566±12	662±8	752±10	834±17	
M±m	г	66±4	177±8	258±10	349±13	444±17	557±26				
		Подъем 8 км									
M±m	к	59±6	152±9	246±10	357±8	471±12	583±14	703±4			
M±m	г	59±6	148±9	242±9	350±6	412±7					
		«Подъем» в барокамере 10 км									
M±m	к	63±4	149±6	250±5	333±6	445±11	571±8	667±29	739±19	846±36	
M±m	г	57±4	163±11	245±10	349±11	428±12	542±24				
		«Подъем» в барокамере 12 км									
M±m	к	65±4*	152±8	238±9	329±8	446±13	564±13	627±16			
M±m	г	58±8	157±11	276±6	359±15	519±17					
		Агональный вдох									
M±m	к	86±4*	148±10	269±8	377±6	453±20	524±10	625±8	751±2		
M±m	г	71±8	180±5	262±28	348±9	452±23					

Примечание: так же как в таб. 1

Таблица 19

Распределение частот соответствующих пиковым значениям мощности спектра ЭМГ мышц 7-го межреберья контрольных и гломдесимпатизированных крыс по мере барокамерного в условиях высокогорья (адаптация 305-307 дней)

		Фон в покое									
M±m	к	58±7	144±7	277±10	425±8	580±10	647±16	740±9			
M±m	г	43±3	162±4	236±9	342±5	458±8	533±15				
		«Подъем» в барокамере 6 км									
M±m	к	78±11*	154±13	244±9	325±9	494±8	566±12	663±5	748±8	871±33	
M±m	г	52±10	154±20	278±7	351±14	441±15	549±19				
		Подъем 8 км									
M±m	к	63±13	176±6	278±9	376±7	479±10	623±15				
M±m	г	60±7*	164±10	240±18	365±15	461±20	560±18	675±5			
		«Подъем» в барокамере 10 км									
M±m	к	57±8	149±10	237±6	322±7	450±16	553±13	660±4			
M±m	г	43±6	157±12	271±10	344±16	443±13	564±23				
		«Подъем» в барокамере 12 км									
M±m	к	73±3*	166±8	245±9	333±8	445±9	529±5	639±5			
M±m	г	92±2*	126±5	227±6	326±8						
		Агональный вдох									
M±m	к										
M±m	г										

Примечание: так же как в таб. 17

Таблица 20

Динамика спектра мощности ЭМГ дыхательной мускулатуры контрольных и гломдесимпатизированных крыс в процессе барокамерного подъема в условиях высокогорья (адаптация 305-307 дней)

	Диафрагма		2-е межреберье		7-е межреберье	
	К (n=9)	Г (n=15)	К (n=9)	Г (n=15)	К (n=9)	Г (n=15)
	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)	F50 (Гц)
В покое						
M±m	241±6	217±5	302±10	245±8	332±9	220±3
Подъем 6 км						
M±m	243±9	213±4	316±12	244±4	367±2	242±7
Подъем 8 км						
M±m	234±2	216±5	274±8	192±9	327±19	266±19
Подъем 10 км						
M±m	195±7	213±9	240±13	248±18	280±18	256±13
Подъем 12 км						
M±m	196±2	238±10	227±12	211±16	277±2	111±2
Агональный вдох						
M±m	286±12	239±5	238±18	194±6	285±2	115±4

Примечание: так же как в таб. 5

Таким образом, на 305-307 сутки пребывания в высокогорье отмечается достоверно меньшее снижение гипоксической устойчивости у гломдесимпатизированных животных, по сравнению с предыдущими сроками адаптации. Значительное повышение значений высотных потолков связано с более устойчивой работой дыхательного центра в этом периоде, что нашло отражение в высоком уровне значений амплитуды сигналов ЭМГ диафрагмы, мышц межреберий и стабильно высоких характеристик спектра мощности колебаний биотоков дыхательных мышц на всем протяжении барокамерного воздействия.

Выводы

1. Собранный методический комплекс обеспечил регистрацию и компьютерную обработку сигналов ЭМГ дыхательной мускулатуры крысы в широком диапазоне частот и амплитуд с применением спектрального анализа в покое и на этапах барокамерного воздействия в стационарных и экспедиционных условиях.

2. В низкогорных исследованиях применение спектрального анализа существенно дополнило динамику амплитуды и частоты следования импульсов исходных сигналов ЭМГ и показало наличие в дыхательном центре контрольных крыс устойчиво работающих нейрональных образований, управляющих активностью дыхательной мускулатуры. Нарастающее барокамерное воздействие приводило к смещению низкочастотного пика спектра мощности и средней частоты спектрограммы, показывая наличие перестроек в системе центральных генераторов дыхательных импульсаций. Сдвиги, наблюдаемые в спектральной картине ЭМГ гломдесимпатизированных крыс, указывают на нарушения адекватности реакций механизма хеморефлекторной регуляции дыхания на гипоксию.

3. У контрольных крыс на 5-7 сутки пребывания в высокогорье динамика рутинных показателей и характеристик спектра мощности ЭМГ отражают сдвиги регуляции, формирующие новый режим работы дыхательной мускулатуры. К 35-37 суткам отмечается приближение соотношения активности всех исследуемых мышц к низкогорной динамике, но с более высоким уровнем амплитудных значений ЭМГ и мощности спектра. К 305-307 суткам пребывания в горах у контрольных крыс дыхательная мускулатура работает относительно стабильно, близко к состоянию, отмеченному в низкогорных исследованиях.

4. Соотношение биоэлектрической активности при сравнении показателей разных групп дыхательных мышц контрольных и гломдесимпатизированных крыс на 5-7 сутки адаптации не имеет достоверных различий, но у последних снижены амплитудные значения ЭМГ, а средняя частота спектра сдвинута в низкочастотную область. На 35-37 сутки адаптации у гломдесимпатизированных животных отмечается уменьшение количества пиков в спектре мощности ЭМГ всех исследуемых мышц, а средняя частота спектра смещается в высокочастотную область, что отражает ограничение функциональных возможностей дыхательного центра и уменьшение эфферентного нейронального выхода. К 305-307 суткам горной адаптации характеристики ЭМГ гломдесимпатизированных крыс демонстрирует более оптимальный режим работы, по отношению к предыдущему сроку адаптации.

5. В начальном периоде высокогорной адаптации при воздействии острой гипоксии отмечается сниженная реакция характеристик ЭМГ у гломдесимпатизированных животных. На 35-37 сутки нахождения в горах барокамерное воздействие вызывает наиболее значительные перестройки в системе центральной регуляции дыхания оперированных крыс с более быстрым появлением, по сравнению с контролем, признаков мышечного утомления в спектре мощности дыхательной мускулатуры. На 305-307 сутки послеоперационные сдвиги ЭМГ близки к динамике, отмеченной в начальном периоде горной адаптации.

6. На 6-7 сутки пребывания в высокогорье адаптации величины показателей ЭМГ дыхательных мышц гломдесимпатизированных животных выше по сравнению с низкогорными послеоперационными проявлениями, хотя показатели гипоксической устойчивости после гломдесимпатизации близки к низкогорным значениям. Наиболее значительное снижение высотной устойчивости гломдесимпатизированных животных отмечается на 35-37 сутки, что происходит одновременно с неадекватными сдвигами амплитуды биотоков и характеристик спектра мощности ЭМГ дыхательных мышц. На 305-307 сутки пребывания в высокогорье отмечается достоверно меньшее снижение гипоксической устойчивости у гломдесимпатизированных животных, по сравнению с предыдущими сроками адаптации. Значительное повышение значений высотных потолков связано с более устойчивой работой дыхательного центра в этом периоде, что нашло отражение в высоком уровне значений амплитуды сигналов ЭМГ диафрагмы, мышц межреберий и стабильно высоких характеристик спектра мощности колебаний биотоков дыхательных мышц на всем протяжении барокамерного воздействия.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Анатомо-топографические ориентиры и некоторые оперативные приемы при воздействии на синокаротидную зону лабораторных животных // "Физиология, морфология и патология человека и животных в климато-географических условиях Кыргызстана": ежегодный сборник статей сотрудников мед. факультета КРСУ. – Бишкек, 2003. – Выпуск 3. – С. 21-30. (соавт. Бебинов Е.М.)
2. К вопросу о функциональной роли каротидных телец и анатомо-топографических особенностях синокаротидной рефлексогенной зоны лабораторной крысы // "Физиология, морфология и патология человека и животных в климато-географических условиях Кыргызстана": ежегодный сборник статей сотрудников мед. факультета КРСУ. – Бишкек, 2006. – Выпуск 6. – С. 60-66 (соавт. Бебинов Е.М.)
3. Особенности характеристик частотного спектра ЭМГ диафрагмы лабораторных крыс при воздействии гипобарической гипоксии // "Физиология, морфология и патология человека и животных в климато-географических условиях Кыргызстана": ежегодный сборник статей сотрудников мед. факультета КРСУ. – Бишкек, 2007. – Выпуск 7. – С. 63-68 (соавт. Бебинов Е.М., Зарифьян А.Г.)
4. Характеристики частотного спектра электромиограммы диафрагмы лабораторных крыс в условиях гипобарической гипоксии // Российский биомедицинский журнал. – С-Петербург. – Т.9 (в печати).
5. Влияние гломдесимпатизации на частотный спектр электромиограммы диафрагмы лабораторных крыс // Материалы 3-го Международного форума «Актуальные проблемы современной науки». – Самара, 2007 (в печати).
6. Влияние хирургической десимпатизации каротидных гломусов на спектральные характеристики электромиограммы диафрагмы у лабораторных крыс // Вестник КазНУ. – Алматы, 2007 (в печати)
7. Биоэлектрическая активность дыхательных мышц и нервов (обзор литературы) // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2007. – Т. 7, №9 (в печати).
8. Оптимизация оперативных приемов воздействия на синокаротидную зону лабораторных крыс // Материалы девятой Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей «Человек и его здоровье». – С-Петербург, 2006. – С. 130-131.
9. Особенности спектрограммы эмг диафрагмы белых крыс при воздействии гипобарической гипоксии // Материалы десятой Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная и клиническая медицина». – С-Петербург, 2007. – С. 173-174.