

УДК 614.875:612.275:591.128:612.26

В. Н. Дегтярь

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ СВЧ ПОЛЯ НА НАПРЯЖЕНИЕ КИСЛОРОДА И ТЕМПЕРАТУРУ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЖИВОТНЫХ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО АДАПТИРОВАННЫХ К ГИПОКСИИ

В последние годы все большее внимание привлекают исследования, связанные с изучением различных аспектов биологического действия электромагнитного поля (ЭМП) сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Однако, в литературе имеются лишь единичные работы по изучению показателей кислородного режима организма при воздействии СВЧ поля [3, 5]. Есть сведения о том, что предварительная адаптация живого организма к умеренной гипоксии повышает резистентность его к воздействию других факторов [4].

Мы изучали действие малointенсивного СВЧ поля на напряжение кислорода (P_{O_2}) и внутритканевую температуру у животных, предварительно адаптированных к барокамерной гипоксии.

Методика исследований

Опыты проведены на 60 беспородных белых крысах со средним весом 130—150 г, под нембуталовым наркозом (30 мг/кг). Животных распределили на четыре группы по 15 особей в каждой группе: I — интактные животные (контроль); II — животные, облученные энергией СВЧ поля при плотности потока энергии (ППЭ) 50 мкВт/см²; III — животные, адаптированные к гипоксии; IV — животные, адаптированные к гипоксии с последующим их облучением энергией СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см². Животных облучали в специально оборудованных камерах с помощью магнетронного генератора «Луч-2» с длиной волны 12,6 см (частота 2375 МГц) в течение десяти дней по 7 ч ежедневно, интенсивностью 50 мкВт/см², при систематическом контроле за плотностью потока энергии. Адаптацию к гипоксии производили в барокамере. Животных «поднимали» на «высоту» 2000, 3000 и 4000 м. На каждой «высоте» крыс выдерживали в течение семи дней по 5 ч ежедневно. Напряжение кислорода (в мм рт. ст.) измеряли в мышце бедра крыс полярографическим методом с записью на диаграммной ленте полярографа LP-7е, внутритканевую температуру (в °С) измеряли с помощью медицинского электротермометра типа ТПЭМ-1. Для определения степени восстановления функций, нарушенных в результате облучения, каждую группу животных исследовали спустя месяц после облучения.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований установлено, что изолированное действие СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см² достоверно ($p_{I-II} < 0,001$) повышает напряжение кислорода и понижает температуру в мышце бедра крыс (см. таблицу).

Известно, что при действии острой гипоксии напряжение кислорода в тканях снижается [1, 2]. В результате адаптации к гипоксии P_{O_2} постепенно выравнивается и, при функционировании системы дыхания на новом уровне, может восстановиться до исходного состояния [1]. Наши данные подтверждают это положение. В группе животных, ступенчато адаптированных к гипоксии, P_{O_2} практически не отличалось от контрольных величин ($p_{I-III} > 0,05$). У животных, предварительно адаптированных к гипоксии с последующим облучением энергией СВЧ поля, также наблюдается достоверное (по отношению к контролю) увеличение напряжения кислорода, однако оно менее выражено, чем у животных, подвергавшихся только облучению ($p_{II-IV} < 0,05$). Через месяц после окончания воздействия напряжение кислорода в мышечной ткани опытных животных не отличается от P_{O_2} контрольных.

Анализ результатов исследования внутритканевой температуры у животных, подвергнутых воздействию энергии СВЧ поля показал, что при облучении происходит зна-

Влияние СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см² на температуру

Группа животных	Средняя температура, °С
I — интактные животные	21
II — животные, облученные СВЧ энергией	37
III — животные, адаптированные к гипоксии	20
IV — животные, адаптированные к гипоксии с последующим облучением СВЧ энергией	29

чительное достоверное ($p_{I-II} < 0,001$) снижение температуры, которое не оказывает существенного влияния на последующее восстановление температуры к контрольному уровню.

Обсуждение

Таким образом, в результате действия СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см² достоверно повышается температура в мышечной ткани.

Направленность изменений температуры свидетельствует о том, что в результате влияния СВЧ поля происходит нарушение проницаемости клеточных мембран, что приводит к увеличению количества ионов натрия, поступающих в клетку.

При анализе данных, полученных у животных, предварительно адаптированных к гипоксии, видно, что температура и увеличивалась, но сравнительно ниже, чем у животных, подвергавшихся только облучению.

Внутритканевая температура животных, подвергавшихся только облучению, обнаруженный факт в отрыве от адаптации животных к барокамерной гипоксии.

Через месяц после прекращения облучения у животных восстанавливается сниженная температура. Можно предположить, что окислительные процессы в макроэрговых системах, т. е. реакциях, связанных с выделением энергии, остаются угнетенными.

Восстановление напряжения кислорода свидетельствует о том, что адаптация к гипоксии является обратимой.

Если исходить из гипотезы о том, что действие СВЧ поля на P_{O_2} связано с изменением проницаемости клеточных мембран, то можно предположить, что при облучении происходит нарушение проницаемости клеточных мембран, что приводит к увеличению количества ионов натрия, поступающих в клетку.

Влияние СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см² на напряжение кислорода и внутритканевую температуру в мышечной ткани крыс ($M \pm m$)

Группа животных	Напряжение кислорода		Внутритканевая температура	
	Сразу после воздействия	Через месяц после воздействия	Сразу после воздействия	Через месяц после воздействия
I—интактные животные	21,96 $\pm$ 1,88	25,59 $\pm$ 1,90	37,30 $\pm$ 0,14	37,50 $\pm$ 0,18
II—животные, облученные СВЧ энергией	37,38 $\pm$ 2,88	25,14 $\pm$ 1,83	35,08 $\pm$ 0,17	33,91 $\pm$ 0,33
III—животные, адаптированные к гипоксии	20,76 $\pm$ 2,75	25,82 $\pm$ 2,36	34,08 $\pm$ 0,35	34,11 $\pm$ 0,48
IV—животные, адаптированные к гипоксии с последующим облучением СВЧ энергией	29,88 $\pm$ 2,35	24,84 $\pm$ 3,75	35,22 $\pm$ 0,87	34,87 $\pm$ 0,32

чительное достоверное ($p_{I-II} < 0,001$) снижение ее. Предварительная адаптация к гипоксии не оказывает существенного влияния на внутритканевую температуру у животных с последующим облучением их энергией СВЧ поля ($p_{II-IV} > 0,05$). По истечении месяца после окончания воздействия у опытных животных всех групп внутритканевая температура к контрольному уровню не приходит.

Обсуждение результатов исследований

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что при действии СВЧ поля ППЭ 50 мкВт/см² увеличивается напряжение кислорода и понижается температура в мышечной ткани животных.

Направленность изменений изучаемых показателей дает возможность предположить, что в результате влияния энергии СВЧ поля происходит либо замедление окислительно-восстановительных реакций, требующих поступления кислорода в клетки, либо нарушение проницаемости клеточных мембран для кислорода, в результате чего в ткани увеличивается количество неутилизированного кислорода.

При анализе данных, полученных в результате действия СВЧ поля на животных, предварительно адаптированных к гипоксии, выявилось, что напряжение кислорода хотя и увеличивалось, по сравнению с контролем, однако это увеличение было достоверно ниже, чем у животных, изолированно облученных энергией СВЧ поля.

Внутритканевая температура при этом оставалась сниженной.

Обнаруженный факт в определенной мере свидетельствует о том, что предварительная адаптация животных к барокамерной гипоксии уменьшает эффект действия СВЧ поля нетепловой интенсивности на напряжение кислорода в мышечной ткани животных.

Через месяц после прекращения облучения напряжение кислорода полностью нормализовалось у животных всех групп, внутритканевая температура же продолжала оставаться сниженной. Можно предположить, что восстановления температуры не происходит потому, что окислительно-восстановительные процессы, не связанные с образованием макроэргов, т. е. реакции, энергия которых идет на образование тепла, продолжают оставаться угнетенными.

Восстановление напряжения кислорода в течение месяца последействия позволяет констатировать обратимость процессов, нарушенных в результате действия СВЧ поля малой интенсивности.

Если исходить из гипотезы адаптации к гипоксии [4], можно предположить, что действие СВЧ поля на PO_2 мышечной ткани животных, предварительно адаптирован-

ных к гипоксии, уменьшается, по-видимому, в результате увеличения (в процессе адаптации) количества цепей переноса электронов, что дает возможность более рационального использования кислорода в процессе дыхания клеток.

Литература

1. Березовский В. А. Напряжение кислорода в крови и тканях при адаптации и гипоксии.—Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах. Киев, 1972, с. 18—20.
2. Коваленко Е. А., Рязжский А. В. Изменение напряжения кислорода в тканях мозга при действии на организм высоты и перегрузок.—Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах. Киев, 1972, с. 53—54.
3. Лысина Г. Г. Состояние напряжения кислорода в тканях у лиц, подвергающихся воздействию электромагнитных полей.—Гигиена труда и биол. действие электромагнитн. волн радиочастот. М., 1968, с. 105—107.
4. Меерсон Ф. З. Механизмы адаптации к высотной гипоксии.—Физиология человека и животных (итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР). М., 1974, с. 7—62.
5. Мирутенко В. И., Серкиз Я. И. Влияние СВЧ-электромагнитного поля больших интенсивностей на напряжение кислорода (PO_2) и температурную реакцию в тканях животного организма.—Гигиена труда и биол. действие электромагнитн. волн радиочастот. М., 1968, с. 118—120.

Киевский институт
общей и коммунальной гигиены

Поступила в редакцию
24.1 1978 г.

УДК 612.111—06:612.273.2.017.1

Н. Ф. Стародуб, В. П. Артюх, В. П. Дударев, Г. М. Рекун

СОДЕРЖАНИЕ ФОСФАТОВ В КРАСНЫХ КЛЕТКАХ КРОВИ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПО- И ГИПЕРОКСИИ

Фосфаты эритроцитов являются естественными регуляторами сродства гемоглобина к кислороду [8], ввиду чего определение их содержания имеет важное значение при изучении кислородтранспортной функции крови. Вопрос о механизме ее регуляции в процессе адаптации организма к условиям с различным парциальным давлением кислорода остается окончательно не решенным. Показано [2], что при длительном воздействии на крыс гипо- и гипероксии наблюдается перестройка фракционного состава гемоглобина периферической крови.

Мы исследовали изменения содержания фосфатов в эритроцитах крыс, адаптированных к условиям с повышенным и пониженным содержанием кислорода во вдыхаемой газовой среде.

Методика исследований

Эксперименты проводили на белых крысах весом 140—160 г. Обследовано восемь групп животных, причем две из них были контрольными. В первой серии экспериментов (три группы) животных по пять раз в неделю подвергали воздействию гипоксической гипоксии в следующих режимах: 1) крысы находились в камере с проточной вентиляцией в течение пяти дней по 4 ч на симулированной высоте 2000, 3000, 4000, и 5000 м над уровнем моря; 2) крыс подвергали таким же воздействиям, как и в первой группе, затем пять дней по 4 ч на «высоте 7000 м»; 3) по 5 ч в течение пяти дней животные находились в проточной газовой среде, содержащей 90% азота и 10% кислорода при нормальном барометрическом давлении.

Во второй серии экспериментов животных подвергали воздействию повышенного парциального давления кислорода различной интенсивности. Группа 1—на протяжении 26 дней 19 раз по 1 ч крысы находились в среде чистого кислорода под давлением 1 атм; 2—за 20 дней 15 раз крыс помещали на 1 ч в камеру при давлении кислорода 3 атм; 3—животные дышали проточной газовой смесью, состоящей из 60% кислорода и 40% азота, по 4 ч девять раз в течение 13 дней при нормальном атмосферном давлении.

Содержание фосфатов

Подсчет форменных элементов популяций клеток крови ставляли по [7]. Эритроциты отбывком физиологического раствора в соотношении 1:3. К гемолизату Концентрацию гемоглобина установили методом [1, 3], принимая [3]. Содержание отдельных фосфатов выражать в молях на единицу гемоглобина, но этот подход несколько ограничен, по ферментации клетки по степени сдвину о соотношении фосфатов для оценки функциональной способности отдельных фосфатов мы выражали. Полученные данные обработаны

Результаты

Проведенные исследования показали, что значительное количество органических фосфатов в эритроцитах составляют органические фосфаты [11].

При адаптации животных к условиям с различным содержанием фосфатов в клетке. Особенно

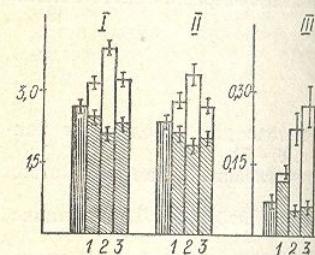


Рис. 1. Содержание общего (I), органического (II) и неорганического (IV) фосфата в эритроцитах крыс при действии гипоксии (заштрихованные) и гипероксии (заштрихованные) животных по

Рис. 2. Содержание общего (I), органического (II) и неорганического (IV) фосфата в эритроцитах крыс при действии гипоксии (заштрихованные) и гипероксии (заштрихованные) животных по

щихся в условиях газовой среды, однонаправленное изменение содержания фосфатов.

В процессе адаптации животных к условиям с различным содержанием фосфатов, изменяется в проточной газовой среде. Наиболее четко это проявляется

Обращает внимание, что во время адаптации к условиям с различным содержанием фосфатов в клетке, особенно в изменении содержания общего фосфата в эритроцитах.

Гемоглобин крыс относится к белкам, способным комплексироваться с фосфатами. Содержание их в эритроцитах имеет адаптивное значение, так как способно и, наоборот, затрудняет этот процесс.