

It is supposed that the humoral spleen factors participate in maintenance of the constant calcium level in blood preventing its elimination from tissues.

Research Institute of Endocrinology and Metabolism,
Ministry of Public Health of the Ukrainian SSR, Kiev

1. Баренбойм А. М., Баренбойм М. З., Гасанов С. Г. Вплив спленіну на рівень протромбіну в крові // Фізіол. журн.— 1976.— № 3.— С. 417—419.
2. Вишневская Т. М., Ляшевская Т. Н. Колориметрическое определение содержания кальция в сыворотке крови с помощью мурексид — кальциевого комплекса, фиксированного глицерином // Лаб. дело.— 1976.— № 7.— С. 444.
3. Дорошенко Н. М., Покровская С. В., Шевченко А. В. Влияние спленина на содержание биогенных аминов в тканях и плазме крови крыс // Физiol. журн.— 1986.— 32.— № 3.— С. 367—370.
4. Каплан П. М., Маркова Е. В., Турубинер Н. И. О влиянии удаления селезенки на содержание кальция в сыворотке крови // Физiol. журн. СССР.— 1945.— 45.— № 8.— С. 1009—1014.
5. Козловский В. С. К вопросу о функциях селезенки // Вопр. эксперим. биологии и медицины.— 1951.— № 1.— С. 199—202.
6. Козловский В. С. Влияние удаления селезенки на содержание кальция и натрия в коже и мышечной ткани у животных // Физiol. журн. СССР.— 1952.— № 6.— С. 734—738.
7. Колпаков И. В. О гуморальных влияниях селезенки.— Л.: Наука.— 1938.— 126 с.
8. Комиссаренко В. П. Спленин (его физиологические и лечебные свойства). Киев: Госмедиздат УССР, 1961.— 142 с.
9. Лиманский Н. Н. Сопоставление изменений содержания кальция в сыворотке крови и функциональное состояние гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы молодых крыс при физической нагрузке // Нейро-эндокринные механизмы адаптации.— 1976.— Вып. 2.— С. 34—39.
10. Понамарева Е. Д., Циркина А. С., Пыrkов Л. М. и др. Колориметрические методы определения ионов кальция, магния и хлора // Лаб. дело.— 1973.— № 9.— С. 535—537.
11. Турубинер Н. М. Видовые свойства селезенки и ее влияние на уровень кальция в крови при гипер- и гипокальцемии // Врачеб. дело.— 1956.— № 9.— С. 913—916.
12. Якушев В. С., Миронова Е. В., Курипка В. И. и др. Баланс кальция при эмоционально-болевым стрессе // Физiol. журн.— 1985.— 31.— № 6.— С. 683—688.
13. Barcroft J. Some Recent Works on the Function of the Spleen // Lancet.— 1926.— 210.— P. 544—553.
14. Franciscis P. Fisiologia della milza // Suppl. All' archeivo di fisiologia.— 1961.— N 6.— P. 569—572.
15. Miwa T. Studies on the splenic hormone, especially on its role in calcium metabolism // Kejo. J. of Med.— 1932.— N 3.— P. 63—104.

Киев. ин-т эндокринологии и обмена веществ
М-ва здравоохранения УССР

Поступила 22.06.87

УДК 616—001.8:612.01.43

Внешнее дыхание, газообмен и кислотно-основное состояние крови при гипертермии у собак

М. М. Середенко, В. П. Пожаров, Т. Д. Миняйленко, В. И. Бойко, Л. А. Грабовский

Известно [1, 7, 8], что дыхание играет важную роль в физиологической терморегуляции и отдаче тепла у животных, не имеющих потовых желез. Главный путь тепловыделения у них — испарение жидкости с поверхности верхних дыхательных путей и языка. Так называемая тепловая одышка — частое поверхностное дыхание через рот при высунутом языке и обильном слюноотделении — присуща в жаркую погоду хищным (собака и другие виды) и парнокопытным (коза). Однако обмен респираторных газов системой внешнего дыхания при гипертермии изучен недостаточно, что и обусловило цель данной работы.

Методика

Исследования выполнены на 15 паркотизированных (внутривенно — 80 мг/кг хлоралозы и 300 мг/кг уретана), трахеостомированных и катетеризированных беспородных собаках обоего пола массой 14—18 кг. Гипертермию воспроизводили в специальной термокамере, позволяющей в широких пределах изменять температуру и влажность окружающей среды и автоматически поддерживать ее на заданном уровне. О степени гипертермии судили по температуре тела, определяемой ректальным термометром.

Минутный объем дыхания ($\dot{V}_E$) определяли посредством крыльчато-тахометрического датчика с фотодиодным регистратором и частотомером. Параллельно записывали частоту дыхания (f), проводили забор проб выдыхаемого и альвеолярного газов. Содержание O_2 и CO_2 в пробах воздуха регистрировали с помощью масс-спектрометра типа МХ 6202. Одновременно с определением показателей внешнего дыхания и газообмена измеряли рН, напряжение кислорода (pO_2) и углекислого газа (pCO_2) в артериальной и смешанной венозной крови на аппаратах «Radelkis» и «Korning». На основании результатов, полученных инструментально, рассчитывали альвеолярную вентиляцию ($\dot{V}_A$), показатели кислородного режима организма [5] и кислотно-основного состояния крови [12]. Полученные результаты обрабатывали методом математической статистики [4].

Результаты и их обсуждение

При увеличении ректальной температуры до 40—41 °С отмечалось резкое возрастание минутного объема дыхания (рис. 1), который по мере нагревания тела увеличивался скачкообразно. Это может быть связано, как считает Трипчер [7], с переходом на новый механический резонанс, частота которого совпадает с частотой собственных упругих свойств дыхания. Существует мнение, что такое увеличение минутного объема дыхания происходит при этом по изовентиляторному типу, т. е. в результате резкого возрастания частоты дыхания при пропорциональном уменьшении дыхательного объема [3, 11]. Однако в наших исследованиях минутный объем дыхания повышался в основном за счет увеличения частоты дыхания при практически неизменном дыхательном объеме (рис. 2). Следует отметить также, что мы не обнаружили отрицательной корреляции между дыхательным объемом и частотой дыхания, характерной для изовентиляторных сдвигов. Более того, сдвиг вентиляции при изменении ректальной температуры в диапазоне 36—41 °С (рис. 3, а) имеет явно выраженную стеновентиляторную направленность. Иными словами, наблюдается положительная корреляция между дыхательным объемом и частотой дыхания, или, что то же самое, — отрицательная корреляция между дыхательным объемом и периодом дыхания. При включении так называемого триггерного механизма, локализованного в гипоталамусе [3], в результате повышения температуры до 40—41 °С (см. рис. 2) частота дыхания резко возрастает, а дыхательный объем снижается, правда значительно меньше, чем этого можно было бы ожидать при совпадении частоты дыхания с частотой механического резонанса дыхательной системы. По данным литературы [2, 10], частота дыхания при механическом резонансе должна была бы составлять около 300—400 мин⁻¹. В наших же исследованиях она значительно меньше (80—160 мин⁻¹). При этом в условиях двухчасовой экспозиции при ректальной температуре, составляющей около 42 °С, наблюдаются изовентиляторные сдвиги по изовентиляторным линиям — 20—30 л/мин (рис. 3, б). Однако, как видно из рис. 2, резонанс при этом наблюдается скорее не по частоте дыхания, которая колеблется в очень широких пределах, а по дыхательному объему, который практически постоянен. Возможно, это связано с действием наркоза и необычной для животного позы во время исследований.

Таким образом, при повышении ректальной температуры до 40—41 °С наблюдается типичная стеновентиляторная реакция — увеличение

минутного объема дыхания с положительной корреляцией между дыхательным объемом и частотой дыхания. При дальнейшем повышении ректальной температуры минутный объем дыхания скачкообразно увеличивается за счет резкого возрастания частоты дыхания. При постоянной ректальной температуре (около 42 °С) наблюдаются изовентиляторные изменения дыхания при отрицательной корреляции между периодом дыхания и дыхательным объемом (см. рис. 3).

Наблюдаемые при гипертермии сдвиги объемно-временных параметров дыхания существенно отличаются от стеновентиляторных изменений, характерных для реакции на гипоксическую гипоксию, мышеч-

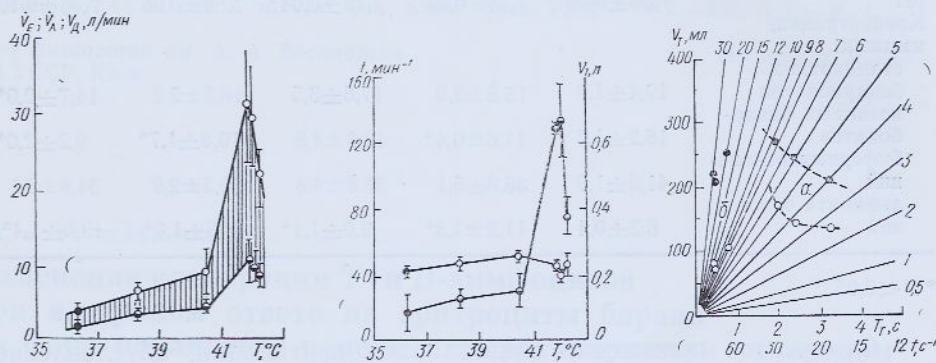


Рис. 1. Зависимость минутного объема дыхания ($\dot{V}_t$), альвеолярной вентиляции ($\dot{V}_A$) и вентиляции физиологического мертвого дыхательного пространства ($\dot{V}_D$) у собак от ректальной температуры (T_r).

Темные кружки — исходное состояние, светлые — минутный объем дыхания, наполовину темные — альвеолярная вентиляция, заштрихованный участок — вентиляция физиологического мертвого пространства.

Рис. 2. Зависимость частоты дыхания (f) и дыхательного объема (V_t) у собак от ректальной температуры.

Темные кружки — исходное состояние, наполовину темные — частота дыхания, светлые — дыхательный объем.

Рис. 3. Изовентиляторные линии и отношения между дыхательным объемом (V_t), длительностью (T_r) и частотой (f) дыхательных циклов у собак при гипертермии:

a — при увеличении ректальной температуры от 36 до 41 °С, b — при постоянной ректальной температуре (около 42 °С). Темные кружки — средние значения минутного объема дыхания, светлые — альвеолярная вентиляция, цифры у концов изовентиляторных линий — минутный объем дыхания (л/мин).

ную деятельность и гиперкапнию, хотя в этих случаях также отмечается увеличение минутного объема дыхания [2]. Это связано с тем, что увеличение минутного объема дыхания, направленное на выделение дополнительного количества тепла, нарушает необходимое соответствие уровня альвеолярной вентиляции уровню газообмена. Поддержание гомеостаза требует поддержания определенного уровня альвеолярной вентиляции. Вследствие этого, увеличение минутного объема дыхания происходит, в основном, за счет вентиляции физиологического мертвого дыхательного пространства (см. рис. 1). Однако резкое повышение температуры все же вызывает почти пятикратное (по сравнению с исходным значением) увеличение альвеолярной вентиляции. С этой точки зрения изменения внешнего дыхания, отмеченные в настоящем исследовании (см. рис. 3), нельзя трактовать как изовентиляторные, как это обычно делается [9].

Значительное усиление функции внешнего дыхания требует дополнительных затрат энергии, которые удовлетворяются в основном за счет аэробных процессов, о чем свидетельствует увеличение потребления кислорода (таблица). Наблюдаемое нами при температуре 42 °С увеличение потребления кислорода приводит к усилению образования энергии в организме в 1,4—2,3 раза. Расчет, произведенный по формулам [6], показал, что в исходном состоянии у собак за счет аэробных процессов образуется 27,3 кал/мин·кг (6,5 Дж/мин·кг), а при повышении ректальной температуры — 37,5—62,5 кал/мин·кг (8,9—14,9 Дж/мин·кг).

Изменение некоторых показателей газообмена и кислотно-основного состояния артериальной крови у собак при гипертермии ($M \pm m$)

Показатель	Ректальная температура				
	36 °C (исходное состояние)	38 °C	40 °C	41 °C	42 °C
Потребление O_2 , мл/мин	91,8 $\pm$ 0,7	92,0 $\pm$ 0,9	108,9 $\pm$ 24,4	127,0 $\pm$ 10,3*	228,0 $\pm$ 2,4*
Напряжение CO_2 , гПа	42,2 $\pm$ 4,1	26,6 $\pm$ 10,9	28,9 $\pm$ 7,3*	18,2 $\pm$ 4,4	17,6 $\pm$ 4,1*
pH	7,36 $\pm$ 0,06	7,38 $\pm$ 0,04	7,42 $\pm$ 0,04*	7,50 $\pm$ 0,06	7,46 $\pm$ 0,10
Концентрация, ммоль/л:					
стандартных бикарбонатов	19,4 $\pm$ 1,0	15,8 $\pm$ 2,0	17,5 $\pm$ 3,5	16,5 $\pm$ 2,2	14,7 $\pm$ 2,0*
истинных бикарбонатов	18,2 $\pm$ 1,2	11,6 $\pm$ 0,4*	13,6 $\pm$ 4,8	10,8 $\pm$ 1,7*	9,2 $\pm$ 2,0*
буферных оснований	41,5 $\pm$ 1,3	36,6 $\pm$ 5,1	38,8 $\pm$ 4,8	36,3 $\pm$ 2,9	34,8 $\pm$ 3,1
дефицита оснований	6,3 $\pm$ 0,4	11,2 $\pm$ 1,3*	9,0 $\pm$ 1,1*	10,5 $\pm$ 1,3*	13,0 $\pm$ 1,4*

* $P < 0,05$.

Отмеченное повышение альвеолярной вентиляции, обусловленное необходимостью удаления избытка тепла при гипертермии, приводит к резкой гипокапнии и декомпенсированному респираторному алкалозу. Вследствие падения pCO_2 в крови и несоответствия уровня альвеолярной вентиляции уровню выделенного углекислого газа количество CO_2 , находящееся в виде соединения с бикарбонатами, уменьшается. Это приводит к уменьшению емкости бикарбонатной буферной системы, в результате чего снижается количество буферных оснований, растет их дефицит, что обуславливает, в конечном итоге, увеличение pH (см. табл.).

Таким образом, проведенные исследования показали, что увеличение ректальной температуры до 40—41 °C сопровождается у собак стеновентиляторной реакцией — увеличением минутного объема дыхания с положительной корреляцией между дыхательным объемом и частотой дыхания. При длительно поддерживаемой постоянной ректальной температуре (около 42 °C) наблюдаются изовентиляторные изменения внешнего дыхания при отрицательной корреляции между периодом дыхания и дыхательным объемом.

EXTERNAL RESPIRATION, GAS EXCHANGE AND BLOOD ACID-BASE BALANCE IN DOGS WITH HYPERTHERMIA

M. M. Seredenko, V. P. Pozharov, T. D. Minyailenko, V. I. Boiko, L. A. Grabovsky

Experiments on dogs have shown that hyperthermia intensifies respiration, increases oxygen consumption, induces pronounced discrepancy of the alveolar ventilation to carbon dioxide elimination, severe hypocapnia and decompensated respiratory alkalosis.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

1. Березовский В. А. Терморегуляторная функция дыхания // Словарь-справочник по физиологии и патофизиологии дыхания. — Киев: Наук. думка, 1984. — С. 95—96.
2. Бреслав И. С. Паттерны дыхания. — Л.: Наука, 1984. — 208 с.
3. Бреслав И. С. Факторы, определяющие паттерны дыхания // Успехи физиол. наук. — 1985. — 16, № 3. — С. 32—51.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высш. школа, 1973. — 343 с.
5. Лауэр Н. В., Колчинская А. З., Куликов М. А. Расчеты параметров кислородных режимов организма и построение кислородных каскадов // Кислородный режим организма и его регулирование. — Киев: Наук. думка, 1966. — С. 16—22.
6. Теоретические исследования физиологических систем / Под ред. Н. М. Амосова. — Киев: Наук. думка, 1977. — 246 с.