

УДК 612.22.11:612.26

А. И. Назаренко, Т. Н. Говоруха, Н. Ф. Задорожная

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА И ГЛИКОЛИЗ В ТКАНЯХ БЕЛЫХ КРЫС

Углекислота играет большую роль в регуляции внешнего дыхания, в поддержании кислотно-щелочного равновесия, регуляции основных биосинтетических процессов в организме, транспорта и потребления кислорода на всех этапах его поступления в организм [5].

Данные литературы о влиянии экзогенной углекислоты на потребление кислорода тканями весьма ограничены и довольно противоречивы [1, 2, 6, 8], что, очевидно, можно объяснить различными условиями проведения исследований — неодинаковой концентрацией углекислоты, длительностью экспозиции, соотношением кислорода и углекислоты во вдыхаемых газовых смесях и др.

Мы определяли потребление кислорода и интенсивность гликолиза в тканях крыс, подвергавшихся кратковременному действию нормоксических газовых смесей с повышенным парциальным давлением углекислоты.

Методика исследований

Эксперименты проведены на 160 половозрелых белых крысах-самцах: интактных и предварительно разделенных на группы высоко- (ВГ) и низкоустойчивых (НГ) к гипоксии особей [3, 4]. Всех крыс на протяжении 30 мин экспонировали в газовой камере объемом 50 л с подачей нормоксических гиперкапнических газовых смесей с парциальным давлением CO_2 в них равным 150 и 300 Торр (или 19,9 и 39,9 кПа). Газовые смеси подавали в камеру со скоростью 10 л/мин. Декапитация животных производилась в этой же камере без разгерметизации. Манометрическим методом Варбурга определяли потребление кислорода тканями печени и больших полушарий головного мозга, результаты выражали в мкл $\text{O}_2/4/1$ мг сухого веса ткани (QO_2). В крови исследуемых животных определяли содержание молочной кислоты [7] и пировиноградной кислоты [9], результаты выражали в мг %.

Результаты исследований и их обсуждение

В I серии изучали изменения потребления кислорода и интенсивности анаэробного гликолиза у интактных крыс, подвергавшихся действию нормоксической гиперкапнии (рис. 1). В контроле потребление кислорода тканью больших полушарий головного мозга составляло 4,5 мкл, тканью печени — 3,6 мкл. Содержание молочной кислоты в крови достигало 11 мг %, пировиноградной кислоты — 2 мг %.

После 30 мин экспозиции животных в атмосфере гиперкапнической смеси с $\text{Pco}_2=19,9$ кПа были отмечены следующие изменения. Потребление кислорода тканью больших полушарий головного мозга снижалось до 3,8 мкл (на 16 %), а тканью печени — до 2,9 мкл (на 21 %). Содержание молочной кислоты в крови падало до 5,7 мг %, пировиноградной — до 0,98 мг %. При дыхании воздухом с парциальным давлением углекислоты 39,9 кПа направленность изменений изучаемых параметров была такой же, как и при $\text{Pco}_2=19,9$ кПа, но более выраженной.

Таким образом, дыхание нормоксическими гиперкапническими газовыми смесями с P_{CO_2} равным 19,9 и 39,9 кПа вызывало у интактных крыс уменьшение потребления кислорода исследованными тканями, снижение уровня молочной и пировиноградной кислот в крови.

В литературе имеются различные данные о влиянии гиперкапнии на обменные процессы в органах и тканях. Еще в начале второй половины прошлого столетия П. М. Альбицкий [2] на основании результатов, полученных при исследовании влияния высоких концентраций углекислоты во вдыхаемом воздухе (до 50 %) на газообмен, пришел к выводу, что гиперкапния приводит к угнетению обмена, уменьшению

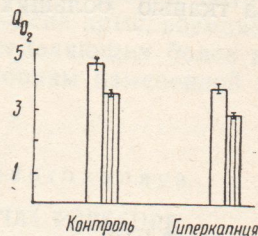


Рис. 1. Потребление кислорода тканями печени (защитированные столбики) и больших полушарий головного мозга (белые столбики) интактных крыс при действии нормоксической гиперкапнии ($P_{CO_2} = 19,9$ кПа).

общего потребления кислорода и падению теплопродукции. Автор высказал предположение о том, что действие углекислоты в физиологических условиях сводится к торможению окислительных процессов. Аналогичная точка зрения высказывалась в работах многих отечественных и зарубежных авторов. В частности, Холден [10] отметил уменьшение потребления кислорода на 10 % при вдыхании человеком газовой смеси, содержащей 5 % углекислоты. В исследованиях Маршака [5] показано, что при дыхании газовой смесью, содержащей 2—4 % углекислоты, общее потребление кислорода снижается на 13—36 %.

В то же время многие исследователи в своих работах пришли к противоположным выводам. Так, Леви (прив. по М. Е. Маршаку) при кратковременном действии углекислоты обнаружил повышение потребления кислорода. Увеличение потребления кислорода при гиперкапнии наблюдали также другие авторы [1, 6]. Проводя исследования на людях, З. М. Коган и Н. М. Каплан (прив. по М. Е. Маршаку) отметили вначале некоторое увеличение, а затем снижение потребления кислорода. Следует обратить внимание и на то, что противоречивые результаты в отношении потребления кислорода при дыхании гиперкапническими газовыми смесями, как правило, встречаются в тех исследованиях, где применялись низкие концентрации углекислоты. Вдыхание гиперкапнических смесей с высоким содержанием углекислоты и, соответственно, с высоким парциальным давлением CO_2 , согласно литературным данным, всегда приводит к снижению потребления кислорода. Большинство исследователей связывают это уменьшение потребления кислорода со снижением окислительно-восстановительных процессов в тканях, направленным на ограничение выработки углекислоты в организме при избытке ее во вдыхаемом воздухе [8].

II серия проведена на крысах, испытанных под вакуумным колоколом и разделенных на высокоустойчивых (ВГ) и низкоустойчивых (НГ) к гипоксии особей. В каждом опыте этой серии параллельно изучали ткани ВГ и НГ крыс.

Анализ полученных результатов показал, что в метаболических реакциях высокоустойчивых и низкоустойчивых к гипоксии животных в ответ на действие нормоксических гиперкапнических газовых смесей отмечаются некоторые различия (рис. 2, 3).

У высокоустойчивых к гипоксии крыс потребление кислорода тканями составляло: в больших полушариях головного мозга — 4,0 мкл, в печени — 3,6 мкл. Содержание молочной кислоты в крови составляло 9,3 мг%, пировиноградной кислоты — 2 мг%.

Дыхание нормоксическими гиперкапническими газовыми смесями с парциальным давлением углекислоты в них 19,9 и 39,9 кПа вызывало закономерные изменения: потребление кислорода исследуемыми тканями снижалось (рис. 2), содержание молочной и пировиноградной кислот в крови уменьшалось (рис. 3).

У низкоустойчивых к гипоксии крыс в контроле потребление кислорода тканью больших полушарий головного мозга составляло 4,5 мкл,

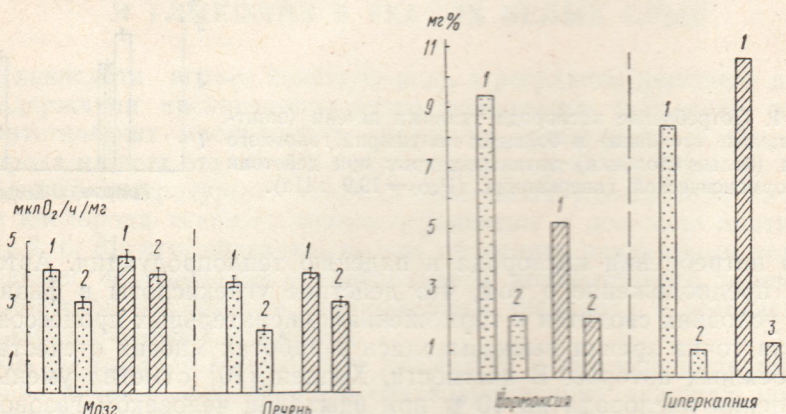


Рис. 2. Потребление кислорода тканями больших полушарий головного мозга и печени ВГ (столбики с точками) и НГ (заштрихованные столбики) крыс при действии нормоксической гиперкапнии.
1 — нормоксия; 2 — гиперкапния.

Рис. 3. Содержание молочной (1) и пировиноградной (2) кислот в крови ВГ и НГ крыс при действии нормоксической гиперкапнии.

тканью печени — 3,9 мкл. Содержание молочной кислоты в крови составляло 5,1 мг%, пировиноградной кислоты — 1,8 мг%.

Пребывание животных в условиях нормоксических гиперкапнических газовых сред с парциальным давлением углекислоты 19,9 и 39,9 кПа приводило к снижению потребления кислорода обеими тканями: в больших полушариях головного мозга — до 3,9 мкл, в печени — до 3,0 мкл/ч/мг сухого веса (рис. 2). Отмечено значительное увеличение содержания молочной кислоты в крови — до 10,5 мг%; содержание пировиноградной кислоты снижалось до 0,9 мг% (рис. 3).

При сравнении данных, полученных на высокоустойчивых и низкоустойчивых к гипоксии животных, видно, что снижение потребления кислорода тканями ВГ крыс более значительное, чем тканями НГ крыс.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что кратковременное (получасовое) пребывание интактных крыс в условиях нормоксической гиперкапнии с высоким парциальным давлением углекислоты вызывает в тканях печени и больших полушарий головного мозга отчетливое угнетение тканевого дыхания: снижается потребление кислорода и концентрация конечных продуктов анаэробного гликолиза.

В метаболических реакциях тканей высокоустойчивых и низкоустойчивых к гипоксии крыс в ответ на действие нормоксической гиперкапнической газовой среды с высоким парциальным давлением углекислоты (19,9 и 39,9 кПа) наблюдаются некоторые отличия: при однократ-

ной общей направленности реакций снижение потребления кислорода в тканях ВГ крыс более выражено, чем в тканях НГ крыс. В крови низкоустойчивых к гипоксии крыс отмечено значительное возрастание содержания молочной кислоты, в то время как в крови высокоустойчивых к гипоксии животных гиперкапния вызывает уменьшение содержания молочной кислоты.

Литературные данные свидетельствуют о том, что снижение обмена веществ является приспособительным фактором, направленным на ограничение выработки углекислоты в организме при избытке ее во вдыхаемом воздухе. Поэтому поддержание более низкого уровня потребления кислорода тканями высокоустойчивых к гипоксии крыс, возможно, является одним из положительных факторов, определяющих более высокую устойчивость этой группы животных к условиям измененной газовой среды.

A. I. Nazarenko, T. N. Goverukha, N. F. Zadorozhnaya

EFFECT OF CARBON DIOXIDE ELEVATED PARTIAL PRESSURE ON OXYGEN UPTAKE AND GLYCOLYSIS IN ALBINO RAT TISSUES

Summary

Albino male rats divided into groups high and low-resistant to hypoxia (HH and LH, respectively) were subjected to the short-term action of normoxic gas mixtures with high P_{CO_2} about 19.9-39.9 kPa. Oxygen uptake by the liver and cerebral hemisphere tissues as well as the content of lactic and pyruvic acids in blood were determined. A short stay of intact rats under conditions of normoxic hypercapnia with a high CO_2 content results in a distinct decrease of oxygen uptake and anaerobic glycolysis parameters. It is stated that in tissues of HH rats the oxygen uptake decrease is more pronounced, than in those of LH rats; in blood of LH rats the content of lactic acid rises considerably while in blood of HH rats its content falls under the effect of hypercapnia. A hypothesis is advanced that a more pronounced inhibition of oxygen uptake at elevated P_{CO_2} in tissues is one of factors determining a higher resistance of certain individuals to hypoxia.

Department of Respiratory Physiology,
A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR

Список литературы

1. Аверьянов А. Г. и др. Влияние на организм человека длительного пребывания в герметически замкнутом помещении при отсутствии вентиляции при разных метеорологических условиях.— Физиол. журн. СССР, 1935, 19, № 6, с. 1207—1218.
2. Альбицкий Г. М. Обмен веществ в животном организме под влиянием газовой среды, богатой углекислотой.— Врач, 1885, с. 134.
3. Березовский В. А. Черты индивидуальности в реакции на гипоксию.— Физиол. журн. АН УССР, 1975, 21, № 3, с. 371—376.
4. Березовский В. А., Бойко О. А., Клименко О. С., Левченко М. Н., Назаренко А. И., Шумицкая Н. М. Гипоксия и индивидуальные особенности реактивности. Киев: Наук. думка, 1978. 215 с.
5. Маришак М. Е. Физиологическое значение углекислоты. М.: Медицина, 1969. 142 с.
6. Низовцев В. П., Скулкова Н. П. О некоторых особенностях оксигенации артериальной крови при гиперкапнии, развивающейся на фоне нормоксии и гипоксии.— В кн.: Дыхательная недостаточность. Куйбышев, 1977, с. 87—91.
7. Петрунькина А. М. Практическая биохимия. Л.: Медгиз, 1961, 390 с.
8. Сулимо-Самуйлло З. К. Гиперкапния. Л.: ВМА, 1971. 122 с.
9. Травина О. В. Руководство по биохимическим исследованиям. М.: Медгиз, 1955. 320 с.
10. Холден Дж. С., Пристли Дж. Г. Дыхание, М.—Л.: Гос. изд-во биол. и мед. лит. 1937. 464 с.

Отдел физиологии дыхания
Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
30. I 1980 г.