

Н. М. ПЕТРУНЬ

К ВОПРОСУ О ДЫХАНИИ ЧЕЛОВЕКА ЧЕРЕЗ КОЖУ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА ВЫДЕЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ ЧЕРЕЗ КОЖУ ЧЕЛОВЕКА

(Представлено академиком А. И. Абрикосовым 25 IX 1953)

Вопрос о влиянии температуры на организм работающего человека издавна привлекает внимание исследователей, так как трудовая деятельность человека нередко протекает в условиях высокой температуры (жаркие климатические зоны, горячие цеха, некоторые подземные работы и т. д.).

Изучая энергетические затраты у рабочих горячих цехов, А. Б. Лекаш (4, 5) показал, что летом у вальцовщиков прокатного цеха во время работы имеет место пониженное по сравнению с зимними условиями потребление кислорода и выделение углекислоты легкими. Аналогичные явления наблюдались и в экспериментальных условиях (1). Трудно предположить, что при высокой температуре воздуха и выполнении одной и той же работы интенсивность процессов обмена веществ в организме уменьшается, т. е. организм при этом работает как бы с меньшей затратой энергии. Поэтому Н. К. Витте (1) было высказано предположение, что, возможно, при высокой температуре воздуха увеличивается роль дыхания через кожу, т. е. не вся продуцируемая в организме углекислота выделяется через легкие и улавливается при помощи респираторного газообмена.

Таким образом, теоретический вопрос о значении для человека дыхания через кожу приобрел и практический характер. В связи с этим мы и решили заняться изучением дыхания человека через кожу и в первую очередь выделением углекислоты.

Мы старались все свои исследования проводить таким образом, чтобы показать в них связь организма с окружающей средой, показать на примере выделения углекислоты через кожу ответ организма как целого на изменение внешних условий и состояния внутренней среды организма.

Литературные данные по этому вопросу очень разноречивы; имеются некоторые материалы о выделении CO_2 через кожу при высокой температуре воздуха в состоянии покоя. Данные же о выделении CO_2 через кожу человека при выполнении физической работы в литературе отсутствуют.

Для разрешения этого вопроса нами сконструирован специальный аппарат, состоящий из несколько модифицированного нами водолазного костюма, использованного в качестве герметичной камеры минимальных размеров, и газоанализатора. Принцип действия аппарата заключается в следующем. Испытуемый надевает герметичный прорезиненный костюм, в котором металлический шлем заменен герметичным, плотно прилегающим к голове шлемом из того же материала, что и сам водо-

лазный костюм. Лицо при этом остается открытым, и испытуемый дышит наружным воздухом. Шлем на груди соединяется с рубашкой водолазного костюма двумя замками «молния», а для полной герметичности перед исследованием приклеивается еще на груди к рубашке. В рубашке водолазного костюма имеется четыре отверстия: два в рукавах и два в нижней части костюма, у ног.

Вследствие рециркуляции воздуха в костюме он выходит из двух резиновых шлангов, идущих от нижней части водолазного костюма, и поступает в холодильник, где происходит конденсация находящихся в воздухе водяных паров, стекающих на дно сосуда. Воздух, освободившись в значительной мере от водяных паров, поступает в три последовательно стоящих поглотителя, наполненных титрованным раствором барита. В поглотителях он освобождается от углекислоты, которая, реагируя с $\text{Ba}(\text{OH})_2$, образует BaCO_3 , выпадающий в виде белого осадка на дно сосуда. Проходя через раствор барита, воздух освобождается от углекислоты, но при этом насыщается водяными парами. Проходя через второй холодильник и сосуд с хлористым кальцием, он освобождается от водяных паров и поступает в компрессор, а из него по двум трубкам — в два отверстия, находящиеся в рукавах водолазного костюма. В газоанализаторе имеется приспособление для дозированного приливания раствора барита в поглотители и титрования рабочего раствора щавелевой кислотой.

Исследования проводились на здоровых людях (7 мужчин и 3 женщины), предварительно прошедших медицинский осмотр. В начале исследования измерялся легочный газообмен испытуемых методом Дуглас — Холдена, температура тела, температура кожи в нескольких точках — накожным термометром сопротивления Шахбазяна (¹¹) и другие реакции сердечно-сосудистой системы. Учитывалось самочувствие, теплоощущение и производилось систематическое взвешивание испытуемого.

Все исследования проводились в теплой камере Института гигиены труда и профзаболеваний по утрам, натощак, как правило, в течение 2 час. в отдельных же случаях до 6 час. Исследования проводились только в те дни, когда испытуемый чувствовал себя бодрым, был в хорошем настроении, выспался ночью и ни на что не жаловался на протяжении исследования. Во время исследования мы старались не вводить каких-либо посторонних раздражителей, которые могли бы повлиять на испытуемого.

Обычно интенсивность выделения углекислоты через кожу испытуемых на протяжении от 2 до 6 час. исследования в покое совсем или почти совсем не изменяется. Количество CO_2 , выделенной через кожу испытуемых, колеблется в пределах от 250 до 350 мг в час, составляя в среднем для мужчин 312 мг, для женщин 255 мг в час. При выполнении физической работы (в 3,5 ккал валовой затраты энергии) в условиях нормальной температуры воздуха интенсивность выделения CO_2 через кожу человека в два раза больше, чем в состоянии покоя, составляя в среднем у мужчин 602 мг, а у женщин 365 мг в час. (⁸).

По мере повышения температуры воздуха, в которой находится испытуемый, интенсивность выделения CO_2 через кожу возрастает, и при 40° оно в состоянии покоя в 3—4 раза больше, чем при нормальной температуре воздуха, составляя в среднем у мужчин 1150 мг, а у женщин 625 мг в час. При выполнении же физической работы в условиях высокой температуры воздуха (40°) происходит еще более интенсивное выделение CO_2 через кожу, которая у мужчин в среднем достигает 2142 мг, а у женщин 953 мг в час, что в 3—4 раза больше, чем при аналогичной температуре, но в состоянии покоя, и в 6—8 раз больше, чем при нормальной температуре воздуха и покое.

Приведенные нами данные указывают на то, что на интенсивность выделения CO_2 через кожу человека влияет как температура воздуха,

так и выполнение физической работы. У всех испытуемых наблюдается общая закономерность в выделении углекислоты через кожу, заключающаяся в следующем: по мере повышения температуры воздуха количество выделившейся через кожу углекислоты возрастает по типу кривой второго порядка с повышающейся крутизной (7), а не по типу S-образной, указанной Ширбеком (12).

При нормальной температуре воздуха как в покое, так и при физической работе углекислота, выделившаяся через кожу, составляет 1—1,5% по отношению к легочной. По мере повышения температуры воздуха процент CO_2 , выделившейся через кожу, возрастает и при 40° составляет 5—8,5% для мужчин и 3—4% для женщин по отношению к выделившейся через легкие.

Выделение CO_2 на 1 м² поверхности легких и кожи при нормальной температуре воздуха примерно одинаково. При повышении же температуры воздуха относительные величины выделения CO_2 через кожу значительно возрастают по отношению к легочной и при 40° в состоянии покоя в 3,4—6,5 раз выше, а при выполнении физической работы в 4—7 раз выше, чем через легкие. Это свидетельствует о том, что при повышении температуры воздуха роль дыхания через кожу человека значительно возрастает.

Известно, что при высокой температуре воздуха наблюдается покраснение всей кожи испытуемого, что связано с рефлекторным расширением кровеносных сосудов, благодаря чему приток крови к периферии увеличивается (о чем свидетельствует повышение температуры кожи, расширение капилляров). Одновременно с этим происходит значительное потоотделение. Выделение CO_2 через кожу стоит в тесной связи с этими процессами.

Свести сложный процесс повышения интенсивности выделения CO_2 через кожу к простой десатурации пота (13) неправильно, так как этим путем, по нашим подсчетам, может выделиться не более 11% всей выделившейся через кожу углекислоты.

Покраснение кожи и расширение ее капилляров, а также значительное усиление тока крови в них при высокой температуре воздуха (2, 3, 6, 9, 10) заставляют нас придти к заключению, что причина повышения интенсивности выделения CO_2 через кожу человека лежит в более интенсивном обмене газами между кровью и просветами потовых желез, которые густо оплетены капиллярами, и происходит в результате разницы в парциальном давлении CO_2 в кровеносном русле и в просветах потовых желез.

Из наших исследований вытекает, что при определении теплопродукции человека необходимо учитывать, наряду с газообменом через легкие, также и газообмен через кожу. При этом к количеству углекислоты, выделившейся через легкие, необходимо прибавлять около 1,6% в условиях нормальной температуры воздуха и около 6,5% в условиях высокой температуры (40°). При выполнении же физической работы средней интенсивности к соответствующим данным респираторного газообмена необходимо прибавлять 7,2%. Если при нормальной температуре воздуха можно этим коэффициентом пренебречь, то при высокой температуре воздуха как в покое, так и при выполнении физической работы этого делать нельзя.

Учитывая громадную роль кожи как органа обмена веществ, можно считать, что дыхание через кожу имеет гораздо большее значение, чем то, которое ему придавалось до сих пор. Поэтому можно предполагать, что ряд вопросов профессиональной патологии, газового обмена и обмена веществ найдут свое более полное объяснение при учете данных газообмена человека через кожу.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. К. Витте, Теплообмен человека и его значение для нормирования метеорологических условий, Диссерт., Чкалов, 1943. ² В. И. Дроздовская, Сборн. реф. научн. работ Киевск. ин-та гигиены труда и профзаболеваний, Киев, 1947, стр. 54—57. ³ А. Крoг, Анатомия и физиология капилляров, 1927. ⁴ А. Б. Лекаx, Л. С. Ключева и др., Тр. и материалы Днепропетр. ин-та патолог. и гигиены труда, в. 5, Днепропетровск, 1935, стр. 3—65. ⁵ А. Б. Лекаx, С. И. Ляховецкий, И. М. Шлифер, там же, стр. 126—181. ⁶ И. П. Павлов, Полн. собр. тр., 1, 1951, стр. 507. ⁷ Н. М. Петрунь, Вопросы физиологии, № 2, 180 (1952). ⁸ Н. М. Петрунь, Врачебн. дело, № 11, 1113 (1952). ⁹ А. Т. Пшоник, Физиол. журн. СССР, 26, в. 1, 30, 46 (1939). ¹⁰ А. А. Рогов, О сосудистых условных и безусловных рефлексах человека, 1951. ¹¹ Г. X. Шахбазян, Гигиеническое нормирование микроклимата производственных помещений, Киев, 1952. ¹² N. P. Schierbeck, Arch. Hygiene, 16, 203 (1893). ¹³ N. P. Schierbeck, Arch. Anat. u. Physiol., H. 1—2, 116 (1893).