Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 5

ФИЗИОЛОГИЯ

И. А. ОЙВИН и Е. П. СМОЛИЧЕВ

ПРОНИЦАЕМОСТЬ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ КАРБОНАТНЫХ И БИКАРБОНАТНЫХ ИОНОВ

(Представлено академиком А. И. Опариным 15 X 1954)

Известно, что кожа человека практически непроницаема для водных растворов солей сильных кислот и оснований. Менее изучен вопрос о проницаемости кожи для солей слабых кислот. Практическое значение этого определяется широким применением в лечебной практике сероводородных и углекислых ванн, содержащих наряду со свободными сероводородом и углекислотой, для которых кожа проницаема, еще и соли этих кислот. Одним из нас (И. А. Ойвин) было показано, что кожа практически непроницаема для сульфидных и бисульфидных ионов ([1]). В данной работе мы приводим результаты изучения проницаемости кожи человека для карбонатных и бикарбонатных ионов.

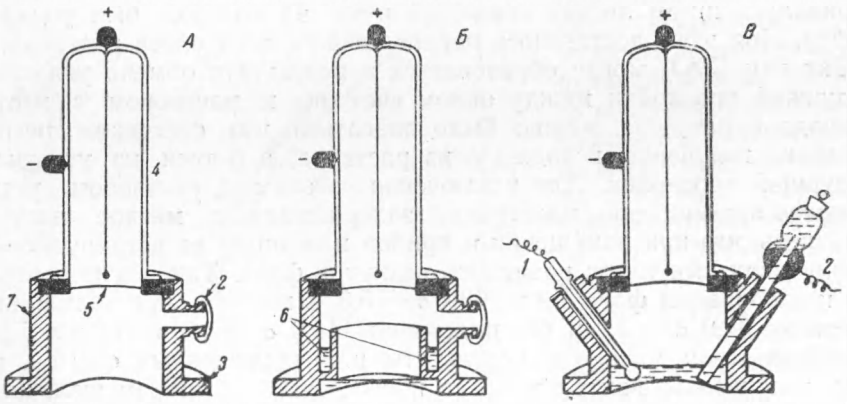


Рис. 1. Схема прибора. *1* — кольцо из плексигласа, *2* — патрубок с резиновым колпачком, *3* — бортик для закрепления прибора, *4* — торцовый счетчик, *5* — слюдяное окно счетчика, *6* — раствор едкого натрия, *7* — стеклянный электрод, *8* — каломелевый электрод

Наиболее подходящим для целей нашего исследования явился способ, основанный на измерении концентрации раствора, налитого на поверхность кожи. Этот принцип исследования был предложен Н. А. Шестовым еще в 1866 г. ([3]) и получил широкое распространение в последние годы, после работ Бюржи ([4]). Нам казалось возможным значительно усовершенствовать метод, применив меченые атомы. При расположении счетчика над налитым на поверхность кожи раствором соединений, содержащих радиоактивные изотопы, можно непрерывно следить за изменениями концентрации вещества в растворе. Уменьшение числа регистрируемых счетчиком атомных распадов свидетельствует об уменьшении концентрации вещества в растворе и тем самым указывает на его проникновение в кожу.

Нами была изучена возможность проникновения в кожу растворов, содержащих различные концентрации углекислого натрия (от 50 до

500 мг/л). К растворам добавлялись индикаторные количества углекислого натрия с радиоактивным изотопом углерода (карбонат натрия с C^{14} получался при взаимодействии раствора сернокислого натрия с $BaC^{14}O_3$).

Исследовалась проницаемость кожи внутренней поверхности предплечья людей. Для изучения проницаемости на коже устанавливался приборчик, изготовленный из плексигласа (см. рис. 1 *А*). Прибор представлял собою кольцо (внутренний диаметр 30 мм) с боковым патрубком, бортиком в нижней части и выточкой в верхней части. Прибор укреплялся на коже предплечья при помощи резиновой манжетки. В прибор, внутрь кольца, наливалось, как правило, 2,5 мл раствора, следовательно, толщина слоя жидкости равнялась 3,5 мм. В выточку в верхней части кольца герметически вставлялся торцовый счетчик (ТМ-20), обращенный слюдяным окошком к поверхности кожи. Стеклянный баллон счетчика был зачернен нитролаком для защиты от фотонов. Раствор наливался шприцем через иглу, вставляемую в резиновый колпачек, надетый на боковой патрубок прибора.

Концентрация раствора карбоната натрия с C^{14} подбиралась такой, чтобы в условиях примененной методики в минуту регистрировалось около 200 импульсов при средней величине фона в 70 импульсов в минуту. Расстояние слюдяного окошка счетчика от поверхности раствора было 27 мм. Из-за относительно большой толщины слоя жидкости можно было предполагать, что в ее слое может происходить значительное поглощение мягкого β-излучения, испускаемого при радиоактивном распаде C^{14}. Ввиду этого при регистрации излучения жидкость постоянно помешивалась путем легких движений руки, на которой был установлен прибор. При этом достигалось перемешивание всех слоев раствора.

Так как $C^{14}O_2$ могла образоваться в результате обмена углекислоты воздушной прослойки между окном счетчика и раствором с изотопом углерода в растворе, можно было опасаться, что счетчиком регистрируется не излучение, исходящее из раствора, а β-лучи из углекислоты воздушной прослойки. Для исключения этого над раствором устанавливалась алюминиевая пластинка, задерживавшая мягкое излучение. Оказалось, что при помещении в прибор пластинки регистрируемое счетчиком число импульсов равнялось величине фона. Так, число импульсов при исследовании фона было 68,4 $\sigma \pm 5{,}8$ в минуту, при алюминиевой пластинке 68,0 $\sigma \pm 3{,}2$ и без пластинки 145,0 $\sigma \pm 5{,}0$ в минуту. Другим доказательством являются результаты нижеприведенных опытов, в которых углекислота внутри прибора поглощалась раствором щелочи. Этими опытами было показано, что в наших исследованиях регистрировалось излучение, испускаемое распадающимися атомами углерода в растворе.

По описанной выше методике было поставлено 18 опытов на 7 испытуемых. Регистрация импульсов проводилась каждую минуту в течение 1—3 час. Проникновение карбонатных ионов должно было привести к уменьшению их концентрации в налитом на поверхность кожи растворе и, следовательно, к уменьшению числа регистрируемых импульсов. Однако ни в одном из опытов мы не отметили уменьшения числа импульсов. Приводим график результатов одного из опытов (см. рис. 2, *1*). Во всех опытах в течение первых 30 мин, число регистрируемых импульсов оставалось неизменным. Таким образом, результаты этих опытов с несомненностью свидетельствуют о том, что кожа человека практически непроницаема для карбонатных ионов.

При длительных наблюдениях отмечено, что со временем число регистрируемых импульсов начинает закономерно увеличиваться (рис. 2, *1*). Причем, чем больше была концентрация углекислого натрия в растворе, тем позже наступало возрастание числа импульсов. Возникло предположение, что обнаруженный эффект обусловлен проникновением в раствор углекислоты из организма. Известно, что через 1 $см^2$ поверхно-

сти кожи человека всегда выделяется от 0,01 до 0,07 мг CO_2 в час ([5]). Реагируя с раствором углекислого натрия, выделяющаяся углекислота превращает его в двууглекислый натрий. Когда значительная часть карбоната превращается в бикарбонат, раствор перестает поглощать углекислоту. Растворы бикарбоната всегда содержат свободную углекислоту. Частично в растворе происходит обмен углекислоты, выделяемой организмом, с изотопом углерода в растворе. Поэтому должно начаться выделение углекислоты, в том числе и углекислоты, содержащей C^{14}, в воздушную прослойку прибора. При этом счетчик, кроме излучения от поверхности раствора, начнет регистрировать и распады атомов углерода в воздушной прослойке.

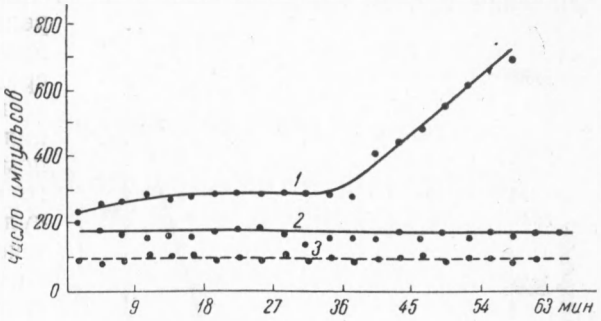


Рис. 2

Для доказательства правильности этого предположения были проведены специальные опыты. В примененный в предыдущих опытах прибор было вклеено выточенное из плексигласа кольцо с пазом, в который во время опыта наливалось 0,5—1 мл 25% раствора едкого натрия (см. рис. 1 *Б*). Мы считали, что при такой постановке опытов число импульсов не должно возрастать, так как щелочь будет поглощать углекислоту из воздушной прослойки (поглощенная углекислота с C^{14} не могла существенно влиять на показание счетчика, так как паз со щелочью находился по периферии от окна счетчика). Оказалось, что, действительно, в присутствии щелочи нарастание числа импульсов не отмечается даже при очень большой продолжительности опытов (рис. 2, *2*), а в щелочи поглотителя после опыта обнаруживался радиокативный изотоп углерода. Для контроля были поставлены аналогичные опыты, в которых прибор устанавливался не на коже, а на стеклянной пластинке. При этом число импульсов оставалось неизменным в течение всего периода наблюдения (рис. 2, *3*).

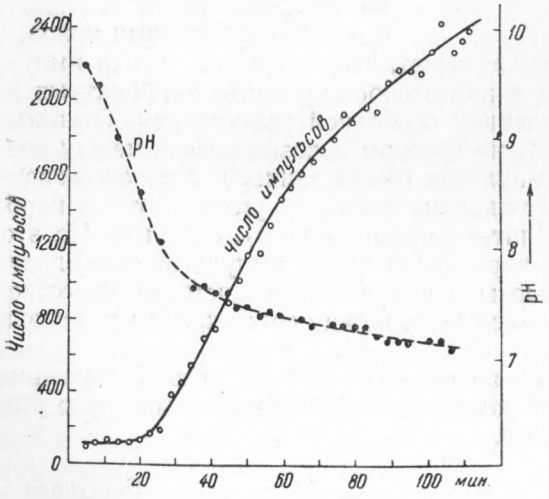


Рис. 3

В следующей серии опытов одновременно с подсчетом числа импульсов проводились измерения pH раствора. Для этой цели был изготовлен прибор, схема которого представлена на рис. 1*В*. Отличием этого прибора было наличие двух боковых патрубков, через которые герметически вставлялись каломельный и стеклянный электроды. Измерения pH производились потенциометром ЛП-3. Внутрь прибора наливалось 6 мл раствора, содержащего 0,25 мг углекислого натрия с индикаторными количествами углекислого натрия C^{14}. Предварительно кожа предплечья тщательно отмывалась спиртом и водой. Перед приготовлением раствора дестиллированная вода кипятилась для удаления углекислоты. Измерения числа им-

пульсов и значений pH проводились в течение всего опыта каждую минуту. Ввиду того что температура кожи предплечья близка к 32°, значения pH измерялись при этой температуре. Результаты одного из опытов представлены в виде кривых на рис. 3. На рисунке представлены две кривые, отображающие зависимость числа импульсов и pH от времени наблюдения, причем нанесены величины за трехминутные интервалы измерений. Цифры числа импульсов приведены после вычитания средних величин фона. Как видно из графика, снижение значения pH начинается сразу после помещения раствора углекислого натрия на кожу. Число импульсов остается неизменным в течение 20 мин., после чего начинается его возрастание. Увеличение числа регистрируемых импульсов начинается с момента снижения pH ниже 8,5. До этого же количество импульсов оставалось неизменным, хотя, судя по значениям pH, более 90% карбонатных ионов перешло в бикарбонатные ионы. Из этого следует, что кожа человека практически непроницаема и для бикарбонатных ионов.

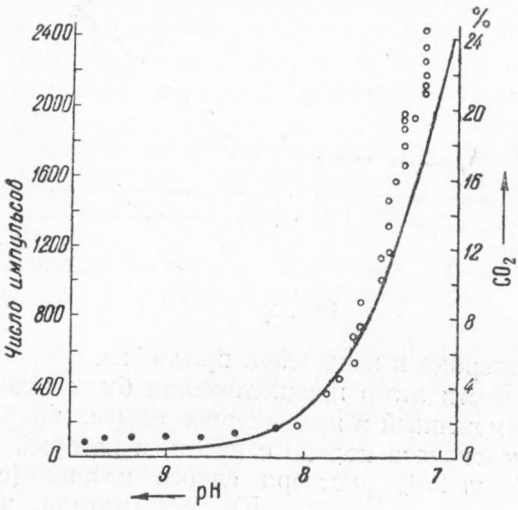


Рис. 4

Кривые рисунков еще раз показывают, что нарастание числа импульсов совпадает с превращением значительного процента карбонатных ионов в бикарбонатные и с появлением свободной углекислоты. Отчетливо эта зависимость видна из рис. 4, на котором показана связь между величиной pH раствора и числом импульсов (наши данные), с одной стороны, и между величиной pH и содержанием свободной углекислоты в карбонатно-бикарбонатной системе (литературные данные), с другой. На этом графике отчетливо видно, что нарастание числа импульсов совпадает с появлением свободной углекислоты и что в дальнейшем до известного предела сохраняется прямая зависимость между содержанием углекислоты и числом импульсов.

Из результатов последней серии опытов вытекает, что примененная нами методика может позволить количественно измерять выведение углекислоты из организма через кожу.

Поступило
7 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. А. Ойвин, Фармакология и токсикология, **6**, 3, 54 (1943); Бюлл. эксп. биол. и мед., **9**, 4, 247 (1940). [2] И. А. Ойвин, В. И. Ойвин, там же, **26**, 6, 434 (1948); **27**, 2, 132 (1949); Вестн. венерол. и дермат., 6, 12 (1949). [3] Н. А. Шестов, Медиц. вестн., 40, 41, 42, 43 (1866). [4] R. Bürgi, Die Durchlässigkeit der Haut für Arzneien und Gifte, Berlin, 1942. [5] St. Rothman, Fr. Schaaf, Handb., Haut u. Geschlechtskrankheiten, **1**, T. 2, 161 (1929).