

В. В. КОВАЛЬСКИЙ и З. С. ЧУЛКОВА

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ ДЛЯ КАТИОНОВ

(Представлено академиком А. И. Опариным 19 VI 1951)

Вопрос о проницаемости эритроцитов для катионов уже несколько десятилетий привлекает внимание исследователей. В настоящее время господствующим является утверждение, что эритроциты не проницаемы для катионов. На этом утверждении основываются современные представления о дыхательной функции эритроцита и дыхательном цикле Гендерсена. Эти представления нельзя признать экспериментально подтвержденными. Они больше основываются на теории мембранного равновесия Доннана, чем на фактах, касающихся непосредственных наблюдений над катионной проницаемостью для эритроцитов (1).

Чрезмерное увлечение физико-химическими теориями при обсуждении физиологических процессов привело к забвению основного — живой клетки, как несамостоятельной части организма, находящейся под влиянием регулирующих процессов, исходящих от целого организма. Методологическим недостатком многих работ, посвященных катионной проницаемости эритроцитов, является игнорирование регулирующих начал, существующих в целом организме, выработанных в процессе эволюции и представляющих собою приспособительные реакции частей к целому и целого к существующим условиям жизни. В силу этих причин вопрос о проницаемости живой специализированной клетки для катионов не может быть разрешен пробирочными опытами, если в этих опытах не воспроизведены условия, регулирующие проницаемость. Метод меченых атомов (2) не может дать достоверные критерии проницаемости эритроцитов для катионов, так как радиоактивность меняет естественную проницаемость. Необходимо было перейти к исследованиям над проницаемостью эритроцитов для катионов в естественных условиях кровяного русла.

Такого рода исследования были осуществлены нами путем изучения суточного ритма в изменении катионного состава эритроцитов человека. Мы считаем, что различия в содержании катионов в эритроцитах в различные часы суток являются прямым доказательством их катионной проницаемости. Эти изменения можно было бы истолковать иначе, если бы продолжительность жизни эритроцита была короткой. Последними же работами с помощью изотопа азота N^{15} было показано, что продолжительность жизни человеческого эритроцита достигает 127 дней (3).

При изучении суточного ритма изменений концентрации калия, кальция и магния в эритроцитах мы пользовались методом сопряженных точек (4), т. е. исследованием эритроцитов у одного человека не меньше 2 раз в сутки.

Определение калия нами производилось по Крамеру и Тисдалю, кальция — по Де Ваарду и магния — по Гадиенту, с точностью, присущей этим методам.

Под наблюдением находились 61 женщина в возрасте от 20 до 34 лет. Было произведено в различные часы суток 122 определения калия в эритроцитах, 120 — кальция и 102 — магния. Удалось показать, что по отношению к каждому исследованному катиону существует три формы суточных ритмов: у одних людей содержание данного катиона в эритроците повышается в дневные часы (I группа), у других, наоборот, в ночные часы (II группа), а у третьих остается в дневные и ночные часы на одном уровне (III группа). Содержание калия в эритроцитах человека в 31% исследованных случаев в дневные часы оказалось выше, чем в ночные, в 41% — в дневные часы ниже, чем в ночные, и в 28% в дневные и в ночные часы содержание калия в эритроцитах оставалось без изменений (в последнем случае суточные изменения калия не превышали 10%). Содержание кальция в эритроцитах в 40% случаев оказалось в дневные часы выше, чем в ночные, в 58% — в дневные ниже, чем в ночные, и в 2% — различия не были обнаружены (в последней группе

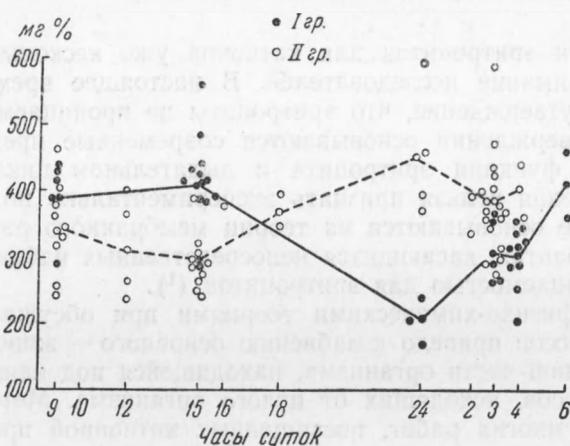


Рис. 1. Содержание калия в эритроцитах в различные часы суток

при этом чаще ночью повышается содержание в эритроцитах калия и кальция и понижается — магния. Следует также отметить, что число случаев с неизменным содержанием в эритроцитах кальция днем и ночью значительно меньше, чем число подобных случаев для магния и, особенно, для калия.

На рис. 1, 2 и 3 представлены закономерности суточных изменений содержания в эритроцитах калия, кальция и магния.

Рис. 1 показывает определенно выраженные закономерности суточных изменений концентрации калия в эритроцитах человека. В I группе людей расхождение в содержании калия в эритроцитах днем и ночью достигает, в среднем, 28% (среднее содержание днем — около 400 мг%, ночью — около 310 мг%). Наибольшее расхождение в содержании калия в эритроцитах для I группы наблюдалось между 15 и 4 час. и доходило, в среднем, до 37%. Индивидуальные же суточные различия в этих случаях были выражены ярче, но не превышали 55%. Во II группе расхождения в содержании калия в эритроцитах днем и ночью достигали, в среднем, 23% (дневное содержание, в среднем, около 320 мг%, ночное — около 400 мг%). Наибольшее суточное расхождение средних происходило между 15 час. и 24 час. и достигало 56%. Такой же величины достигали суточные индивидуальные различия в содержании калия в эритроцитах у людей II группы.

Суточные изменения в эритроцитах кальция и магния выражены более резко по сравнению с описанными изменениями калия. Так, рас-

суточные изменения кальция не превышали 2%). Для магния было показано, что его содержание в эритроцитах в 51% случаев было в дневные часы выше, а в 39% — в дневные часы ниже, чем в ночные. В 10% случаев магний в эритроцитах днем и ночью оставался на одном уровне (в этой группе изменения в содержании магния не превышали 4%). Из приведенных данных видно, что у значительного большинства людей катионный состав эритроцитов в течение суток изменяется,

хождения ночных и дневных средних содержания кальция в эритроцитах (см. рис. 2) для I и II групп женщин достигает 33% (для I группы среднее дневное содержание кальция равно 6,6 мг%, среднее ночное 5,0 мг%, а для II группы соответственно 4,8 и 6,3 мг%).

Максимальное суточное расхождение средних для I группы наблюдалось между 12 час. дня и 6 час. утра и достигало 105%, для II группы — между 12—15 час. и 2—4 час. и было равно 52%. Особенно велики были различия эритроцитов по содержанию кальция в них днем и ночью в индивидуальных случаях, доходя в первой группе до 112%, а во второй — до 98%.

Различия в содержании магния в эритроцитах для ночных и дневных часов (см. рис. 3) достигали для I группы, в среднем, 29%, а для второй — 24% (в I группе среднее дневное содержание магния было равно 5,8 мг%, ночное — 4,5 мг%, во II группе среднее дневное — 3,8 мг%, ночное — 4,7 мг%). Максимальное суточное расхождение средних

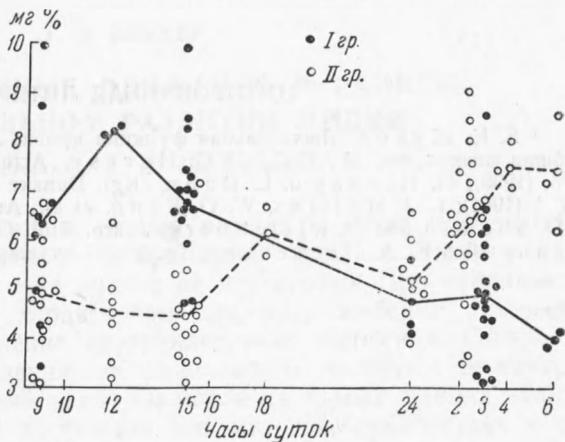


Рис. 2. Содержание кальция в эритроцитах в различные часы суток

содержания магния в эритроцитах для I группы наблюдалось между 9 и 6 час. и достигало 173%, для II группы — между 9 и 5 час. и доходило до 83%. Наибольшие же расхождения в индивидуальных случаях для содержания магния в эритроцитах днем и ночью у людей I группы были равны 104%, второй — 70%.

В наших исследованиях содержания катионов в эритроцитах человека в различные часы суток, выявленные благодаря применению метода сопряженных точек⁽⁴⁾, полученные материалы, говорящие с полной очевидностью о значительных суточных изменениях катионного состава эритроцитов.

Выявленные нами закономерности в изменениях катионного состава эритроцитов говорят об ошибочности использования средних величин без вскрытия этих закономерностей⁽⁴⁾. В этом можно убедиться, рассмотрев средние содержания каждого катиона в эритроцитах в дневное и ночное время, независимо от закономерностей, выраженных в трех описанных группах изменений.

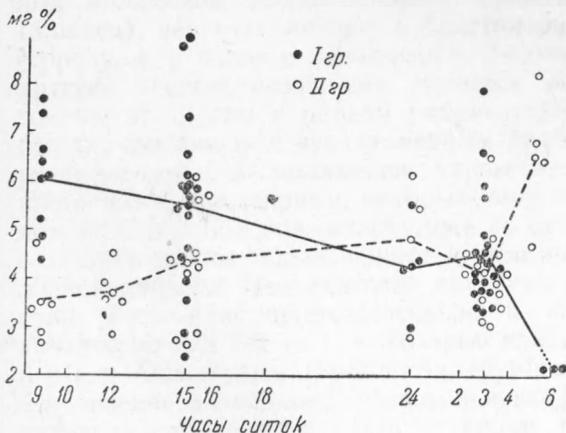


Рис. 3. Содержание магния в эритроцитах в различные часы суток

Такие средние для содержания калия в эритроцитах в дневное и ночное время совпадают — они соответственно равны 340 мг% и 351 мг%. Совпадение таких средних получается и для кальция (средняя дневная 5,5 мг%,

средняя ночная 5,7 мг%), и для магния (средняя дневная — 5,0 мг%, средняя ночная 4,7 мг%). Этот ошибочный путь приводит к сглаживанию существующих в действительности значительных суточных изменений катионного состава эритроцитов.

Установленные нами изменения катионного состава эритроцитов человека в различные часы суток в естественных условиях кровяного русла и целого организма, где имеют место регуляторные процессы, говорят с несомненностью о проницаемости эритроцитов для катионов.

Поступило
16 II 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. К. Жуков, Дыхательная функция крови, Л., 1937; Д. Л. Рубинштейн, Общая физиология, М., 1947. ² G. Hevesy, Acta Unio Intern. contra Cancrum, 4, 175, (1939); G. Hevesy u. L. Nahn, Kgl. Danske Videnskab., Selskab., Biol. Medd., 16, 1 (1941); L. J. Mullins, W. O. Fenn, et al., Amer. Journ. Physiol., 135, 93 (1941). ³ D. Shemin and D. Rittenberg, Journ. Biol. Chem., 166, 2 (1946). ⁴ В. В. Ковальский и И. А. Плетенева, Тр. Ин-та акушерства, М., 1948.