

## БИОПОТЕНЦИАЛЫ И КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ ГОМЕОСТАЗ

Иржак Л.И.

*Государственный университет, Сыктывкар*

**Многочисленные данные свидетельствуют о тесных связях между электрическими потенциалами клеток крови и плазмы, с одной стороны, и кислотно-основными показателями, с другой. Экспериментальные данные необходимы для разработки теории и клинической практики.**

Поддержание кислотно-основного гомеостаза связано - благодаря процессам ионообмена и ряду других физико-химических явлений с образованием электрических потенциалов в клетках, тканях и органах. Трансмембранный потенциал (ТМП), потенциал действия ПД, дзета-потенциал (ДП) и другие формы «животного электричества», являясь следствием ионных градиентов, в свою очередь влияют на образование и величину последних. Надо полагать, электрические потенциалы активно участвуют благодаря этому в организации всех проявлений жизнедеятельности организма в норме и патологии, содействуют их координации. Разработка сложной проблемы взаимодействия кислотно-основного гомеостаза затрудняется отнесением биоструктур к возбудимым и невозбудимым. В основу этой классификации положена, как известно, способность или неспособность образовывать ПД и с его помощью передавать сигнал на расстояние по тканям. Однако следует заметить, что эта существенная черта важна не столько сама по себе, сколько в силу особенности ее использования в биологии организма, а именно, - в качестве одной из форм распространения электрического потенциала. Не будет преувеличением сказать, что все, по-видимому, клетки тела способны передавать возникающий в них потенциал на расстояние в пределах организма. Среди многих вероятных способов такой передачи можно условно наметить следующие. В клеточных пластах, где клетки не способны перемещаться и плотно примыкают друг к другу, миграция потенциалов возможна с использованием клеточных контактов и зависит от их типа. Нервные клетки тоже не перемещаются, но передают возникающий в них электрический потенциал с помощью ПД. Эти способы передачи биопотенциалов свойственны клеткам, подвижность которых ограничена их микроанатомией. В отличие от них подвижные клетки, способные мигрировать самостоятельно или в потоке жидкости (крови, лимфе), имеют возможность обмениваться своими биопотенциалами с окружающими тканями именно благодаря своей двигательной активности. Таким образом, можно в первом приближении наметить те формы распространения биопотенциалов, которые зависят от того, подвижны клетки или нет.

Для анализа механизмов КОС в связи с этим представляют интерес следующие обстоятельства. Во-первых, электричество, образующееся во всех клетках, способно распространяться за счет возбудимых и невозбудимых биоструктур; различны только формы процессов. Во-вторых, электрические потенциалы влияют на ионообмен между внутри- и внеклеточной средой и тем самым оказываются существенной деталью механизма поддержания кислотно-основного гомеостаза.

Кровь, которой принадлежит важнейшая роль в формировании КОС всего организма, относится к типу тканей, способных распространять биопотенциалы, возникающие в различных ее компонентах, - ТМП, ДП, потенциалы течения и другие. Способность крови нести электрические заряды и осуществлять электрообмен между тканями относится к числу основных ее функций, не нашедших отражения на страницах учебников и монографий. Между тем, эта сторона работы крови в организме подробно обсуждалась еще в 1933 году Л.Л. Васильевым и А. Л.Чижевским [2]. Учитывая, что клетки крови и жидкая ее часть электрически заряжены подобно всем тканям тела, авторы предложили исследовать возможность обмена электрическими зарядами между кровью и окружающими тканями и определить тем самым подвижное электродинамическое равновесие, характер которого зависит, вероятно, от того региона тела, где в данный момент протекает кровь, - в легких, почках и т.д. В работе задан вопрос, не является ли кровь регулятором электрического состояния тканей, и наоборот, не меняют ли ткани электрические свойства протекающей через них крови. На основе такого взаимодействия возможна «электродинамическая координация органов».

Со времени появления этой гипотезы прошло более полувека. Теперь, когда накопившиеся массы фактического материала нуждаются в синтетическом осмыслении, проблема взаимодействия между биопотенциалами и кислотно-основным гомеостазом, роль крови с ее подвижными компонентами в этих процессах выдвигаются на уровень приоритетных направлений физиологии и биохимии. Электрические характеристики эритроцитов, например, зависят от ионообмена клеток со средой и в свою очередь влияют на этот обмен, определяя

проницаемость мембран, устойчивость по отношению к гемолизам (в частности, ОРЭ) и другие свойства. По-видимому, за счет ионообмена электрические показатели эритроцитов влияют на физико-химические и функциональные особенности содержащегося в них гемоглобина [3, 5, 9]. ДП зависит, очевидно, от скорости кровотока и условий микроокружения эритроцитов, их контактов с заряженными клетками эндотелия кровеносных сосудов. В наших исследованиях отмывка эритроцитов от плазмы, их прогревание, применение различных антикоагулянтов существенным образом влияют на зарядные свойства эритроцитов и гемоглобин [1, 3-7]. Было бы неверно ожидать быстрых или непосредственных изменений гемоглобина в ответ на электро- и ионообмен. Гемоглобин обладает способностью сохранять сродство к кислороду на одном уровне до тех пор, пока он благодаря большой буферной емкости в состоянии блокировать  $H^+$  и  $OH^-$ , обеспечивая относительное постоянство рН среды [6]. В этой связи можно отметить, что при изучении связей между электро- и ионообменом интересные результаты дает применение таких методик, как измерение ионизационного равновесия и скорости фильтрации эритроцитов. Первая из методик позволяет в нашей модификации использовать всего 0,02 мл вещества, КОС которого изучается (например, крови, эритроцитов или раствора гемоглобина), для внесения в кювету с объемом раствора до 8 мл, куда погружены электроды, связанные с иономером или рН-метром распространенных типов. Даже образующееся при этом разбавление - около 400 раз - не препятствует веществу с большой буферной емкостью проявлять свои КОС. Методика фильтрации эритроцитов, распространенная в лабораторной и клинической практике, позволяет судить не только о биохимических особенностях поверхности клеток, но и об их электрических свойствах, потому что поры мембраны, через которую фильтруются клетки, имеют отрицательный заряд, а движущаяся через поры жидкость или полужидкая текучая масса клеток приобретает потенциал и ток протекания Квинке. Использование в качестве антикоагулянта гепарина с его высоким отрицательным зарядом приводило к замедлению фильтрации эритроцитов человека примерно на 50% по сравнению с эритроцитами из крови, которую обрабатывали цитратом натрия. Эритроциты крысы, наоборот, под влияни-

ем гепарина фильтровались в такой же степени медленнее. Отмывка эритроцитов от плазмы изменяет скорость их фильтрации. Ранее было показано, что гемоглобин из эритроцитов, не прошедших процедуру отмывки, проявляет значительно более высокое сродство к кислороду по сравнению с гемоглобином из отмывтых эритроцитов [3]. Влияние отмывки на скорость фильтрации следует, по нашему мнению, связывать с данными о том, что отмывка изменяет ДП эритроцитов [5], а происходящее при этом изменение свойств гемоглобина позволяет обратить внимание на связь между биопотенциалами, КОС тканей и их функциями [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубунин А.В., Иржак Л.И., Сафронов В.В., Таюрский В.И. Эритроциты и гемоглобин человека и животных после облучения крови ультрафиолетовым светом //Труды Коми научного центра УрО АН СССР. N 115. 1990. С. 89-97.
2. Васильев Л.Л., Чижевский А.Л. Гипотеза органического электрообмена. //Труды центральной научно-исследовательской лаборатории ионификации. Т. 1. Воронеж. 1933. С. 219-288.
3. Иржак Л.И., Тюрнин А.В. Влияние хлорида натрия на свойства гемоглобина в эритроците //Физиол. ж. СССР. 1985. Т.71. N.7. С. 867-871.
4. Иржак Л.И., Луппова Л.Г. Сродство к кислороду гемоглобинов человека и крысы после прогревания вне организма //Биологич. науки. 1988. N.6. С. 55-58.
5. Иржак Л.И. Действие растворов солей и глюкозы на сродство гемоглобина к кислороду у крыс //Физиол. ж. СССР. 1988. Т.74. N.4. С.564-568.
6. Иржак Л.И. Буферные свойства гемоглобина и его сродство к кислороду //Доклады РАН. 1994. Т. 338. N.6. С. 801-803.
7. Иржак Л.И. Очерки физиологии. Ч.1. Гемоглобин и эритроциты. Дыхательная функция и буферные свойства. Сыктывкар. СыктГУ. 2005. 134с.
8. Петренко Ю.М., Владимиров Ю.А. Роль поверхностных зарядов в поддержании осмотической резистентности эритроцитов //Гематология и трансфузиология. 1987. N. 10. С. 15-19.
9. Freedman J.C., Hoffman J.F. Hemoglobin charge and membrane potentials in human red blood cells at varying volumes //Proc. Int. Union Physiol.Sci., 27th Int. Congr., Paris. 1977. V.13. P.238.

#### BIOPOTENTIALS AND ACID-BASE HOMEOSTASIS

Irzhak L.I.

State University, Syktyvkar

Many data show close contacts between electric potentials of blood cells and plasma, from one side, and acid-base evidences. from other one. Experimental results are useful for theory and clinical practices.