

работами А. Самойлова⁹); теперь мы знаем, что при возобновлении пульсации возбуждение рождается в волокнах проводящей системы, проводится по желудочку в нормальном направлении и порождает вполне нормальную желудочковую электрограмму. Имея ввиду эти обстоятельства, желудочек останавливался станниусовской лигатурой, компенсировался полученный как и прежде ток покоя и выжидалось возобновление пульсации. В большинстве случаев примерно на 7-ой—10-ой минуте после остановки ток покоя постепенно начинал уменьшаться, пока не появлялось одно, а за ним и другие сокращения желудочка.

Таким образом, мы склонны принять существование тесной связи между отрицательным колебанием тока покоя и появлением сердечных сокращений. Раздражение симпатических волокон в свою очередь изменяет общее состояние сердечной мышцы, которое, сказываясь на уменьшении тока покоя, создает условия, в которых легче всего проявляется автоматизм желудочковой мышцы.

Литература: 1) Prof. A. Samojloff. Zentralbl. f. Physiol. Bd. XXVII Nr 11, 1913. — 2) A. Samojloff. Pflüg. Arch. f. d. g. Physiol. B. 199, H. 6, S. 582, 1923. — 3) W. Einthoven u. A. Rademaker. Ibid. B. 166, S. 109, 1917. — 4) А. Ф. Самойлов. Известия Академии Наук. 1917, стр. 1275. — 5) Schäfer, H. Pflüg. Arch. f. d. g. Physiol. B. 216, H. 4/5, S. 479, 1927. — 6) F. Hoffmann. Ibid. B. 60, S. 139, 1895. — 7) Kräupl, F. Ibid. B. 217, H. 3/4, S. 327, 1927. — 8) A. Samojloff. Ibid. Bd. 155, S. 471. 1914. — 9) A. Samojloff. Ibid. B. 135, 417, 1910.

Из Института физики и биофизики в Москве.

К вопросу о взаимодействии ионов друг на друга в возбудимых тканях. Антагонистическое действие ионов на скорость диффузии гидроксильного иона в желатину.

Проф. В. В. Ефимова.

В своих работах Ж. Лёб показал все громадное значение ионов-антагонистов для нормального течения жизненных процессов. Отдельно взятые соли калия, натрия, кальция, магния, цинка и друг. действуют чрезвычайно ядовито как на животные, так и растительные ткани, взятые же вместе в определенном количественном соотношении, они представляют совершенно необходимую для их жизни среду. С другой стороны, после работ Зёренсена многочисленные исследования показали также и исключительно важную роль в биологических и физиологических процессах водородного и гидроксильного ионов.

В теории нервного возбуждения все эти упомянутые ионы, как известно, занимают первое место; предполагается, что процесс нервного возбуждения начинается с изменения ионного коэффициента, т. е. отношения между возбуждающими и угнетающими ионами.

Несмотря на то, что давно было известно о совместном нахождении всех этих ионов в возбудимых тканях и их роли в процессе возбуждения, их физико-химическое влияние друг на друга мало пока изучено. Между тем, очевидно, без такого знания их взаимоотношения друг к другу нельзя построить теории нервного возбуждения, понять специфическую организацию физико-химических явлений, имеющих место при раздра-

жении возбудимых тканей. На пути к такому пониманию в предыдущих работах ¹⁾ автором была измерена абсолютная скорость движения водородного и гидроксильного ионов в желатине и в веществе нерва; было также показано ²⁾, на основе экспериментальных данных, что гидроксильный ион во время раздражения электрическим током проходит расстояние, равное только длине белковой молекулы. Другие ионы, присутствующие в нерве, как Na, K, Ca и Mg, движутся, конечно, с еще большей медленностью. При совместном движении, под действием электрического тока, все эти ионы каким-то образом влияют друг на друга.

В настоящей работе взят наиболее простой случай их взаимодействия, влияние ионов антагонистов Na, K, Ca, Mg и др. на скорость диффузии OH-иона в студне желатины.

Методика исследования была очень проста: готовилась 5% желатина, окрашенная индикатором нейтральротом в розовый цвет (продажная желатина обычно слегка кисла); к желатине прибавлялась соль катиона или аниона, затем она насыщалась в стеклянные трубки, длиной в 10 см. и диаметром в 4 мм. После образования студня желатины трубки опускались в $\frac{1}{100}$ NaOH; гидроксильный ион, входя в желатину, изменял ее розовую окраску в желтую; по резкой и ясной границе между розовой и желтой окрасками можно было с точностью до 1 мм. измерить длину расстояния, пройденную в желатине диффундирующим OH-ионом.

Все опыты показали резкое антагонистическое действие катионов на скорость диффузии OH-иона в желатину. Как показывает таблица № 1 одного из опытов.

Катионы $\frac{1}{10}$ н.

Таблица № 1.

Расстояние, пройденное OH-ионом за 24 ч.

Контрольная желатина (без прибавлений)	33 мм.
+ NaCl	35 »
+ KCl	37 »
+ CaCl ₂	31 »
+ MgCl ₂	23 »

— ионы, возбуждающие N и K, увеличивают скорость диффузии, ионы, угнетающие Ca и Mg, наоборот, замедляют диффузию OH-иона; надо заметить, что другие одновалентные катионы, как Li, NH₄ также ускоряют, трехвалентное железо же сильнее замедляет, чем Mg. Действие Ca не резко выражено, но Mg и Fe чрезвычайно ясно и постоянно.

С увеличением концентрации действие усиливается, но не прямо пропорционально ей, что видно из таблицы № 2.

Таблица № 2.

Влияние возрастающей концентрации MgCl₂ на диффузию OH-иона.

25 см. 5% желатины — (контроль) = 40 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 0,01 гр = 40 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 0,03 гр = 37 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 0,05 гр = 36 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 0,20 гр = 31 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 0,50 гр = 25 мм.	
» » » » + MgCl ₂ 1,00 гр = 21 мм.	

¹⁾ W. W. Efim off. Ueber die Bewegung d. Ionen in Gelatinegallerten und in d. Nervensubstanz I. II und III Mitteilungen. Biochemische Zeitsch. B. 219. 1930.

²⁾ W. W. Efim off. IV Mitteilung. Zur Frage der Dicke und Natur der halbdurchlässigen Membranen. Bloch. Z. B. 226, 1930.

Прибавление анионов не показывает антагонистического действия (табл. № 3).

Таблица № 3.

Действие анионов на скорость диффузии OH-ионов в желатину.

Анионы $\left(\frac{n}{10}\right)$, прибав- ленные к желатине	Пройденные OH-ионом расстояния в желатину
5% желатина (контроль)	40 мм.
+ NaCl	41 »
+ NaBr	42 »
+ Na ₂ SO ₃	40 »
+ NaClO ₃	43 »
щелочной фосфат	30 »
кислый фосфат	22 »
+ NaHCO ₃	28 »

Таблица показывает, что сильно действуют фосфаты и карбонаты; небольшие же—в 1—3 миллиметра—ускорения от NaCl, NaBr и NaClO₃ происходят, очевидно, от катиона Na.

Два антагониста катиона Na и Mg, прибавленные к желатине, оказывают одновременно антагонистическое действие.

10 куб. см. 5% желатины (контроль) = 58 мм.

+ Mg 0,05 гр. = 47 мм.

+ Na 0,3 гр. + Mg 0,05 гр. = 56 мм.

Замечательно, что количественные отношения натрия к магнию близко подходят к отношению, имеющемуся в жидкости Вант-Гоффа, Тирода.

Можно предполагать, что найденное действие катионов и анионов на OH-ион играет и физиологическую роль, и дает возможность глубже проникнуть в сложные движения ионов в процессе возбуждения.

Выводы. Экспериментально показано, что одновалентные ускоряют, а двух- и трехвалентные катионы замедляют скорость диффузии OH-иона в желатину; анионы—фосфата и углекислый замедляют скорость диффузии.

Aus dem Institut für Physik und Biophysik, Moskau.

Zur Frage nach der gegenseitigen Beeinflussung den Ionen in erregbaren Geweben. Antagonistischer Einfluss von Ionen auf die Diffusionsgeschwindigkeit der Hydroxylionen in Gelatine. Von W. W. Efimow. Es wurde der Einfluss der Kationen Na, K, Ca, Mg, Fe, und der Anionen Cl, Br, SO₂, ClO₃, H₂PO₄, PO₄, und HCO₃ auf die Diffusionsgeschwindigkeit der OH-Ionen in 5% Gelatinegallerten untersucht. Die einwertigen Kationen beschleunigen die Diffusion, die zwei- und dreiwertigen Kationen und die Phosphat- und Carbonatanionen verzögern. Steigerung der Konzentration hat eine Verstärkung des Einflusses zur Folge. Bei geeigneten Konzentrationsverhältnissen können sich die Wirkungen der beschleunigenden und der verzögernden Ionen gegenseitig neutralisieren.