

УДК 577.3

ФИЗИОЛОГИЯ

К. В. Катарян

**Влияние ионов натрия и хлора на потенциал покоя гладкомышечных  
 клеток желудка лягушки**

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакувцем 5/IV 1971)

Экспериментально установлено, что мембраны гладкомышечных клеток (ГМК) обладают заметной проницаемостью для ионов калия (<sup>1</sup>). В отношении же ионов натрия и хлора мембраны этих клеток отличаются по своим электрохимическим свойствам от мембран нервных и поперечнополосатых мышечных волокон (<sup>2-4</sup>). Внутриклеточным микроэлектродным отведением был зарегистрирован мембранный потенциал ГМК *taenia coli* в пределах 60 мв (<sup>5,6</sup>). Сравнением данного потенциала с калиевым (74—76 мв) и хлорным (65 мв) равновесными, вычисленными по уравнению Нернста, показано, что он несколько отличается от  $E_{Cl}$  но близок к  $E_{Cl}$ . Это указывает на достаточно высокую проницаемость данного объекта к ионам хлора.

Существенно отличается также соотношение проницаемостей ионов калия и натрия ГМК от нервных и поперечнополосатых мышечных волокон. Если у указанных двух видов волокон  $P_{Na}$  много меньше  $P_K$ , то у *taenia coli*  $P_{Na} \approx P_K = 0,09$  (<sup>7</sup>). Об этом свидетельствуют также опыты с применением изотопного метода (<sup>8</sup>).

В данной работе изложены эксперименты по влиянию ионов хлора и натрия на величину потенциала покоя (ПП) ГМК для малоизученного с этой точки зрения объекта — желудка лягушки.

Эксперименты проводились на полосках кольцевых гладких мышц с применением метода «сахарозного мостика» (<sup>8</sup>) для отведения мембранных потенциалов (МП). Величины последних регистрировались с помощью рН-метра (ЛПУ-01), работающего в режиме милливольтметра. Записи велись на самопишущем потенциометре типа ЭПП-09. Все экспериментальные растворы были приготовлены на основе хлорных растворов Рингера следующего состава:  $K^+$  2,5,  $Na^+$  117,4,  $Ca^{2+}$  1,8,  $HCO_3^-$  2,4,  $Cl^-$  121,1. Тоничность экспериментальных растворов оставалась постоянной.

В опытах ряда авторов внутриклеточным отведением было зарегистрировано падение мембранного потенциала на 28 мВ при десятикратном изменении концентрации ионов калия в наружной среде (<sup>26</sup>). Указанная величина в два раза меньше термодинамического наклона. Это обстоятельство, видимо, можно объяснить определенным влиянием ионов хлора на величину ПП.

Проведенные нами исследования осуществлялись как при наличии ионов хлора в тестирующих растворах, так и с заменой указанных ионов на малопроницаемые анионы  $\text{SO}_4^{2-}$ . В обоих случаях концентрация ионов калия во внешней среде изменялась в пределах 10–100 мг-ион/л при постоянной сумме концентраций ионов калия и натрия.

В сульфатных растворах регистрируемые величины потенциалов оказались в линейной зависимости от концентрации ионов калия в наружной среде (рис. 1, кривая 1). При этом десятикратное увеличение концентрации ионов калия приводит к уменьшению МП на 17 мВ.

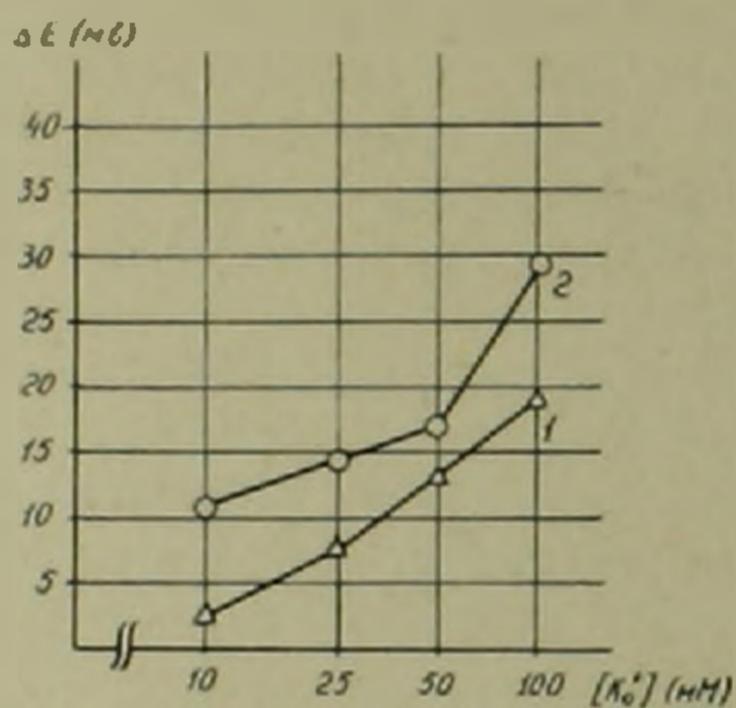


Рис. 1. Зависимость потенциала покоя от концентрации ионов калия в тестирующих растворах.  $\Delta$  — сульфатные растворы;  $\circ$  — хлорные растворы

Замена аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  на ионы хлора приводит к гиперполяризации мембраны ГМК (рис. 1, кривая 2). Полученный результат дает основание предполагать, что для ГМК хлорный потенциал больше калиевого равновесного потенциала. При этом кривая 1 представляет собой линейную зависимость потенциала от концентрации ионов калия во внешней среде, при замене же ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  на более проницаемые анионы хлора (рис. 1, кривая 2) наблюдается нелинейная зависимость. Отклонение от линейности, видимо, обусловлено суммарным влиянием ионов калия и хлора в наружной среде на величину МП.

Поскольку в наших экспериментах применялись растворы с достаточно высокой концентрацией ионов натрия, не исключено их влияние на величину ПП. Исходя из этого были определены зависимости мембранных потенциалов от концентраций ионов калия во внешней среде как в условиях высокого, так и минимального содержания натрия. В этих экс-

периментах применялись только сульфатные растворы с целью исключения влияния ионов хлора на величину ПП.

Сравнение кривых 1 и 2 (рис. 2) свидетельствует о заметном влиянии ионов натрия на величину ПП. Если в условиях высокой концентрации этих ионов (76,4 мМ) во внешней среде наклон зависимости на десятикратное изменение содержания ионов калия равен 16 мв (рис. 2, кривая 1), то при уменьшении внеклеточного натрия до 2,4 мМ он возрастает до 36 мв (рис. 2, кривая 2). Эта величина, как видим, близка к максимальному наклону зависимости, полученному при полном удалении ионов натрия—44 мв (4). Как видно из рис. 2, обе кривые все больше расходятся по мере увеличения концентрации ионов калия во внешней среде (разность между наклонами обеих кривых достигает 20 мв). Это, как нам кажется, можно объяснить уменьшением влияния ионов натрия

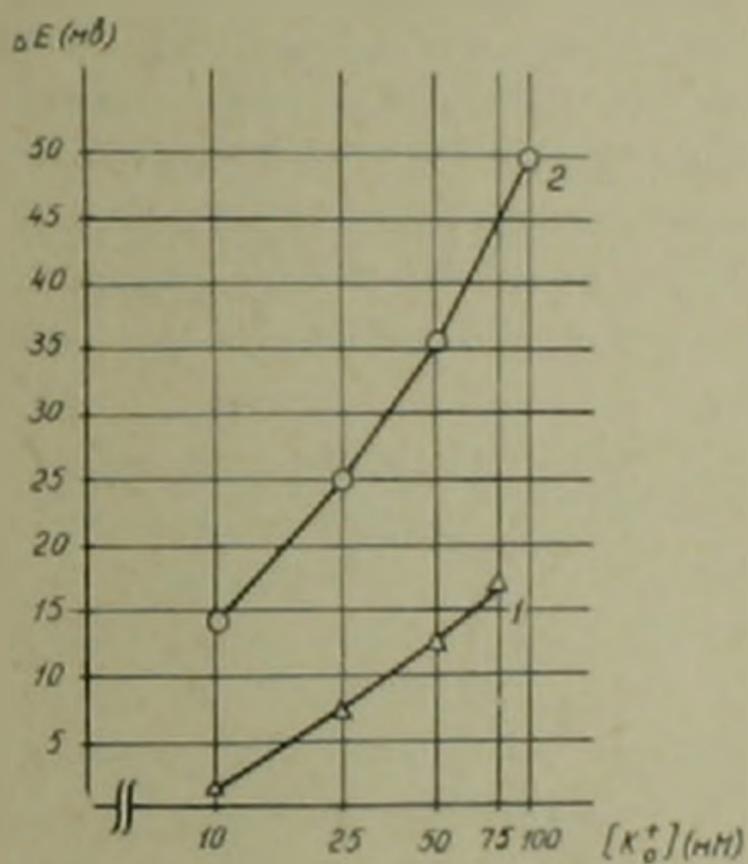


Рис. 2. Зависимость потенциала покоя от концентрации ионов калия в тестирующих растворах с разным натриевым содержанием.  $\Delta$ —концентрация ионов натрия 76,4 мМ,  $\circ$ —концентрация ионов натрия—2,4 мМ

в области высоких концентраций калия. К подобному же заключению приводит сравнение кривых 2 (рис. 1, и 2). Если в области низких концентраций ионов калия потенциалы регистрировались примерно в одинаковых растворах, то по мере перехода в область высокой концентрации ионов калия в силу соответствующего понижения содержания натрия условия опытов отличаются. Несмотря на это в обоих случаях регистрируются примерно одинаковые потенциалы. Это свидетельствует о малом вкладе ионов натрия в генерируемый мембранный потенциал в области высоких концентраций ионов калия.

Обобщая вышеприведенные результаты, можно констатировать, что замена малопроницаемых анионов  $SO_4^{2-}$  на ионы  $Cl^-$  приводит к гиперполяризации мембраны ГМК желудка лягушки и что относительная проницаемость для ионов натрия ( $P_{Na}/P_K$ ) оказалась достаточно высокой для данного объекта.

Таким образом, мембраны ГМК по своим электрохимическим свойствам существенно отличаются от мембран нервных и поперечнополосатых мышечных волокон, так как обладают менее выраженной избирательностью к одновалентным ионам.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели  
Академии наук Армянской ССР

Ե. Վ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

Նատրիումի և էլոբի իոնների ազդեցությունը գորտի ստամոքսի  
հարթ մկանային բջիջների հանգստի պոտենցիալի վրա

Փորձնական եզանակով պարզված է, որ հարթ մկանային բջիջների թաղանթները (ՇՄԹ) ցուցաբերում են զգալի թափանցելիություն կալիումի իոնների հանդեպ: Նատրիումի և էլոբի նկատմամբ նշված բջիջների թաղանթները տարրերվում են իրենց էլեկտրաբիմիական հատկությամբ: Այդ կապակցությամբ կատարված են մի շարք փորձեր ի հայտ բերելու համար գորտի ստամոքսի ՇՄԹ հանգստի պոտենցիալների մեծությունը՝ օգտագործելով սախարոզային կամրջակի մեթոդը:

Կատարված փորձերի արդյունքները ցույց են տվել, որ թույլ թափանցող  $\text{SO}_4^{2-}$  անիոնի փոխարինումը  $\text{Cl}^-$  իոնով բերում է գորտի ստամոքսի ՇՄԹ թաղանթների հիպերպոլյարիզացիայի և որ նատրիումի համար հարաբերական թափանցելիությունը ( $\text{PNa}/\text{Pk}$ ) րավականին բարձր է սվյայ օրյեկտի համար: Այսպիսով պարզարանվել է, որ ՇՄԹ թաղանթներն իրենց էլեկտրաբիմիական հատկությամբ զգալիորեն տարրերվում են նյարդային և ընդլայնական շերտավոր մկանային թելիկներից, ունենալով ավելի քիչ արտահայտված ընտրողականություն միավալենտ իոնների հանդեպ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Կ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Վ Ե Լ Ե Ը

- <sup>1</sup> Կ. Կ. Կազարյան, Ս. Մ. Մարտիրոսով, ДАН АН Арм. ССР, т. 52, № 2 (1971).  
<sup>2</sup> G. Burnstock, R. W. Straub, J. Physiol., 140, 156 (1958). <sup>3</sup> B. Buck, P. Goodford, J. Physiol., 183, 551 (1966). <sup>4</sup> H. Kurijama, J. Physiol., 166, 15 (1963). <sup>5</sup> E. Bulbring, J. Physiol., 125, 302—315 (1954). <sup>6</sup> M. E. Holman, J. Physiol., 141, 464—488 (1958).  
<sup>7</sup> Լ. Մ. Չայլախյան, «Биологический журнал Армении», 23, 5, 1970. <sup>8</sup> Гуцик, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 12, 120—122, 1966.