

УДК 612.73+612.171

ФИЗИОЛОГИЯ

К. В. Казарян, А. С. Тираян

Влияние работы натриевого насоса на спонтанную биоэлектрическую активность гладкомышечных клеток *taenia coli* морской свинки

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакуицем 8/XII 1981)

Экспериментально установлена электрогенность натриевого насоса клеток гладкой мускулатуры *taenia coli* морской свинки (^{1,2}). Хотя роль натриевого насоса в генерации мембранного потенциала скелетных мышц и нервных волокон определена с большой достоверностью (^{3,4}), сравнительно мало работ посвящено изучению этого вопроса для гладких мышц.

Клетки *taenia coli* морской свинки, как известно (^{5,6}), характеризуются спонтанной активностью, состоящей из спайковых и медленноволновых изменений мембранного потенциала. Изучение участия насоса в генерации сложных изменений мембранного потенциала требует определенных условий, наиболее четко выявляющих электрогенность насоса, — удаления ионов калия из наружной среды, добавления оубаина в среду и т. п. Исходя из этого в настоящей работе были предприняты попытки изучить влияние натриевого насоса на спонтанную электрическую активность гладкомышечных клеток (ГМК) *taenia coli* в указанных выше условиях. Учитывая малонизбирательность мембран ГМК, исследовали также специфичность натриевого насоса к ионам лития.

Опыты проводили на изолированных полосках *taenia coli* морской свинки. Толщина препаратов была около 0,5 мм, а длина 10—15 мм. Изолированные препараты выдерживали в нормальном растворе Кребса при температуре 36—37° в течение 0,5 ч, после чего помещали в соответствующие камеры „сахарозного мостика“, сконструированного по Бергеру и Барру (⁷).

Через все отсеки сахарозной камеры с постоянной скоростью протекали растворы. Нормальный раствор Кребса, протекающий через средний отсек, имел следующий состав: NaCl—120,4; KCl—5,9; NaHCO₃—15,5; MgCl₂—1,2; NaH₂PO₄—1,2; глюкоза—1,5; CaCl₂—2,5 мм на 1 литр дистиллированной воды. В бескальциевом растворе KCl замещен на NaCl, в растворе же с литием NaCl замещен на LiCl. Растворы сахарозы и хлористого калия были изотоничны нормальному раствору Кребса. Все тестируемые растворы поддерживались при постоянной температуре около 36°.

Мембранные потенциалы отводили хлорсеребряными электродами.

В растворе Кребса была зарегистрирована типичная спайковая электрическая активность (рис. 1, 1). На рисунке разряды импульсов

имеют частоту 0,9 имп/сек и амплитуду 1,8 мв. Приведенная характеристическая кривая находится в согласии с данными литературы (3,6) и свидетельствует о сложной картине электрической активности, генерируемой на фоне медленных изменений мембранного потенциала.

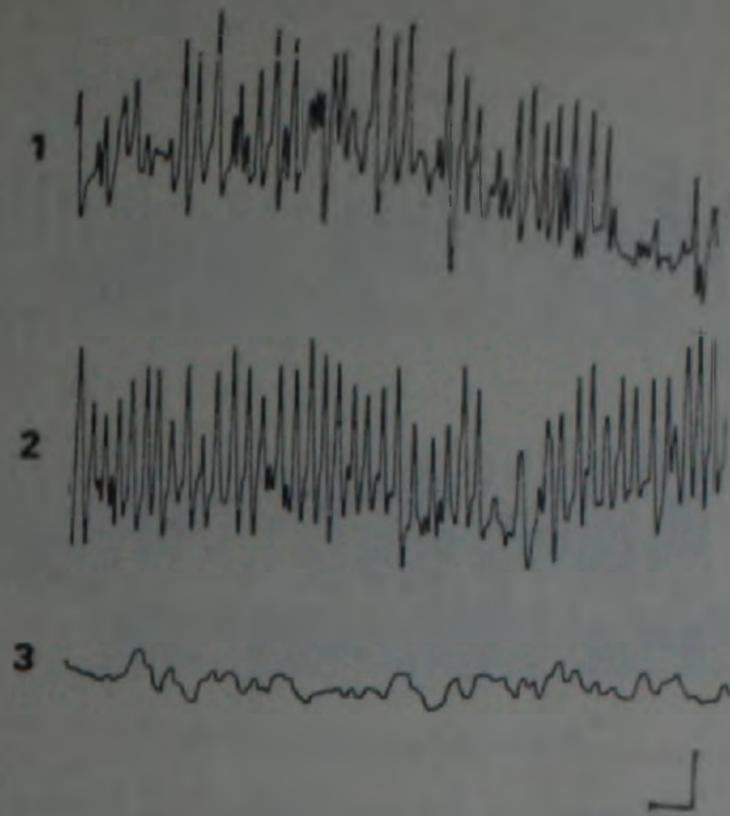


Рис. 1. Спонтанная биоэлектрическая активность *taenia coli* морской свинки при удалении ионов К в наружной среде: 1—нормальный раствор Кребса; 2—бескальневый раствор; 3—нормальный раствор Кребса. Калибровка: 1 мв, 10 сек

При удалении ионов калия из наружной среды сразу же меняется активность мышц во всех исследуемых препаратах и наблюдается увеличение частоты разрядов (рис. 1, 2). Если в растворе Кребса наблюдались изменения мембранного потенциала с менее регулярными разрядами импульсов, то в бескальневом растворе активность становится более четкой и ритмичной с амплитудой 2,3 мв, к тому же генерируется на относительно стабильном фоне. После переключения же бескальневого раствора на раствор Кребса сразу имело место полное исчезновение активности, которая, как правило, восстанавливалась через 40 мин (рис. 1, 3).

Учитывая наличие электрогенного насоса в *taenia coli*, данный результат можно объяснить блокированием работы насоса при переносе мышц в бескальневый раствор и в связи с этим деполяризацией мембраны. Удаление ионов К из внешней среды, как известно, угнетает активный выход ионов Na из клетки и способствует его пассивному входу.

На основании результатов ряда авторов (8,9), указывающих на быстрый обмен Na^+ , мы вправе предполагать, что через 40 мин клетки, достаточно обогащенные ионами Na, при добавлении в среду K^+ должны резко гиперполяризоваться в течение определенного времени и стать невозбудимыми. В пользу этого свидетельствуют также данные Бюльбринг с соавторами (10,11), которые показали торможение активности в *taenia coli* при повышении интенсивности тканевого обмена, влекущем за собой гиперполяризацию мембраны.

В наших опытах возвращение электрической активности к нормальной наблюдалось через 40—50 мин, т. е. в результате восстановления обычного режима работы насоса, ответственного, по-видимому,

за колебания мембранного потенциала. Это достаточно четко было показано для ГМК двенадцатиперстной кишки (¹²).

Добавление оубаина ($10^{-5}M$) вызывало эффект, подобный тому, который представлен на рис. 1, 2, и при этом частота спайковых разрядов становилась больше (рис. 2, 2). Если при нормальной элек-

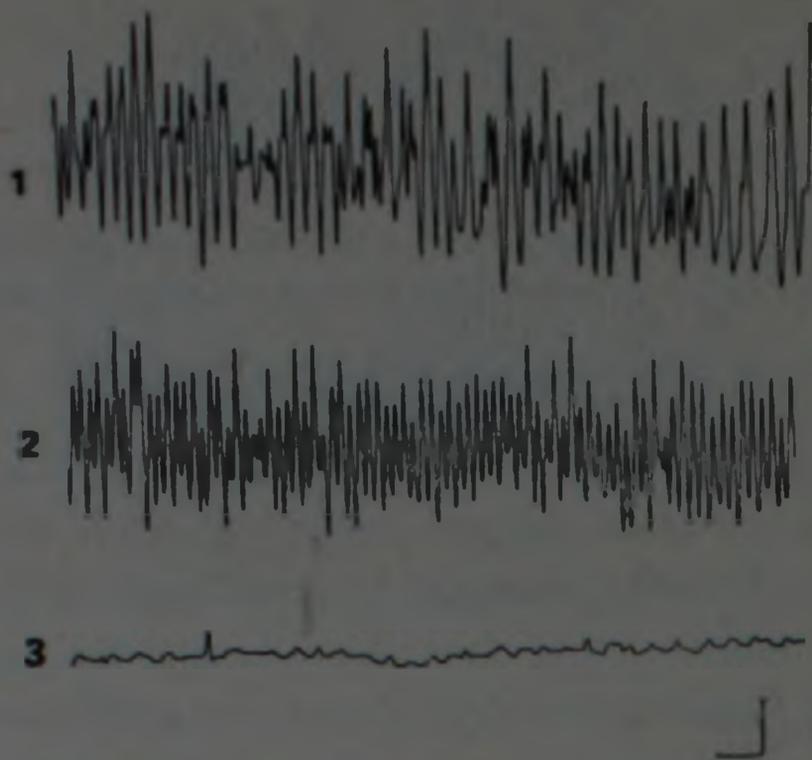


Рис. 2. Действие оубаина на спонтанную активность: 1—нормальный раствор Кребса; 2—добавление оубаина в раствор Кребса; 3—нормальный раствор Кребса. Калибровка: 1 мв, 10 сек.

трической активности в растворе Кребса наблюдалось постепенное нарастание амплитуд пиков до полного потенциала действия, то в растворе с оубаином активность мышц представляет собой лишь четкие потенциалы действия, со средней амплитудой 1,8 мв.

Подобное действие бескалиевого раствора и раствора Кребса с оубаином подтверждает наличие электрогенной помпы в ГМК *taenia coli*, что, возможно, является одной из причин нестабильного мембранного потенциала, на фоне которого генерируются потенциалы действия.

Ионы лития, как известно, являются удобным заменителем ионов Na для импульсных разрядов нейронов (¹³). Они, имея меньший кристаллический радиус, чем ионы Na, свободно перемещаются по натриевым каналам. Аналогичная роль ионов Li для поддержания электрической активности ГМК *taenia coli* морской свинки была выявлена при замене NaCl на LiCl в наружном растворе. Как видно из рис. 3, во всех исследуемых препаратах электрическая активность становится более четкой и регулярной, что можно объяснить внезапной деполяризацией мембраны.

Данный эффект более наглядно проявляется для полосок с высокой частотой спонтанной активности. Если в течение 15—20 мин после замены NaCl на LiCl чувствуются периодические изменения фонового потенциала (рис. 3, 2), то через 20—25 мин спайки генерируются на более стабильном фоне (рис. 3, 3) и остаются постоянными по величине (1,3 мв), меньшей по сравнению с раствором Кребса.

При замене в наружной среде Na на Li спонтанно активные мышцы, подобные *taenia coli*, накапливают ионы Li. Согласно данным

Кастилса и соавторов (14) минут через тридцать в указанных условиях практически в мышцах отсутствуют ионы Na. В наших же опытах в течение этого промежутка времени наблюдалось постепенное исчезновение флюктуаций мембранного потенциала. Учитывая это обстоятельство, а также связывая флюктуации фонового потенциала с работой насоса, полученные нами данные могут служить доказатель-

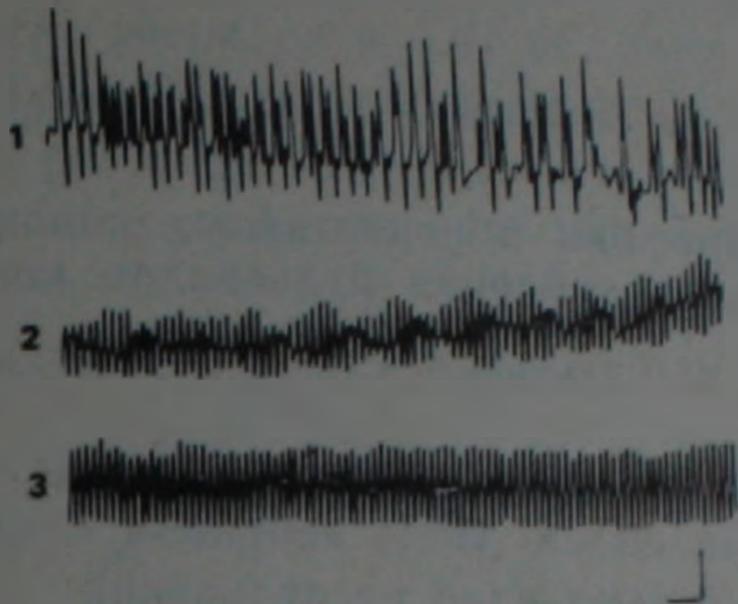


Рис. 3. Влияние ионов Li на спонтанную активность: 1—нормальный раствор Кребса; 2—литиевый раствор через 15—20 мин; 3—литиевый раствор через 20—25 мин
Калибровка: 1 мв, 10 сек

ством специфичности насоса к ионам Na, как это было показано для поперечнополосатых мышц (13).

Таким образом, изложенные выше данные подтверждают допущение об участии насоса в генерации спонтанной активности ГМК *taenia coli* морской свинки.

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

Ք. Վ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ա. Ս. ՏԻՐԱՅԱՆ

Նատրիումական պոմպի ազդեցությունը ծովախոզուկների հաստ աղիքի հարթ մկանների ինֆնարուխ ակտիվության գեներացիայի վրա

Սախարոզային կամրջակի մեթոդով ուսումնասիրվել է նատրիումական պոմպի ազդեցությունը ծովախոզուկների հաստ աղիքի հարթ մկանների մեկուսացված պրեպարատների ինֆնարուխ էլեկտրական ակտիվության վրա: Ստացված տվյալները հաստատում են պոմպի հնարավոր մասնակցությունը ինֆնարուխ էլեկտրական ակտիվության առաջացման պրոցեսում: Ցույց է տրված նաև պոմպի սպեցիֆիկությունը նատրիումի իոնների նկատմամբ, ինչպես այդ հաստատված է միջաձիգ-զոլավոր մկանների մոտ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ R. Casteels, G. Droogmans, H. Hendricks, J. Physiol., vol. 217, № 2 (1971).
² T. Tomita, T. Jamamoto, J. Physiol., vol. 212, № 3 (1971). ³ R. P. Kernan, Nature, vol. 193 (1962). ⁴ G. A. Kerkut, R. C. Thomas, Comp. Biochem. Physiol., vol. 14 (1965). ⁵ E. Bülbiring, G. Burnstock, M. E. Holman, J. Physiol., vol. 142, № 2 (1958).
⁶ M. E. Holman, J. Physiol., vol. 141, № 2 (1958). ⁷ W. Berger, L. Barr, J. Appl. Physiol., vol. 26, № 3 (1969). ⁸ P. J. Goodford, K. Hermansen, J. Physiol. vol. 158, № 2 (1961). ⁹ R. P. Durbin, R. R. Monson, Federation Proc., vol. 20, № 1 (1961).
¹⁰ J. Axelsson, E. Bueding, E. Bülbiring, J. Physiol. vol. 156, № 2 (1961). ¹¹ J. Axelsson, E. Bülbiring, J. Physiol. vol. 156, № 2 (1961). ¹² J. A. Connor, C. J. Prosser, W. A. Weems, J. Physiol., vol. 240, № 3, (1974). ¹³ R. P. Kernan, In: Membranes and Ion transport, vol. 1, 1970. ¹⁴ R. Casteels, G. Droogmans, H. Hendricks, J. Physiol., vol. 228, № 3 (1973).