

**Спонтанная электрическая активность области
соединения мочеточника с мочевым пузырем:
сравнительный анализ характеристик
для кошек и крыс
(сообщение 1)**

Л.Г.Симонян

*Лаборатория физиологии гладкой мускулатуры
Института физиологии им. Л.А.Орбели НАН РА
0028, Ереван, ул. Бр. Орбели, 22*

Ключевые слова: пейсмекерная активность, медленноволновые колебания мембранного потенциала, потенциал действия, околопочечная зона, околопузырная зона

Согласно электрофизиологическому анализу верхних мочевыводящих путей, возбудительные волны гладкомышечной ткани мочеточника зарождаются в дистальной части почечной лоханки и пиелоретеральном соустье в виде медленноволновых колебаний мембранного потенциала, переходящих впоследствии в спайковую активность [1,10,12]. Последующее исследование отдельных областей мочеточника, отличных от околопочечной зоны, выявило ритмоводители и в остальных частях органа. Из всего спектра обнаруженных пейсмекеров наибольшей частотой после основного околопочечного ритмоводителя характеризуется автоматизм с собственным ритмом, расположенный в околопузырной зоне [2,6]. Ранние исследования [9] свидетельствуют, что наличие градиента частот пейсмекеров, расположенных вдоль мочеточника, и определяет перистальтическую деятельность органа.

Топографическое изучение области мочеточника, приграничной к мочевому пузырю как у кошек, так и у крыс, позволило выявить автоматизм не только в виде потенциалов действия, но и медленноволновые колебания мембранного потенциала [3,5].

Ранее для мочеточника кошки наряду с электрофизиологическими в морфологических исследованиях была подтверждена локализация пейсмекерных клеток и в околопузырной области.

Настоящая работа посвящена проведению сравнительного анализа частотных и амплитудных характеристик обоих типов пейсмекерной активности дистальной зоны мочеточника у кошек и крыс. В работе

сделана также попытка сопоставить морфологические картины, выявляющие ритмогенные образования исследуемой области у этих животных.

Материал и методы

Опыты проводили на взрослых кошках массой 3 – 4 кг и крысах массой 300 – 350 г, наркотизированных нембуталом (50 – 55 мг/кг) внутривенно в условиях *in situ*. Мочеточник денервировали путем перерезки корешков чревного и тазового нервов [1,3,5]. Спайковые разряды из околопочечного, среднего и околопузырного участков органа отводили биполярными электродами. Медленноволновую активность околопузырной зоны регистрировали введением шарикового электрода через мочевой пузырь в область соединения мочеточника с мочевым пузырем.

Биоэлектрическую активность мочеточника регистрировали на 8-канальном электроэнцефалографе (EEG 8 S, Венгрия).

Для изучения морфофункционального состояния клеточных структур мочеточника нами выбран гистохимический метод, основанный на выявлении клеточных ортофосфатов с учетом закономерности концентрационного взаимоотношения по А.М.Чилингаряну [8]. Метод отличается избирательностью и постоянной воспроизводимостью морфологической картины. Кроме того, он дает возможность судить о состоянии обмена веществ как в норме, так и при патологии [7]. Материал для морфогенетических исследований брали из разных отделов мочеточника. После формалиновой фиксации из кусочков мочеточника готовили замороженные срезы толщиной 40 – 50 мкм, которые инкубировали в свинцовых смесях, приготовленных с учетом концентрационного взаимоотношения [7]. В данной серии экспериментов стандартным являлся 0,002-молярный раствор ацетата свинца. В смесях использовали также 1-молярный ацетатный буфер с рН 5.6 в количестве 18-20 мл. Срезы инкубировали в термостате при 37°C, после чего следовало сульфидное выявление преципитатов, образованных в клеточных структурах стенки мочеточника. Окрашенные препараты заключали в бальзам.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 схематически показаны все области, из которых регистрировалась спонтанная активность мочеточника крысы с представленными типами активностей.

Как известно, частота околопочечного электрического автоматизма (рис.1, обл. 1) у крыс соответствует 20–22 колеб./мин, $n=14$ [3]. Потенциалы действия, возникающие впоследствии на фоне

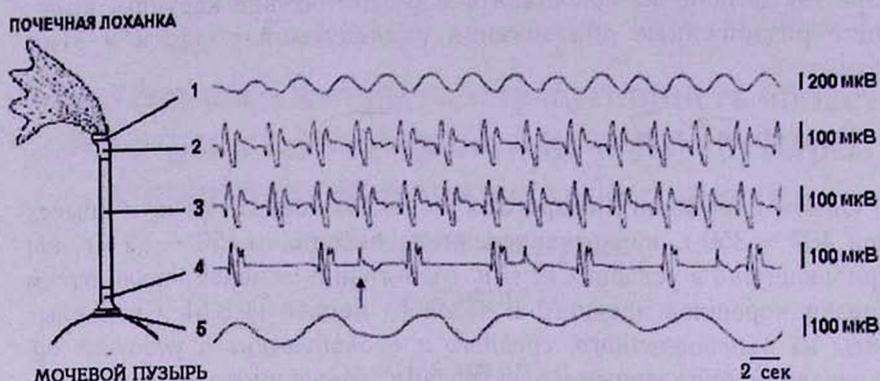


Рис. 1. Схематическое изображение мочеточника с представленными типами активностей, зарегистрированных из соответствующих областей: 1 — медленноволновая активность области пиелoureтерального соустья; 2 — спайковая активность области, непосредственно прилегающей к пиелoureтеральному соустью; 3 — спайковая активность средней области мочеточника; 4 — спайковая активность зоны, непосредственно прилегающей к соустью соединения мочеточника с мочевым пузырем; 5 — медленноволновая активность соустья соединения мочеточника с мочевым пузырем

медленных волн (рис. 1, обл. 2), при нормальной проводимости способны распространяться до самого мочевого пузыря. Исследование электрических ритмогенных свойств мочеточника крысы выявило собственный спайковый автоматизм на фоне проходящих из основного ритмоводителя спайков в непосредственной близости от мочевого пузыря (рис. 1, обл. 4, показано стрелкой). Вместе с тем введение электрода непосредственно в область соединения мочеточника с мочевым пузырем (рис. 1, обл. 5) позволило зарегистрировать автономные медленноволновые колебания мембранного потенциала. Необходимо отметить, что данный колебательный процесс нам удастся наблюдать в 55 – 60 % случаев, в отличие от кошек, у которых эта величина может регистрироваться в 65% случаев [5]. В то же время ритмогенез этих волн у крыс несколько чаще (10 – 12,8 колеб./мин, $n=13$) сравнительно с кошками (7,3 – 8,5 колеб./мин, $n=12$) [5].

В следующей серии экспериментов проводился анализ частотных характеристик спайковой пейсмекерной активности двух крайних зон мочеточника кошек и крыс.

На рис. 2 показан также спайковый ритм околопочечного пейсмекера, генерирующего волны максимальной частоты. Как видно из представленных гистограмм, у кошек спайковая активность околопузырного пейсмекера (рис. 2 б, темные столбики) почти вдвое меньше такового околопочечного основного ритмоводителя. У крыс этот показатель (рис. 2 б, светлые столбики) более чем в 3 раза меньше частоты верх-

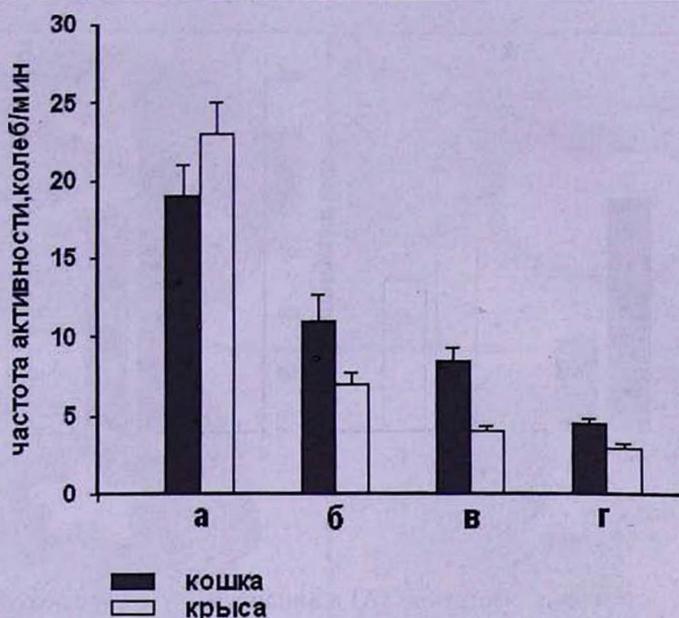


Рис. 2. Характеристики частоты спайкового ритмогенеза околопочечной и околопузырной областей мочеточника кошки и крысы:

а – частота ритмогенеза околопочечного пейсмекера; б, в – частота ритмогенеза пейсмекера околопузырной области при отсутствии проходящих разрядов и их наличии соответственно; г – частота ритмогенеза пейсмекера околопузырной области, создающего антиперистальтически направленную волну

него пейсмекера. Вместе с тем электрические разряды, достигающие этой области (рис.2 в), значительно уменьшают частоту околопузырной активности, несколько нарушая ритмичность генерации спайков. Однако возможно также исчезновение собственного ритма при распространении проходящих спайков из вышерасположенного пейсмекера. Наименьшей частотой из всех представленных областей характеризуется ритмогенез околопузырной зоны при возникновении антиперистальтически распространяющихся разрядов спайка (рис. 2 г).

Таким образом, вышеописанная серия экспериментов позволяет заключить, что крысы характеризуются высоким уровнем спайкового автоматизма как околопочечной зоны, так и дистального отдела мочеточника сравнительно с таковой у кошек. Более того, функционирование исследуемого околопузырного пейсмекера находится под влиянием ритмогенеза околопочечного участка.

В работе проведен также сравнительный анализ частотных и амплитудных показателей медленноволновой активности крайних областей мочеточника для кошек и крыс.

Из приведенной на рис. 3 А гистограммы видно, что ритмика медленных пейсмекерных колебаний околопочечной зоны значительно превосходит таковые для околопузырного отдела мочеточника у тех и

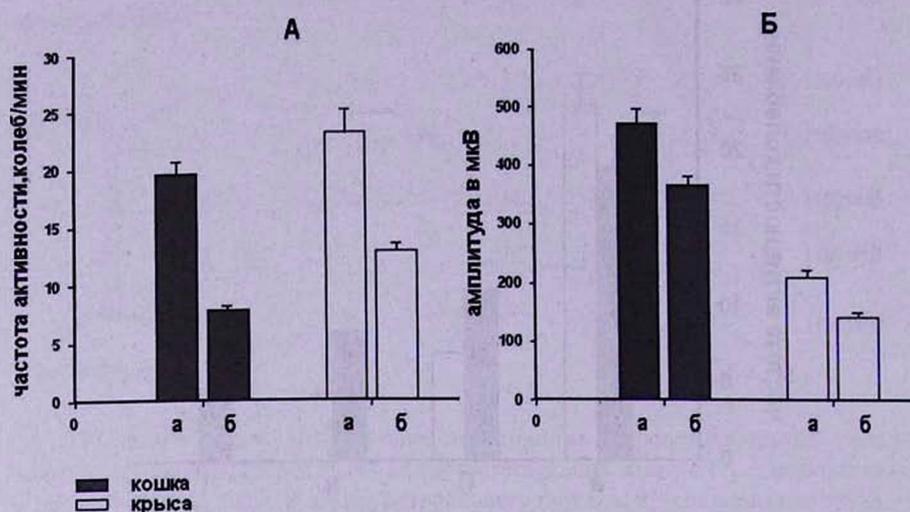


Рис. 3. Сравнение частотных (А) и амплитудных (Б) характеристик медленноволновой активности двух крайних областей мочеоточника у кошки и крысы: а–околопочечная область, б–околопузырная область

других животных: для кошек – в 2,3 раза, для крыс – в 1,8 раза. Вместе с тем частота нижней зоны у крыс несколько выше, чем у кошек. Что же касается амплитудных характеристик (рис. 3 Б), то отмечаются более высокие показатели активности у кошек как для верхней области, так и околопузырной (сравни соответственно 450 – 500 мкВ и 350 – 380 мкВ – у кошек и 210 мкВ и 143 мкВ – у крыс).

В следующей серии экспериментов были проведены морфологические исследования с целью подтверждения наличия функционально активной зоны в околопузырной области мочеоточника крысы.

Анализ морфологических данных показал, что на поперечных срезах мочеоточника выявляются клеточные структуры его стенки по все длине. Во всех отделах органа весьма интенсивно и равномерно окрашивается эпителий (рис.4, отдел 2). Довольно ясно можно проследить различия в интенсивности окрашивания мышечной оболочки стенки разных отделов мочеоточника. Интенсивно окрашиваются миогенные структуры вблизи почечной лоханки (рис. 4 А, отдел 3). Местами эти структуры плотно собираются в пучки и создается впечатление диффузно темного окрашивания. Далее по степени интенсивности выявляются миогенные структуры стенки пузырного отдела мочеоточника. Однако в противоположность почечно-лоханочному отделу в данной области миогенные элементы расположены равномерно и нет такой скученности (рис.4 В, отдел 3) аналогично полученным результатам для мочеоточника кошки этой же зоны (рис. 4 Г, отдел 3). В среднем участке мочеоточника миогенные элементы стенки почти не

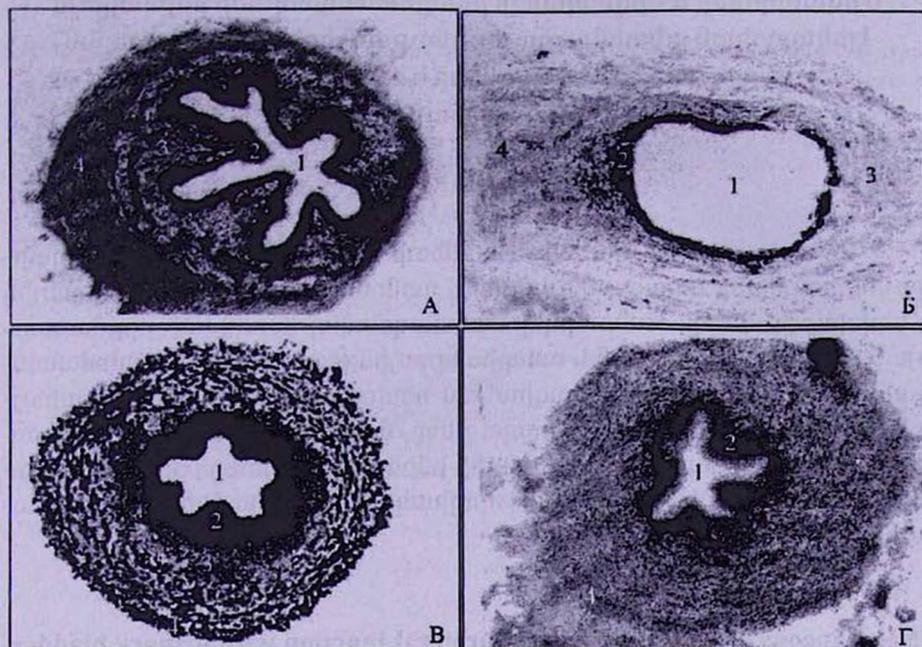


Рис.4. Гистохимическое выявление ортофосфата в структурах стенки мочеоточника кошки и крысы: А – пиелoureтеральное соустье мочеоточника крысы, Б – средняя часть мочеоточника крысы, В, Г – околопузырная область мочеоточника крысы и кошки соответственно: 1 – просвет мочеоточника, 2 – эпителий, 3 – мышечная оболочка, 4 – адвентициальная оболочка. Увел.ок.10, об.2,5

выявляются и степень интенсивности окрашивания значительно слабее (рис. 4 Б, отдел 3). Морфологические исследования, как показано выше, проводились гистохимическим методом выявления ортофосфата, позволяющим проследить малейшие функциональные изменения клеточных структур органа [7]. Выявленные затемненные миогенные структуры, находящиеся в основном в лоханочно-мочеоточниковом и отчасти в околопузырной зонах, благодаря высокому функциональному состоянию обеспечивают автоматизм в гладкомышечной ткани мочеоточника.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что в дистальном отделе мочеоточника крысы при нормальных условиях обнаружены ритмогенные клетки, атипичные по своей природе, подобно таковым в почечной зоне [4,11].

Таким образом, электрофизиологическое выявление ритмогенных областей в дистальной зоне мочеоточника крысы полностью согласуется с морфологическими исследованиями.

Поступила 20.04.10

Միզածորանի և միզապարկի միացման հատվածի ինքնաբուխ էլեկտրական ակտիվությունը. բնութագրերի համեմատական վերլուծություն կատուների և առնետների համար (հաղորդագրություն 1)

Լ.Գ.Սիմոնյան

Հետազոտվել են կատվի և առնետի միզածորանի հարմիզապարկային հատվածի արագ սպայկային և դանդաղալիքային պեյսմեյկերային ակտիվությունները: Կատարվել է հետազոտվող հատվածի ռիթմաձևության հաճախականության և ամպլիտուդային ցուցանիշների համեմատական վերլուծություն: Մորֆոլոգիական հետազոտությունները բացահայտել են մթնեցված մկանային կառույցներ, որոնք ապահովում են միզածորանի հարմիզապարկային հատվածի ինքնավարությունը: Յուրյ է տրված էլեկտրաֆիզիոլոգիական և մորֆոլոգիական արդյունքների լրիվ համապատասխանություն:

Spontaneous electrical activity of ureteral junction with urinary bladder area: a comparative analysis of properties for cats and rats (report 1)

L.G.Simonyan

The rapid spike burst and slow wave pacemaker activities of ureteral peribladder zone of rat and cat have been studied. A comparative analysis of the frequency and amplitude parameters of rhythmogenesis has been carried out for studied zone. The morphological research revealed darkened myogenic structures, which provide the automatism of the ureteral peribladder zone. The full correspondence of electrophysiological and morphological results is demonstrated.

Литература

1. *Бакунц С.А.* Вопросы физиологии мочеточников. Л., 1970.
2. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц.* Исследование спонтанной активности околопузырной области мочеточника. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова, 1991, т. 77, 10, с. 120-126.
3. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* Анализ электрофизиологических ритмогенных свойств околопузырной области мочеточника у кошек и крыс. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова, 2000, т.86, 12, с.1656-1661.
4. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Меликсетян И.Б., Тираян А.С., Акопян А.А.* Особенности воздействия гистамина на спонтанный ритмогенез мочеточника морской свинки. Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова, 2003, т. 89, 2, с. 200-206.
5. *Казарян К.В., Ванцян В.Ц., Меликсетян И.Б., Тираян А.С., Акопян Р.Р.* Взаимотношение различных типов пейсмекерной активности крайних отделов моче-

- точника морской свинки. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова, 2005, т. 91, 3, с. 321-328.
6. *Казарян К.В., Тираян А.С., Маркосян С.А.* Исследование спонтанной электрической активности различных участков мочеточника морской свинки. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова, 1998, т. 84, 5-6, с. 553-555.
 7. *Меликсетян И.Б., Мартиросян Дж.Ф.* Выявление ортофосфата в нейронах головного и спинного мозга кошек в условиях пониженных концентраций свинца. Биол. журн. Армении, 1990, 10, с. 11-43.
 8. *Чилингарян А.М.,* Микроскопическое изучение кровеносных сосудов и нервной ткани, основанное на применении соединений свинца. Автореф. дис...докт. биол. наук, Ереван, 1968.
 9. *Bortoff A., Sachs F.* Electronic spread of slow waves in circular muscle of cat. Amer. J. Physiol., 1970, 218: 576-581.
 10. *Golenhofen K., Hannapel J.* Normal spontaneous activity of the pyeloureteral system in the guinea-pig. Pflugers Archiv., 1973, 341: 257-270.
 11. *Klemm M.F., Exintaris B., Lang R.J.* Identification of the cells under lying pacemaker activity in the guinea-pig upper urinary tract. J. Physiol., 1999, 519(3): 867-884.
 12. *Santicioli P., Maggi C.A.* Myogenic and neurogenic factors in the control of pyeloureteral motility and ureteral peristalsis. Pharmacol. Rev., 1998, 50 (4): 683-721.