

mazine (10^{-4} mol/l) produced irreversible decrease in the contraction force. Chlorpromazine (10^{-5} mol/l) increased the calcium current by $(27.5 \pm 4.8) \%$.

It is supposed that chlorpromazine increases contraction force and calcium current through the inhibition of calmodulin-dependent phosphodiesterase activity.

Z. Januškevičius Institute of Physiology and
Pathology of the Cardiovascular System, Kaunas

1. Юрвичюс И. А., Заблочкин Д. П., Хмель-Дунай Г. Н. Действие аминазина и теофиллина на силу сокращения и Са-ток волокон предсердия лягушки // Тез. докл. III симпози. совет. секц. межд. общ. изуч. сердца. Баку, 5—8 окт. 1986.—Баку, 1986.—С. 109.
2. Bakaly G., Sperelakis N., Eldefrawi M. Effects of the calmodulin inhibitor, trifluoperazine, on membrane potentials and slow action potentials of cultured heart cells // Eur. J. Pharmacol.—1984.—105, N 1/2.—P. 23—31.
3. Carafoli E. The regulation of Ca^{2+} transporting systems of heart plasma membrane // Abh. Acad. Wiss. DDR. Abt. Math., Naturwiss. Techn.—1984.—N 1.—P. 87—93.
4. Chapman R. A. Control of cardiac contractility of the cellular level // Amer. J. Physiol.—1983.—245, N 4.—P. H535—H552.
5. Lamers J. M. J. Calcium transport systems in cardiac sarcolemma and their regulation by the second messengers cyclic AMP and calcium—calmodulin // Gen. Physiol. Biophys.—1985.—4, N 2.—P. 143—154.
6. Levin R. M., Weiss B. J. Selective binding of antipsychotics and other psychoactive agents to the calcium—dependent activator of cyclic nucleotide—phosphodiesterase // J. Pharmacol. and Exp. Ther.—1979.—208, N 2.—P. 454—459.
7. Pijl Ch., Plank B., Wysskovsky W. et al. Calmodulin— $(\text{Ca}^{2+})_4$ is the active calmoduline species activating the calcium-, calmodulin-dependent protein kinase of cardiac sarcoplasmic reticulum in the regulation of the calcium pump // Biochim. et biophys. acta.—1984.—773, N 2.—P. 197—206.
8. Weiss B., Prozialeck W. C., Wallace Th. Interaction of drugs with calmodulin. Biochemical, pharmacological and clinical implications // Biochem. Pharmacol.—1982.—31, N 13.—P. 2217—2226.

Ин-т физиологии и патологии
сердечно-сосудистой системы
им. З. Янушкевичюса, Каунас

Поступила 20.04.87

УДК 612.467.1—053—073.97—092.9

Биоэлектрическая активность различных отделов верхних мочевых путей

Т. А. Квятковская

Дискуссия о локализации водителя ритма в верхних мочевых путях имеет длительную историю. Согласно наиболее распространенному мнению исходной точкой сократительной активности верхних мочевых путей является лоханочно-мочеточниковый сегмент (ЛМС) [1, 3, 6—8, 14]. Вместе с тем существует другая точка зрения, в соответствии с которой водитель ритма находится в проксимальной части почечной лоханки на лоханочно-чашечной границе [9—11]. Благодаря разработке новой методики проведения эксперимента [13] трудности, связанные с внутривещным расположением большей части лоханки, были преодолены, в результате чего удалось осуществить прижизненную электромиографическую запись биопотенциалов почечной лоханки, в том числе проксимальной ее части, подтвердившую последнюю точку зрения. Однако до настоящего времени нет единства взглядов на локализацию водителя ритма и роль различных отделов верхних мочевых путей в распространении возбуждения. Относительно характера биоэлектрической активности (частоты, амплитуды, скорости распространения биопотенциалов в различных отделах верхних мочевых путей) также нет единого мнения [1, 2, 4, 5, 13, 15].

Целью настоящего исследования явилось изучение биоэлектрической активности различных отделов верхних мочевых путей в эксперименте на животных.

Методика

Опыты проведены на 50 беспородных собаках массой 12—16 кг. Животные находились под эфирным эндотрахеальным наркозом. Для подведения электродов к почечной лоханке использовали методику, описанную Morita и соавт. [13]. Пластинку с неполяризуемыми серебряными электродами диаметром 1 мм прикрепляли к лоханке медицинским клеем таким образом, чтобы можно было отводить биопотенциалы от средней части задней поверхности лоханки, отстоящей на 1 мм от почечной паренхимы, и от ЛМС. Аналогичным образом фиксировали электроды к середине брюшного и средне-тазового отделов мочеточника. Биоэлектрическую активность верхних мочевых путей регистрировали с помощью электроэнцефалографа типа МВ 5202. В течение электромиографии следили за постоянством частоты дыхания и сердечной деятельности. На шести животных проведены эксперименты с пересечением верхних мочевых путей проксимальнее и дистальнее ЛМС. Электростимуляцию проксимальной части почечной лоханки, ЛМС и брюшного отдела мочеточника осуществляли прямоугольными импульсами тока отрицательной полярности силой 6—7 мА, частотой 1 Гц, длительностью стимула 2,8 мс в течение 5 мин, оказывающими стимулирующее действие на возбудимость и сократительную активность верхних мочевых путей [12]. Адреналин гидрохлорид (0,1 %-ный раствор) вводили внутривенно ($2 \cdot 10^{-5}$ г/мл). Для стимуляции диуреза капельно внутривенно вводили физраствор (30 капель в минуту) и лазикс (2 мл). Эксперименты со стимуляцией проведены на 15 собаках.

Результаты и их обсуждение

Биопотенциалы, возникающие в проксимальной части почечной лоханки, отличались наибольшей частотой, наименьшей амплитудой и строгой ритмичностью (таблица). Кроме того, их форма имела характерные особенности (рис. 1). Передний фронт волны биопотенциала был менее крутой, чем в других отделах, в нем можно было выделить фазу медленного подъема, соответствующую медленной деполяризации. Механизм начальной медленной деполяризации, как известно, обеспечивает способность возбудимых клеток к периодической спонтанной активности. Частота возникновения ритмично повторяющихся волн возбуждения колебалась от 5,2 до 29 мин⁻¹, в подавляющем большинстве случаев (70 %) этот диапазон находился в пределах 10—20 мин⁻¹.

Отведение биопотенциалов от других точек, находящихся на одной линии овала, образующего основание конуса почечной лоханки, а именно отстоящих в обе стороны от середины задней поверхности почечной лоханки на 4 мм, показало, что частота генерации биопотенциалов во

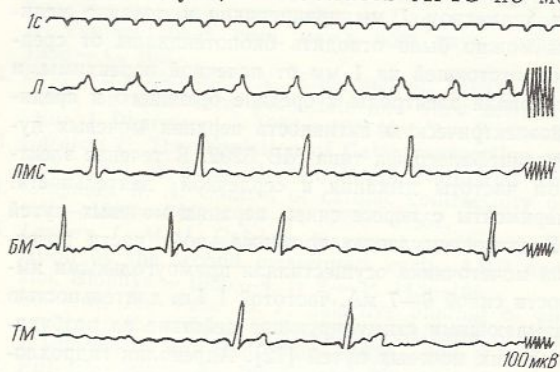
Показатели биоэлектрической активности различных отделов верхних мочевых путей собак ($M \pm m$)

Отдел верхних мочевых путей	Частота биопотенциалов, мин ⁻¹	Амплитуда биопотенциалов, мкВ	Скорость распространения биопотенциалов, мм/с
Почечная лоханка (проксимальная часть)	$14,56 \pm 0,87$ $p < 0,01$	$54,61 \pm 3,05$ $p < 0,001$	—
Лоханочно-мочеточниковый сегмент	$10,65 \pm 0,96$ $p < 0,001$	$191,56 \pm 17,42$ $p < 0,001$	$12,43 \pm 1,00$ $p < 0,001$
Брюшной отдел мочеточника	$6,36 \pm 0,71$ $p > 0,1$	$310,78 \pm 21,84$ $p > 0,3$	$24,82 \pm 1,66$ $p < 0,01$
Тазовый отдел мочеточника	$4,59 \pm 0,61$	$321,47 \pm 33,89$	$32,19 \pm 1,69$

Примечание. Р — достоверность различия между показателями биоэлектрической активности соседних отделов верхних мочевых путей.

всех трех точках одинакова. Комплекс перечисленных выше особенностей биопотенциалов, зарождающихся в наиболее проксимальной части почечной лоханки, позволяет считать эту зону местом локализации водителя ритма верхних мочевых путей.

После циркулярного пересечения верхних мочевых путей проксимальнее и дистальнее ЛМС вплоть до слизистой оболочки отмечались исчезновение биопотенциалов дистальнее места пересечения и уменьшение амплитуды биопотенциалов проксимальнее места пересечения. Отсюда следует, что область ЛМС не может являться местом генера-



ции спонтанных биопотенциалов в здоровом мочеточнике собаки. В ЛМС отмечалось достоверное уменьшение частоты возникновения биопотенциалов (см.

Рис. 1. Электромиограмма проксимальной части почечной лоханки (Л), лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС), брюшного отдела мочеточника (БМ) и тазового отдела мочеточника (ТМ).

таблицу), полное воспроизведение водителя ритма биоэлектрической активности достигалось лишь в 66,7 % случаев. Урежение ритма биопотенциалов в ЛМС, как правило, было кратным частоте биопотенциалов проксимальной части лоханки (см. рис. 1). Чаше всего происходило выпадение 2-го, реже 2—3-го, 2—4-го импульсов. Следует отметить, что в 23,8 % случаев, несмотря на соответствие ритма биопотенциалов лоханки и ЛМС, наблюдалось значительное уменьшение амплитуды каждого 2-го биопотенциала. В брюшном отделе мочеточника частота возникновения биопотенциалов была достоверно ниже, чем в ЛМС. В 28,6 % случаев биопотенциалы брюшного отдела мочеточника в отличие от биопотенциалов, регистрирующихся в ЛМС, утрачивали ритмичность, выпадения их становились беспорядочными. Частота следования биопотенциалов в тазовом отделе мочеточника была несколько меньше, чем в брюшном, однако различия не являлись статистически достоверными.

Поддержание водителя ритма биопотенциалов нижележащими отделами, вплоть до тазового отдела мочеточника, наблюдалось весьма редко, максимальная воспроизводимая всеми отделами частота в наших экспериментах составила 14 мин⁻¹. Вероятно, постепенным затуханием частоты биопотенциалов в дистальных отделах верхних мочевых путей объясняется факт, выявленный нами во время рентгентелевизионной урографии у собак и отмеченный другими авторами у человека [3]. Он заключается в том, что в некоторых случаях порция мочи при перемещении задерживается в тазовом отделе мочеточника и только после слияния со следующей порцией выбрасывается в мочевой пузырь. Можно предположить, что при этом биоэлектрический импульс, возникающий в лоханке, не достигает тазового отдела мочеточника, поэтому сокращения последнего не происходит.

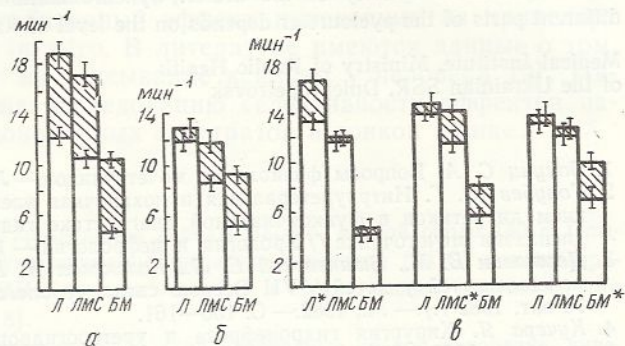
Амплитуда биопотенциалов, зарегистрированных в проксимальной части почечной лоханки, была достоверно ниже, чем в ЛМС, а в последнем — достоверно ниже, чем в брюшном отделе мочеточника (см. таблицу). Несмотря на тенденцию к увеличению амплитуды биопотенциалов в тазовом отделе мочеточника по отношению к брюшному, различие не является достоверным. Следовательно, на всем протяжении мочеточника частота и амплитуда биопотенциалов практически не изменяются, трансформация ритма и амплитуды биопотенциалов, возникающих в проксимальной части почечной лоханки, осуществляется

главным образом в области ЛМС и прилегающих к нему участках верхних мочевых путей.

Скорость распространения биопотенциалов нарастает в дистальном направлении (см. таблицу), причем более значительное нарастание скорости распространения возбуждения (почти в 2 раза) происходит на протяжении лоханки. Это явление может быть объяснено конической формой почечной лоханки с учетом спиралевидного распространения возбуждения соответственно ходу мышечных пучков.

Капельное внутривенное введение физраствора и лазикса с целью стимуляции диуреза приводило к увеличению частоты биопотенциалов

Рис. 2. Изменение частоты биопотенциалов проксимальной части почечной лоханки (Л), лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) и брюшного отдела мочеточника (БМ) после воздействия лазиксом (а), адреналином (б) и электростимуляцией (в). Белые столбики — до воздействия, заштрихованные — после, звездочкой обозначен отдел, подвергавшийся электростимуляции.



проксимальной части почечной лоханки в среднем в 1,5 раза, ЛМС — в 1,6, брюшного отдела мочеточника — в 2,2 раза (рис. 2, а). Амплитуда биопотенциалов ЛМС и брюшного отдела мочеточника увеличилась в 1,3 раза, проксимальной части лоханки — практически не изменялась. Введение адреналина в указанных дозах вызывало небольшие колебания амплитуды биопотенциалов, частота же их в брюшном отделе мочеточника увеличивалась в среднем в 1,7, в ЛМС — в 1,2 раза, в проксимальной части почечной лоханки изменялась незначительно (рис. 2, б). Следовательно, параметры биопотенциалов проксимальной части почечной лоханки — наиболее устойчивы к различным воздействиям (изменению диуреза, действию медиаторных веществ). Это подтверждает тот факт, что данный отдел верхних мочевых путей является водителем ритма.

Наиболее ярким показателем изменения функциональной активности верхних мочевых путей под воздействием электрических стимулов являлась частота следования биопотенциалов. В результате воздействия импульсным током на проксимальную часть почечной лоханки частота биопотенциалов этого отдела увеличивалась в среднем на 25,9 %, ЛМС и мочеточника — незначительно (рис. 2, в). ЛМС оказался неподготовленным к восприятию более частого ритма распространяющихся биопотенциалов. Электростимуляция ЛМС приводила к увеличению частоты биопотенциалов в ЛМС на 21,1 %, в мочеточнике — на 42,4 %. Таким образом, можно думать, что ЛМС является областью верхних мочевых путей, с состоянием возбудимости которой связана синхронизация ритма биопотенциалов почечной лоханки и мочеточника.

Выводы

1. Спонтанные ритмичные биопотенциалы, возникающие в наиболее проксимальной части почечной лоханки, распространяются в дистальном направлении с нарастающими амплитудой, скоростью и затуханием частоты.
2. Функциональное состояние ЛМС имеет значение для воспроизведения ритма спонтанных биопотенциалов почечной лоханки мочеточниками.

BIOELECTRIC ACTIVITY OF DIFFERENT PARTS OF THE PYELOURETER

T. A. Kyvatkovskaya

Experiments on 50 dogs carried out by the method of in vivo electromyography have confirmed the localization of the pacemaker of the pyeloureter in the proximal end of the renal pelvis at the pelvicalyceal border. It is determined that the pacemaker biopotentials are characterized by higher frequency, low-voltage rhythmic amplitude, special form and the highest stability of parameters to the diuresis changes and adrenalin influence. Biopotentials are spreading in the distal direction with an increasing speed, amplitude and decreasing frequency. Pyeloureteral junction is the main rhythmeregulator of the bioelectric activity of the ureter. Synchronization of the bioelectric activity of different parts of the pyeloureter depends on the level of its excitability.

Medical Institute, Ministry of Public Health
of the Ukrainian SSR, Dnepropetrovsk

1. Бакуц С. А. Вопросы физиологии мочеточников.— Л.: Наука, 1970.—148 с.
2. Голубев Ю. Г. Интрауретеральная и лоханочная электроуретерография с применением диуретиков в функциональной диагностике гидронефроза и нейромышечной дисплазии мочеточника // Урология и нефрология.— 1985.— № 4.— С. 41—44.
3. Державин В. М., Вишневский Е. Л., Казанская И. В., Басин В. Ю. Уродинамика мочевых путей у детей // VII Всерос. съезд урологов: Тез. докл. Суздаль (12—14 окт. 1982 г.).— М., 1982.— С. 150—161.
4. Кучера Я. Хирургия гидронефроза и уретерогидронефроза.— Прага: Гос. изд-во мед. лит., 1963.—221 с.
5. Назаришвили Г. И. Функция почки и мочеточника при механическом уростазе в верхних мочевых путях и компенсаторная способность почек: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук.— Тбилиси, 1973.—35 с.
6. Сергейчук Ю. К. Рентгенотелевизионное и рентгенокинематографическое изучение нарушений уродинамики при некоторых заболеваниях почек и мочеточников: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— Киев, 1975.—16 с.
7. Bors E., Blinn K. A new method of recording ureteral peristalsis: ureteral kymography // J. Urol.— 1955.—74, N 3.— P. 322—330.
8. Bozler E. The activiti of the pacemaker previous to the discharde of a muscular impulse // Amer. J. Physiol.— 1942.—136.— P. 543—552.
9. Constantinov C. E. Renal pelvis pacemacer control of ureteral peristaltic rate // Amer. J. Physiol.— 1974.—226, N 6.— P. 1413—1419.
10. Del Tacca M., Constantinov C. E., Bernardini C. The effects of drugs on pacemacer regions of isolated rabbit renal pelvis // Europ. J. Pharmacol.— 1981.—71.— P. 43—51.
11. Gosling J. A., Dixon J. S. Species variation in the location of upper urinary tract pacemaker cell // J. Urol.— 1974.—11.— P. 418—423.
12. Melick W. F. Electrical stimulation in urology // J. Urol.— 1970.—11, N 6.— P. 815—821.
13. Morita T., Kondo S., Suzuki T. In vivo recording of renal pelvis pacemaker potential // Urol. int.— 1984.—39, N 1.— P. 16—20.
14. Shigemi K. (Шигеми К.) Исследование функции верхних мочевых путей. XIX. Уродинамика в мочеточнике после полной и неполной электрокоагуляции стенки лоханки почки вокруг мочеточника у собак // J. Jwate med. assoc.— 1985.—37, N 2.— P. 299—308.
15. Yamaguchi O. Regional contractility of renal pelvic pacemaker system // Jap. J. Urol.— 1982.—73, N 5.— P. 619—622.

Днепропетр. мед. ин-т
М-ва здравоохранения УССР

Поступила 10.05.87