

УДК 612.461.1:612.014.42

С. А. БАКУНЦ, К. М. МУРАДЯН

## О ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИЮ МОЧЕТОЧНИКОВ

Электроуретерографической методикой в острых опытах на собаках изучено влияние электростимуляции на функцию интактного и изолированного от почки мочеточников. Показаны особенности электростимуляции различных участков этого органа и значение частоты электростимуляции для генерации и распространения волн ЭУГ.

Параллельно с совершенствованием технических параметров аппаратуры, используемой в медицине и биологии для электрической стимуляции различных возбудимых тканей, метод электрического раздражения становится все более эффективным средством активного воздействия на органы и ткани как в норме, так и при различных патологических процессах. За последнее время этот метод находит все более широкое применение в отношении различных висцеральных органов, чему в значительной мере способствует разработка и совершенствование новых технических средств (специализированных зондов, катетеров и др.), позволяющих подводить стимулирующие электроды к соответствующим участкам, подлежащим электрическому раздражению.

Как в клинической практике, так и в экспериментальных работах накоплен значительный материал относительно особенностей действия электростимуляции на функцию желудочно-кишечного тракта, матки, мочевого пузыря и некоторых других органов [2, 3, 4, 7, 9]. Вопросы же, связанные с влиянием электростимуляции на функцию мочеточников как в клиническом аспекте, так и в экспериментах на животных, изучены довольно слабо, и в литературе по этому вопросу имеются лишь единичные работы [5, 6, 8, 9, 10].

Учитывая теоретический интерес этого вопроса и его очевидное значение для урологической практики, в настоящей работе была поставлена задача изучить влияние электростимуляции различных отделов мочеточников на динамику его спонтанной моторной деятельности в условиях нормы, а также после изоляции мочеточников от почки и почечной лоханки.

Эксперименты проведены на 18 взрослых собаках, обездвиженных нембуталовым наркозом (50—60 мг/кг) в условиях острого опыта. Графическая регистрация функциональной деятельности мочеточников проводилась электромиографической методикой путем отведения биопотенциалов одновременно от трех участков органа (околопочечного,

среднего и околопузырного) экстрауретеральным способом биполярными электродами [1]. Электростимуляция осуществлялась через один из отводящих электродов путем его переключения к электронному стимулятору с радиочастотным выходом. Отведение электроуретерограммы (ЭУГ) и электростимуляция мочеточника в некоторых опытах производилась также интралюминальным способом с помощью мочеточниковых катетеров, имеющих на конце биполярные серебряные электроды, причем в просвет мочеточника катетер вводился через мочевой пузырь или же путем прокола паренхимы почки и далее через почечную лоханку (рис. 1). Регистрация ЭУГ проводилась на стандартном электрэнцефалографе типа «Кайзер».

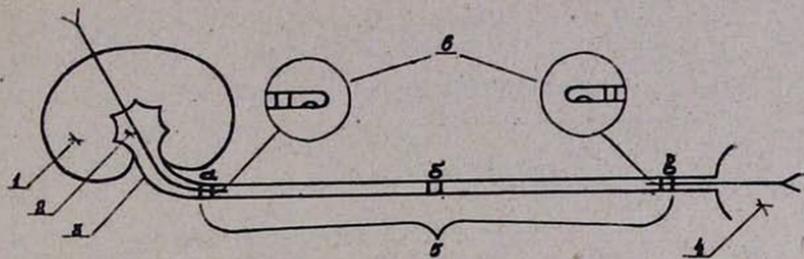


Рис. 1. Схема расположения экстра- и интрауретеральных электродов при регистрации электроуретерограммы и электростимуляции мочеточников. 1. Почка. 2. Почечная лоханка. 3. Мочеточник. 4. Мочевой пузырь. 5. Экстрауретеральные электроды а) околопочечного, б) среднего, в) околопузырного отделов. 6. Интралюминальные электроды.

В большинстве опытов проводилась также регистрация электрокардиограммы и дыхательных движений животного.

Раздражающий ток подавался одиночными прямоугольными импульсами с частотой от 0,05 до 2,0 *гц* и продолжительностью импульса 0,1—0,7 *сек*. Сила раздражающего тока устанавливалась несколько выше пороговой величины, вызывающей волну возбуждения в гладкой мускулатуре мочеточника. Продолжительность электростимуляции зависела от задач эксперимента. Были испытаны эффекты как одиночных раздражений, так и продолжительной стимуляции до 1—3 *мин* с различной частотой импульсов.

**Электростимуляция интактного мочеточника.** Раздражение интактного мочеточника, обладающего собственной спонтанной активностью и довольно стабильным ритмом, генерируемым в его пейсмейкере, показало, что в зависимости от области электростимуляции органа, а также от частоты раздражения результаты электростимуляции могут быть весьма различны.

При электрическом раздражении интактного мочеточника в околопочечной области со сравнительно редкой частотой (1 имп./8—12 *сек*) в его двигательной функции наблюдается чередование спонтанных и вызванных биопотенциалов (рис. 2 А, Б). Стимуляция при тех же условиях, но с большой частотой (1 имп./4 *сек*) полностью подавляет спон-

танную активность мочеточника, и его деятельность осуществляется целиком под влиянием электростимуляции (рис. 2 В). При дальнейшем увеличении частоты раздражающего тока гладкая мускулатура мочеточника в силу особенностей своей рефрактерности реагирует волной ЭУГ не на каждый импульс, а с определенной последовательностью. На рис. 2Г заметно, что при электростимуляции мочеточника с частотой 1 имп./1 сек волны ЭУГ возникают с частотой в 3 сек раз, т. е. на каждый третий импульс электростимуляции.

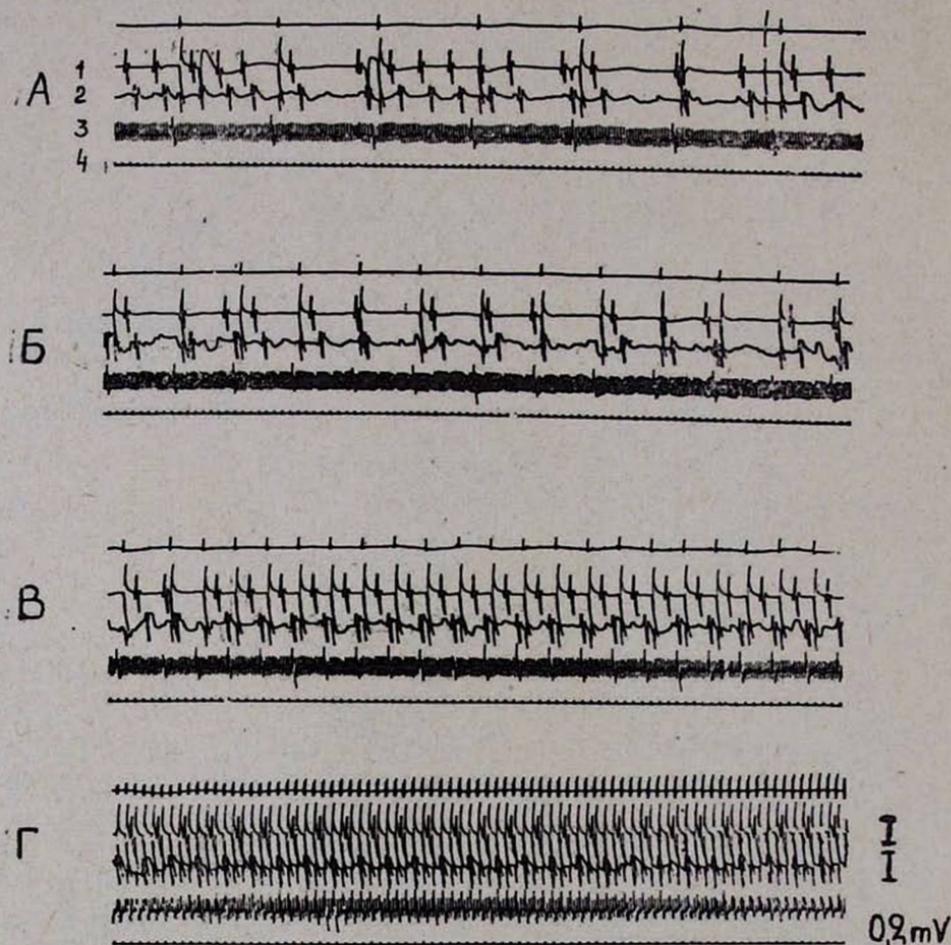


Рис. 2. Электроуретерограмма интактного мочеточника при электростимуляции в околопочечном отделе. 1. ЭУГ среднего отдела. 2. ЭУГ околопузырного отдела. 3. ЭКГ. 4. Отметка времени—1 сек. Электростимуляция с частотой 1 имп./12 сек. (А), 1 имп./7 сек. (Б), 1 имп./4 сек. (В), 1 имп./1 сек. (Г).

Таким образом, полученные данные показывают, что для гладкой мускулатуры интактного мочеточника собаки предельной частотой электростимуляции, при которой на каждый импульс может быть вызвана волна ЭУГ, является частота 0,3—0,4 гц.

При раздражении среднего отдела мочеточника в участке, отстоящем приблизительно на равном расстоянии от почки и мочевого пузыря, возникающие под влиянием электростимуляции волны ЭУГ распространяются и в проксимальном и в дистальном направлениях от места раздражения. В связи с этим на электроуретерограмме заметно, что волны ЭУГ, отводимые от околопочечного отдела, являются антиперистальтическими, т. е. риверсированными по фазе, в то время как стимулированные волны ЭУГ, отводимые от околопузырной части органа, представлены в виде обычных перистальтических волн с нормальным соотношением фаз (рис. 3 А, Б). При раздражении же околопузырной

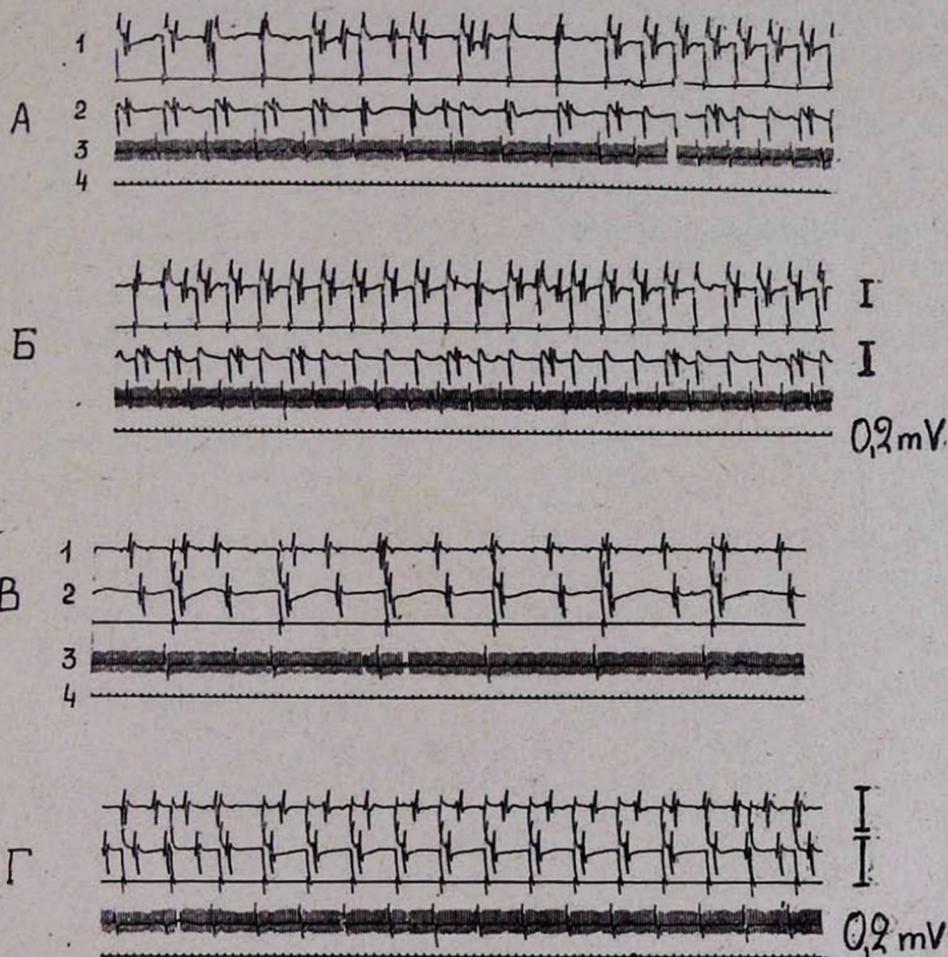


Рис. 3. Электроуретерограмма интактного мочеточника при электростимуляции среднего и околопузырного отделов. А,Б—1. ЭУГ околопочечного отдела. 2. ЭУГ околопузырного отдела. В,Г—1. ЭУГ околопочечного отдела. 2. ЭУГ среднего отдела. 3. ЭКГ. 4. Отметка времени—1 сек. А—электростимуляция среднего отдела с частотой 1 имп./6 сек; Б—1 имп./4 сек; В—электростимуляция околопузырного отдела с частотой 1 имп./13сек; Г—1 имп./5 сек.

части мочеточника все волны ЭУГ, отводимые от более проксимальных отделов органа, представлены в виде антиперистальтических волн (рис. 3 В, Г).

Анализ влияния частоты электростимуляции при раздражении среднего и околопузырного участков интактных мочеточников также показал, что при относительно редком ритме раздражения имеет место чередование спонтанных и стимулированных импульсов, причем несмотря на редкую частоту стимуляции некоторые импульсы раздражающего тока при этом не вызывают волн ЭУГ в силу того, что раздражение попадает в фазу глубокой рефрактерности, обусловленной предшествующей спонтанной волной ЭУГ (рис. 3А, В). Электростимуляция в более частом ритме полностью подавляет спонтанную активность и переводит орган в режим моторной деятельности, целиком обусловленный электростимуляцией (рис. 3 Б, Г).

*Электростимуляция изолированного от почки мочеточника.* Отделение мочеточника от почки и почечной лоханки путем его перерезки у места выхода из почечных ворот вызывает резкое нарушение его спонтанной возбuditельно-сократительной деятельности. Нормальная ритмичная моторика под влиянием перерезки сменяется адинамией, на фоне которой в различных участках органа изредка возникают одиночные волны ЭУГ, распространяющиеся в проксимальном и дистальном направлениях. Причиной адинамии мочеточников при данной форме изоляции от почки является разобщение органа от его пейсмекеровой зоны, а не нарушение уродинамики или же механическая травма. В этом убеждают результаты исследований, где мочеточник отделялся от почки с сохранением небольшой части лоханки, включающей в себя участок пейсмекера этого органа [1]. На подобных препаратах в отличие от перерезок, описываемых в данной работе, спонтанная деятельность изолированного мочеточника продолжалась в весьма высоком ритме. В данном же случае, при перерезке мочеточника дистальнее участка его пейсмекера, нормальная динамика органа, как это видно на рис. 4, сменяется резкой адинамией, на фоне которой представлена лишь одна спонтанная волна ЭУГ от околопузырного отдела (рис. 4 Б).

При электрическом раздражении изолированных от почки мочеточников стимулированные волны ЭУГ возникают в строгом соответствии с частотой раздражения, так как в этом случае отсутствует собственная активность органа.

Как видно на рис. 4, стимулированные волны ЭУГ возникают в околопочечном отделе мочеточника одинаковым образом при электростимуляциях с различной частотой в пределах определенного интервала. При этом заметно, что в случае относительно редкого ритма раздражения (рис. 4 В) лагентный период возникающих волн ЭУГ более короткий, чем при последующих сравнительно частых раздражениях (рис. 4 Г, Д). Это явление также связано с особенностями рефрактерных свойств гладкой мускулатуры мочеточников и, в частности, с довольно продолжительным периодом фазы относительной

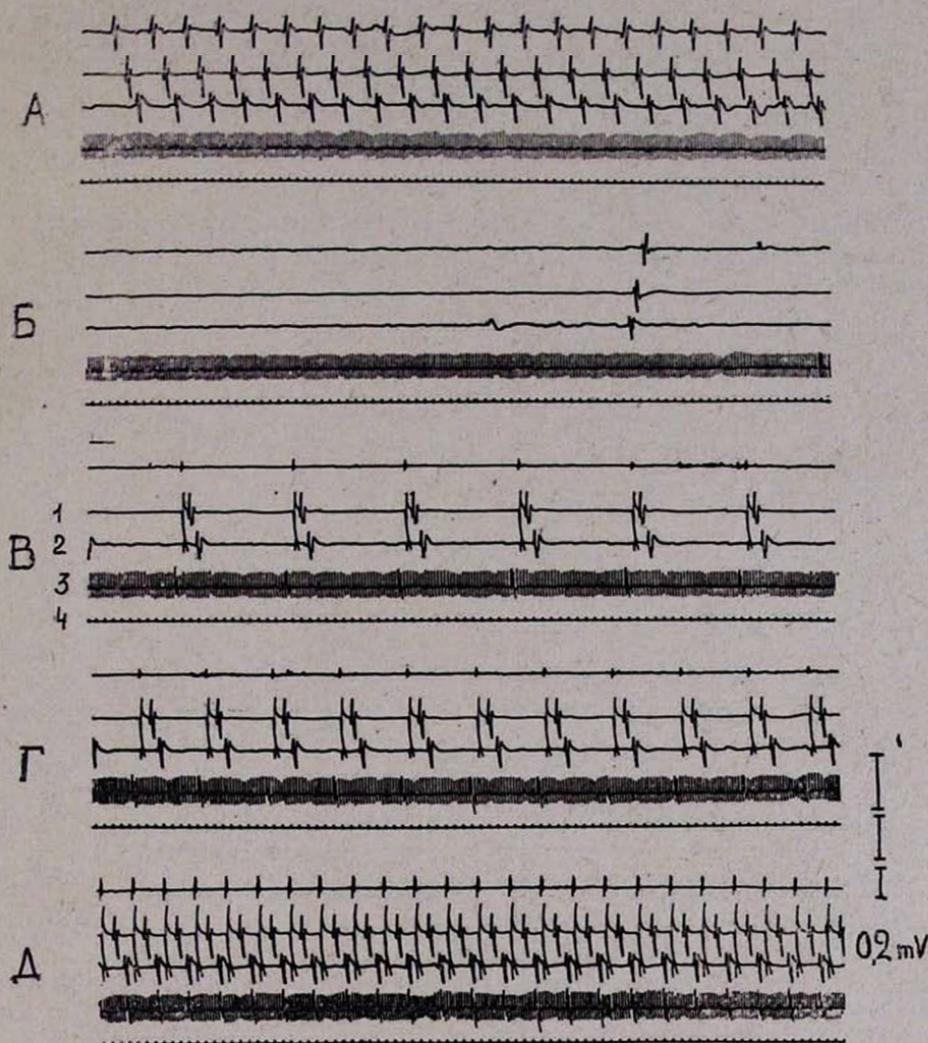


Рис. 4. Электроуретерограмма до и после изоляции мочеточника от почки и при электростимуляции в околопочечном отделе органа. А—ЭУГ интактного мочеточника. Б—ЭУГ после изоляции мочеточника от почки. Электростимуляция с частотой 1 имп./13 сек (В), 1 имп./8 сек (Г) и 1 имп./4 сек (Д). 1. ЭУГ среднего отдела. 2. ЭУГ околопузырного отдела. 3. ЭКГ. 4. Отметка времени—1 сек.

рефрактерности. При более частых раздражениях электрическим током на изолированных мочеточниках также отмечается возникновение ответов не на каждый импульс, а через соответствующие интервалы. Опыты показали, что оптимальной частотой для генерации ответной волны ЭУГ на каждый импульс раздражающего тока в гладкой мускулатуре мочеточников собак является частота 0,3—0,4 гц.

Электростимуляция изолированного от почки мочеточника в среднем и околопузырном участках органа также вызывает возникновение стимулированных волн ЭУГ. На представленных электроуретерограм-

мах (рис. 5) видно, что раздражение, наносимое в среднем отделе органа, обуславливает генерацию и распространение волн ЭУГ в направлении к почечному концу и к мочевому пузырю (рис. 5 А, Б). Причем заметно, что на изолированных мочеточниках так же, как и на интактных органах, проведение волн ЭУГ в направлении к почке осуществляется лучше, чем в направлении к мочевому пузырю.

В последнем случае видно, что распространение воли ЭУГ происходит с определенным декрементом (рис. 4 и 5 А, Б).

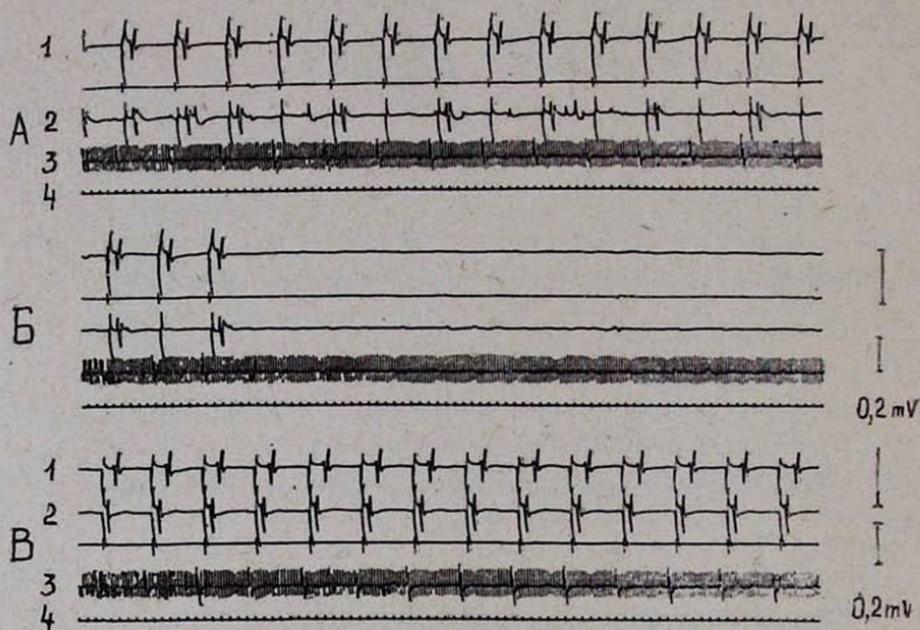


Рис. 5. Электроуретерограмма изолированного от почки мочеточника. А,Б—при электростимуляции мочеточника в среднем отделе. В —при электростимуляции мочеточника в околопузырном отделе. Частота электростимуляции 1 имп./6 сек. А,Б—1. ЭУГ околопочечного отдела. 2. ЭУГ околопузырного отдела. 3. ЭКГ. 4. Отметка времени—1 сек. В—1. ЭУГ околопочечного отдела. 2. ЭУГ среднего отдела. 3. ЭКГ. 4. Отметка времени—1 сек.

Электростимуляция изолированных мочеточников в околопузырной области вызывает соответствующие волны ЭУГ, антиперистальтически распространяющиеся к почечному концу мочеточника (рис. 5 В). Прекращение электростимуляции изолированного мочеточника сразу же восстанавливает исходную картину адинамики органа без определенных упорядоченных спонтанных волн ЭУГ (рис. 5 Б).

В заключение следует отметить, что вышеописанные особенности влияния электростимуляции на функцию интактного и изолированного от почки мочеточников наблюдаются как при экстрауретеральном, так и при интрауретеральном способах раздражения органа.

Ս. Ա. ԲԱԿՈՒՆՅ, Ղ. Մ. ՄՈՒՐԱԴՅԱՆ

ՄԻՋԱՇՈՐԱՆՆԵՐԻ ՖՈՒՆԿՑԻՍՅՈՒՄԻ ՎՐԱ ԷԼԵԿՏՐԱՍՏԻՄՈՒԼՅԱԿԻ ԱՅԻ  
ԱԶԳԵՑՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Շնորհի վրա դրված սուր փորձերով, էլեկտրաստիմուլյացիայի ազդեցությունը ինտակտ և երկամիջ անջատված (մեկուսացված) միզածորանի ֆունկցիայի վրա: Ցույց է տրված միզածորանի տարբեր հատվածների էլեկտրաստիմուլյացիայի առանձնահատկություններն և նրա հաճախականության նշանակությունն էՈՒԳ-ի ալիքների առարման և տարածման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бакунц С. А. Вопросы физиологии мочеочников. Л., 1970.
2. Лившиц А. В. Автореферат докт дисс. М., 1969.
3. Климов П. К. Успехи физиологич. наук, 4, 1973, т. 4, стр. 3.
4. Климов П. К. Успехи физиологич. наук, 1973, 4, т. 4, стр. 3.
5. Bozler E. Experimentia, 4:213—218, 1948.
6. Gould D. W., Hsieh A. G. L., Tinckler L. F. J. Phystol., 129, 3:436—447, 1955b.
7. David R., Baker Ph. D. The American Jurnal of Surgery, 8, 781—793, 1969.
8. Ichikawa S., Ikeda O. Japan. J. Phystol., 10, 1—12, 1960.
9. Melick W. F. J. Urol., 103, 815, 821, 1970.
10. Prosser G. L., Smith G. E., Melton G. E. Amer. J. Phystol., 181, 3:651—660, 1955.