

УДК 616—0.89.814:616.61—076.4

В. А. Пирогов, В. И. Завьялов, В. И. Бушмакина

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧКЕ В УСЛОВИЯХ ЕЕ НОРМАЛЬНОГО И ОГРАНИЧЕННОГО КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ

Одной из основных причин нарушения функционального состояния почек являются изменения их кровообращения под влиянием аномалий развития сосудов почки, атеросклероза, воспалительных заболеваний почки. В литературе есть много данных о морфологических изменениях в почке при острой и хронической ишемии. Однако в большинстве этих исследований не производилось сопоставления динамики морфологических изменений в почке с динамикой функциональных и энергетических сдвигов в ней.

Мы изучали влияние нарушения кровоснабжения почки на водный диурез, кровообращение, напряжение кислорода, динамику температуры, некоторые морфологические и гистохимические показатели метаболических процессов в почке. На основании этих данных предполагалось выяснить, в какой степени нарушение функции почки при ограничении ее кровоснабжения находит свое отражение в характере изменений энергетических показателей этого органа.

Методика исследований

Исследования проводились в острых опытах на собаках под уретановым наркозом. Усиление функции почки вызывали внутривенным введением животному 20 мл/кг изотонического раствора хлористого натрия. Динамику водного диуреза у собак учитывали посредством сбора порций мочи за определенные отрезки времени.

В качестве показателя состояния энергетических процессов в почке использовали динамику изменений температуры в корковом слое почки. Регистрацию температуры коркового слоя почки осуществляли с помощью медьконстантовой термопары и зеркального гальванометра (М-25). Рабочий спай термопары вводили на глубину 3—4 мм в корковый слой почки, а контрольный — термостатировался при температуре 37°С. Запись отклонений луча гальванометра производили на фотобумаге движущегося барабана электрокимографа (чувствительность установки 0,01°С на 1 мм шкалы).

Синхронно с регистрацией температуры определяли величину кровотока в почечной артерии по [2] и напряжение кислорода в корковом веществе почки полярографическим методом. Пассивным анодом служил серебряный хлорированный стержень диаметром 3 мм, а активным катодом — тонкая платиновая проволока, покрытая целлулоидом с диаметром рабочей поверхности 0,5—0,8 мм.

Одновременно с регистрацией изменений температуры и напряжения кислорода для определения и оценки состояния энергетических процессов в почке производили морфологическое и гистохимическое исследование почечной ткани. На срезах ткани почки выявляли активность оксиредуктаз и фосфатаз, СДГ (сукциндегидрогеназы), ЛДГ (лактодегидрогеназы), МДГ (маликодегидрогеназы), НАД-Н и НАДФ-Н-дегидрогеназы, АТФ-азы, щелочной фосфатазы. Осуществляли комплекс гистохимических реакций на кислые и нейтральные мукополисахариды.

Результаты исследований и их обсуждение

Предварительная серия исследований была посвящена выяснению влияния температуры вводимого раствора на температуру почки и притекающей к ней крови. По нашим данным, температура притекающей крови и самой почки практически не зависит от температуры вводимого раствора, при условии ее колебания в пределах 38—39°С, бо-

лее резкое снижение или повышение последней оказывают влияние на температуру почки.

Первая серия исследований была посвящена выяснению влияния водно-солевой нагрузки на диурез, кровоток и энергетические показатели почки у животных с нарушенным кровоснабжением (9 собак).

В этих опытах, через несколько минут после введения физиологического раствора (20 мл/кг) диурез у собак увеличивался в 10—15

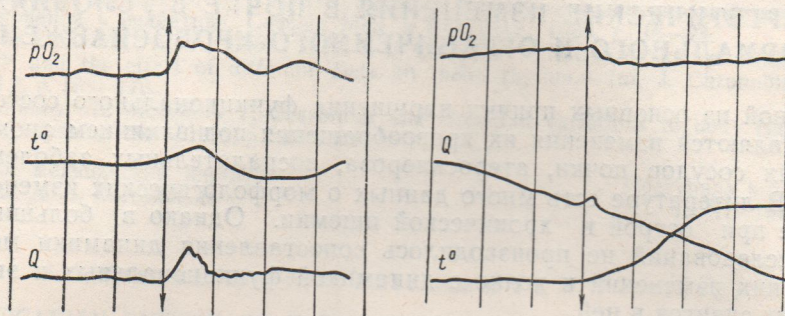


Рис. 1. Изменение напряжения кислорода (P_{O_2}), температуры (t°) коркового слоя почки и величины кровотока в почечной артерии (Q) у собаки после водно-солевой нагрузки в условиях нормального кровообращения почки.

Введение физиологического раствора отмечено вертикальной линией со стрелками. Вертикальные линии — отметки времени через каждые 2 мин.

Рис. 2. Изменение напряжения кислорода (P_{O_2}), температуры (t°) коркового слоя почки и величины кровотока в почечной артерии (Q) у собаки при водно-солевой нагрузке, через 2,5 ч после двустороннего пережатия почечных артерий на 50%.

Остальные обозначения см. рис. 1.

раз: при исходной величине 10—20 мл/ч он возрастал до 150—200 мл/ч. Усиление диуреза наблюдалось обычно в течение первых 20—40 мин после водно-солевой нагрузки, затем показатели возвращались к исходной величине. За это время выводится 30—60% от введенного количества воды.

Величина кровотока в почечной артерии после водно-солевой нагрузки возрастала (рис. 1).

Напряжение кислорода в почечной ткани в большинстве случаев не изменялось или проявляло незначительную тенденцию к снижению. Это соответствует данным [4], согласно которым величина поглощения почкой кислорода является сравнительно постоянной и мало изменяется при ее нагрузках.

Изменение температуры почки после ее нагрузки носило колебательный характер. Во всех случаях после нагрузки усиление диуреза сопровождалось вначале снижением температуры почки (I период изменения температуры органов по классификации Н. И. Путилина [1]). Это снижение закономерно сменялось последующим повышением температуры почки (II период изменения температуры по [1]). Так как проводимые исследования длились не более 1 ч после водно-солевой нагрузки, мы не имели возможности проследить подробную динамику изменений температуры во II периоде.

Вторая серия исследований была посвящена выяснению влияния ограничения кровотока в почке на мочеобразовательную функцию и состояние ее энергетических показателей через 2—2,5 ч после двустороннего пережатия на 50% обеих почечных артерий (11 собак). Шести собакам после сужения почечных артерий давали водно-солевую нагрузку, а пять собак были забыты для морфологических исследований почечной ткани. Водно-солевая нагрузка у подопытных со-

бак этой серии после нагрузки ва воды.

Кровоток в почке значительно возрастал в почечной артерии. Жалось.

Снижение температуры в период изменения В остальных случаях (рис. 2).

Результаты исследования почечной ткани, в ранние сроки в почечных артериях почках развивался в виде структурных изменений незначительной степени.

Обращает на активность СДГ делов нефрона, а в некоторых случаях незначительно изменяются в большинстве случаев. Ферментов части петли Генле. Тенденция к снижению ее также наблюдается в части петли.

Таким образом, диаметр почечной артерии, снижение диуреза, гистохимические изменения незначительны.

Характер диуреза после нагрузки меняется. Наблюдаемое сразу после прекращения кровообращения.

По-видимому, нагрузка у собак способствует увеличению количества солевых градусов [3]. Поэтому вывод очевиден, главным образом, притекающая почечная ткань прирост почечной функции, по этой причине в некоторых случаях не был выявлен.

Третья серия исследований длительного ограничения почечной функции почечной (11 собак). В этой серии

бак этой серии вела к увеличению диуреза в 5—10 раз. В течение 1 ч после нагрузки выводилось не более 20—50% от введенного количества воды.

Кровоток в почечной артерии после водно-солевой нагрузки незначительно возрастал или оставался без изменений. Напряжение кислорода в почечной ткани практически не изменялось или несколько снижалось.

Снижение температуры почки после водно-солевой нагрузки (I период изменения температуры) отмечалось только в одном случае. В остальных же пяти — температура сразу начинала повышаться (рис. 2).

Результаты морфологических и гистохимических исследований почечной ткани, взятой у животных этой серии опытов, показали, что в ранние сроки экспериментального двустороннего стенозирования почечных артерий на 50% в ответ на возникшую ишемию и гипоксию в почках развиваются незначительные нарушения в микроциркуляторном русле в виде гиперемии мелких сосудов без особых обменных и структурных нарушений их стенок. Эти изменения сопровождаются незначительной дискоординацией в энергетическом обмене эпителия различных частей нефрона.

Обращает на себя внимание тенденция к некоторому снижению активности СДГ в эпителии проксимальных и дистальных извитых отделов нефрона, а также в восходящей части петли Генле. Наблюдается некоторое повышение активности МДГ. Гликолитические процессы мало изменяются и активность ЛДГ, как и в норме, довольно высокая в большинстве структур канальцевого аппарата, включая тонкий сегмент. Ферментоактивен эпителий извитых канальцев и восходящей части петли Генле, нефронов юкстамедуллярной зон. Отмечается общая тенденция к повышению активности АТФ-азы. Высокая активность ее также обнаруживается в апикальных частях эпителия восходящей части петли Генле, особенно юкстамедуллярных нефронов.

Таким образом, через 2,5 ч после двухстороннего сужения на 50% диаметра почечных артерий водно-солевая нагрузка выявляет у собак снижение диуретической функции почек. При этом морфологические и гистохимические сдвиги почечной ткани патологического характера незначительны.

Характер динамики температуры почки во время водно-солевой нагрузки меняется: как правило отсутствует снижение температуры, наблюдаемое сразу после нагрузки у собак с ненарушенным почечным кровообращением.

По-видимому это явление связано с тем, что водно-солевая нагрузка у собак с суженными почечными артериями практически не вела к увеличению почечного кровотока. Температура почки на несколько сотых градуса выше, чем температура притекающей к ней крови [3]. Поэтому выраженный I период изменений температуры почки, очевидно, главным образом, обусловлен тем, что при увеличении количества притекающей к почке крови (нагрузка), происходит охлаждение почечной ткани. Так как сужение почечных артерий ограничивает прирост почечного кровотока во время водно-солевой нагрузки, то, видимо, по этой причине I период изменений температуры почки в этих случаях не был выражен.

Третья серия исследований была посвящена выяснению влияния длительного ограничения почечного кровотока на мочеобразовательную функцию почек и состояние ее энергетических показателей (девять собак). В этой серии опытов четверем собакам через месяц после пред-

шествующего сужения почечных артерий давали водную нагрузку, а пять собак были забиты и материал забирали для морфологических и гистохимических исследований.

Водно-солевая нагрузка вела у подопытных собак к увеличению диуреза в 10—15 раз на протяжении 20—40 мин. За это время выделялось 30—60% от введенного количества воды. В этих опытах отмечалось постоянное увеличение кровотока после водно-солевой нагрузки

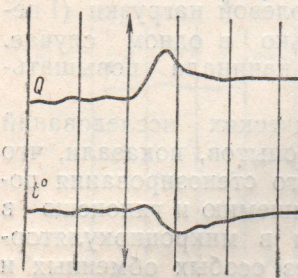


Рис. 3. Изменение температуры (t°) коркового слоя почки и величины кровотока в почечной артерии (Q) после введения водно-солевой нагрузки у собак с длительным сужением почечных артерий. Остальные обозначения см. рис. 1.

(рис. 3). Температура почки после нагрузки снижалась на $0,1—0,16^{\circ}\text{C}$, и только в одном случае отмечалось ее повышение без предварительного снижения.

При морфологическом изучении почек с хроническим сужением почечных артерий на протяжении месяца, выявлены явные патологические сдвиги в ткани почек, затрагивающие кровеносную систему и эпителиальный нефрон. Обращает на себя внимание повреждение клубочков, характер и степень которого довольно разнообразны и проявляются многопрофильно во всех слоях почки. В эпителии нефрона наибольшие изменения отмечаются в проксимальных и дистальных извитых канальцах, особенно граничащих с измененными клубочками. Эпителий извитых канальцев первого порядка дистрофичен, а извитых канальцев второго порядка — атрофичен. Процессы биологического окисления в структурах нефрона понижены за счет угнетения СДГ и МДГ. В то же время, наряду с описанными патологическими сдвигами, в системе микроциркуляции и эпителии нефрона отмечаются хорошо выраженные сдвиги компенсаторно-приспособительного характера: значительная часть почечных клубочков совсем не изменена или гипертрофирована, несколько повышена активность гликолитического цикла, интенсивность реакции, выявляющей ЛДГ, усилена в большинстве участков нефрона.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что через 1 мес после двустороннего сужения почечных артерий, диуретическая функция почек судя по их реакции на водно-солевую нагрузку, восстанавливается. Это восстановление, по-видимому, обусловлено компенсаторными сдвигами, обнаруженными в системе микроциркуляции и эпителии нефрона почек при морфологическом и гистохимическом исследованиях. Констатируемая в наших исследованиях у собак с месячным сужением почечных артерий нормализация величины прироста почечного кровотока, очевидно, также обусловлена компенсаторными сдвигами в системе кровоснабжения почки.

Как следует из полученных данных, нормализация как диуретической функции почек, так и реакции почечного кровотока на водно-солевую нагрузку сопровождается восстановлением характера изменений температуры почек, вызываемых этой нагрузкой: динамика температуры почек при водно-солевой нагрузке аналогична наблюдаемой у почек с ненарушенным кровоснабжением.

1. Путилин Н. И. А. пающих во время в деятельности о
2. Gibbs G. Termoele 1933, 31, p. 141—14
3. Grupp G., Jansso Arch., 1958, 267, N
4. Fegler G. Measur physiolo. (Liege),

Киевский институт
Киевский медицинск

V. A. P

ENERGY
OF IT

The diuretic fun
limitation of their blo
tissue of both pathol
the essential degree.
ously with the progre
the compensatory cha
considerable adaptabl
stores its initial leve
duration under the
confirm that the ther
its functional state.

Institute of Urology,
Medical Institute, K

Литература

1. Путилин Н. И. Анализ причин изменений температуры внутренних органов, наступающих во время деятельности и после нее.— Процессы утомления и восстановления в деятельности организма. Киев: Медиздат УССР, 1958, с. 13—32.
2. Gibbs G. Thermoelectric blood flow recorded in form of middle.— Proc. soc. Exper. Biol., 1933, 31, p. 141—146.
3. Grupp G., Jansson S. Untersuchungen über die warmebildung der Niere.— Pfluger. Arch., 1958, 267, N 1, S. 58—72.
4. Fegler G. Measurement of the renal blood flow and heat production.— Arch., internat. physiol. (Liege), 1958, 66, N 4, p. 662—666.

Киевский институт урологии;
Киевский медицинский институт

Поступила в редакцию
13.I 1978 г.

V. A. Pirogov, V. I. Zavyalov, V. I. Bushmakina

ENERGY CHANGES IN THE KIDNEY UNDER CONDITIONS OF ITS NORMAL AND LIMITED BLOOD CIRCULATION

Summary

The diuretic function of the kidneys proves to be disturbed during first hours after limitation of their blood circulation. The morphological and enzymic shifts in the kidney tissue of both pathologic and compensatory character in this period still do not reach the essential degree. When blood circulation is limited (by 50%) for a month, simultaneously with the progressing morphological and enzymic shifts of the pathologic character, the compensatory changes are mainly observed in the kidney tissue, which evidence for considerable adaptable, protective potentialities of the kidney. The diuretic function restores its initial level, the dynamics of temperature evoked by intensification of their duration under the water-salt loading becomes practically normal. The data obtained confirm that the thermometric measurements in the kidney may be used for estimating its functional state.

Institute of Urology, Kiev,
Medical Institute, Kiev