



**О.А. Каплунова**

## **ЮКСТАМЕДУЛЛЯРНЫЙ ПУТЬ КРОВОТОКА**

*Ростовский государственный медицинский университет,  
кафедра нормальной анатомии  
Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.  
E-mail: kaplunova@bk.ru*

Цель - установить основные черты организации кровоснабжения почек у представителей пяти классов позвоночных (в том числе у человека), изучить источники кровоснабжения, оценить адаптационную перестройку интраорганного артериального русла почек и юкстамедуллярный путь кровотока.

Материалы и методы: исследованы 484 почки представителей пяти классов позвоночных животных и 400 почек людей различного возраста. Исследования проведены с помощью комплекса морфологических методов.

Результаты: получены качественные и количественные характеристики артериальных сосудов в сравнительно-анатомическом, возрастном аспекте, а также при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Заключение: полученные данные позволили оценить адаптационную перестройку интраорганного артериального русла почек и юкстамедуллярный путь кровотока.

*Ключевые слова:* артерии почек, юкстамедуллярный шунт, возрастная норма.

**O.A. Kaplunova**

## **THE JUXTAMEDULLARY WAY OF THE BLOOD-GROOVE**

*Rostov State Medical University,  
Department of General Anatomy  
29 Nakhichevansky st., Rostov-on-Don, 344022, Russia.  
E-mail: kaplunova@bk.ru*

Purpose: To determine the main trait of kidney's blood supply of the representatives of five vertebrates (including people), to study blood supply sources, to estimate adaptation reorganization of intraorgan kidney's arterial race and the juxtamedullary way of the blood-groove.

Materials and Methods: 484 kidneys of representatives of five classes of vertebrate animals and 400 kidneys of people of various ages are investigated. The complex of morphological research methods was used.

Results: Qualitative and quantitative characteristics arterial vessels in rather-anatomic, age aspect are received, and also at cardiovascular diseases.

Summary: These data have allowed estimating adaptable reorganization of an arterial channel of kidneys and juxtamedullary shunt.

*Keywords:* renal arteries, juxtamedullary shunt, age aspect.



## Введение

**И**зучение строения и кровоснабжения почек в филогенезе и онтогенезе облегчает понимание многих анатомических фактов.

Цель работы – установить основные черты организации кровоснабжения почек у представителей пяти классов позвоночных (рыбы, амфибии, рептилии, птицы, млекопитающие, в том числе у человека), изучить источники кровоснабжения, оценить адаптационную перестройку интраорганного артериального русла почек и юкстамедуллярный путь кровотока.

## Материалы и методы

Исследования проведены на 484 почках представителей пяти классов позвоночных животных (рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих). Возрастные особенности архитектоники внутриорганного артериальных сосудов изучены на 400 почках людей различного возраста, в том числе и при ишемической болезни сердца.

При исследовании использовали комплекс методов: препараточный, макромикроскопический, гистологический и морфометрический.

## Результаты и обсуждение

На основании изучения данных литературы и собственных исследований [1] установлено, что у низших позвоночных животных (рыб, амфибий, рептилий) функционирует воротная венозная система почек. Воротная вена почки образуется от слияния подвздошной, хвостовой и семенной вен, несет кровь к почечным капиллярам синусоидного типа. Эти капилляры связаны также с выносящими артериолами клубочков и с выносящими почечными венами. По мнению некоторых авторов [2], воротная система почек решает проблему водного баланса организма этих животных. У птиц воротная система почек существует в редуцированном виде, а у млекопитающих полностью исчезает. Фрагментами остаточной воротной системы почек у эмбрионов человека являются субкардинальные вены, отводящие кровь из мезонефросов в задние кардинальные вены и извилистые сосуды между мезонефрическими канальцами [3].

Итак, у низших позвоночных животных кровь от хвоста и задних конечностей оттекает по воротной вене почек. Нам представляется, что это не простое отведение венозной крови от этих частей тела. Очевидно, что, как и почки высших позвоночных животных, почки низших наделены некоторыми эндокринными функциями. Подтверждение тому – исследование эндокринных функций почек у рыб [4]. Возможно, что гормоны, вырабатываемые почками низших позвоночных животных при стрессе, с кровью по воротной системе, минуя фильтрацию в клубочках почечных телец, попадают в общее кровеносное русло и влияют на общую гемодинамику.

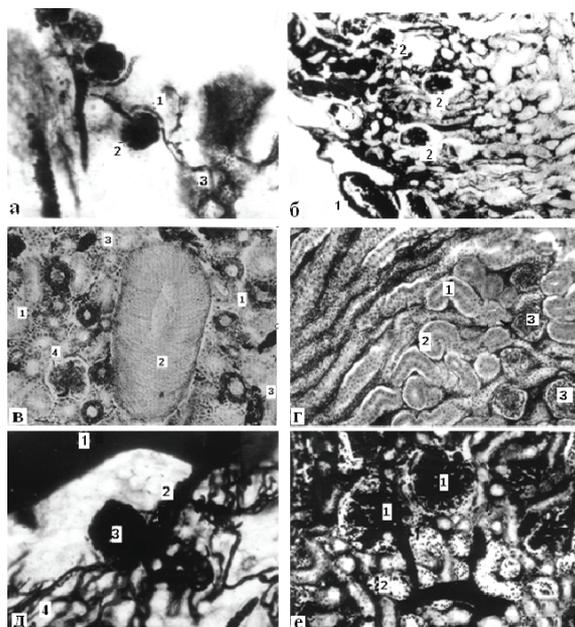
У млекопитающих животных, в том числе и у человека, в антенатальном периоде развития исчезновение элементов воротной венозной системы почек совпадает

с редукцией мезонефроса, задних кардинальных вен и началом плацентарного кровообращения. Можно предположить, что остатки воротной венозной системы почек преобразуются в эмбриональном периоде развития в элементы юкстамедуллярного пути кровотока. У человека в норме юкстамедуллярный путь кровотока усиливается при волнении, тяжелой физической нагрузке, стрессе. Большая часть крови при этом быстро возвращается в общее кровеносное русло через этот путь, минуя фильтрацию. Срабатывают и эндокринные системы почек, восстанавливающие почечную и общую гемодинамику. Усиление юкстамедуллярного пути кровотока обеспечивает адаптацию к изменяющимся условиям почечной и общей гемодинамики.

Установлено, что у изученных нами представителей хрящевых и костистых рыб, как в краниальных – кроветворных частях почек, состоящих из лимфоидной ткани, так и в каудальных – мочевых, располагаются широкие, овально-округлые тонкостенные венозные синусы. Синусы впадают в выносящие вены почек и выполняют, очевидно, роль депо крови. Отношение почек к кроветворению прослеживается и у млекопитающих, в том числе у человека. Это известный эритропоэтин, образующийся в юктагломерулярных клубочках и стимулирующий эритропоэз.

По нашим данным в процессе филогенеза наблюдается изменение характера распределения капиллярных клубочков, которые связаны с формированием ткани почки и дифференцировкой её на корковое и мозговое вещество (рис. 1). В почках представителей низших позвоночных животных клубочки располагаются равномерно (у рыб) или группируются в ряды, параллельные поверхности почки (у амфибий). У рептилий и птиц с началом формирования коркового и мозгового вещества наблюдается концентрация клубочков в середине долек почки. У млекопитающих животных происходит четкое разделение почечной ткани на корковое и мозговое вещество. Нами было отмечено, что у человека в мезонефросе нет деления на корковое и мозговое вещество, которое появляется только у постоянной почки. С дифференцировкой почечной ткани на корковое и мозговое вещество у млекопитающих и в том числе у человека, очевидно, связано появление кортикального и юкстамедуллярного путей кровотока (рис. 2).

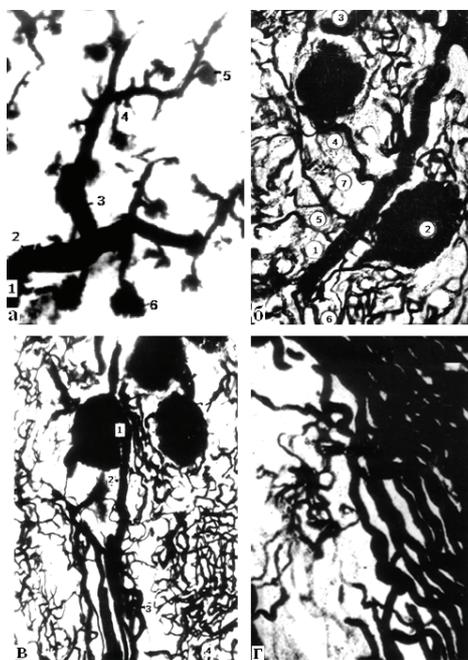
Нами выявлено, что у млекопитающих животных по сравнению с представителями других классов позвоночных животных имеются самые большие клубочки, хотя их меньше на 1 мм<sup>2</sup> почечной ткани, чем у амфибий, рептилий и птиц. У рыб число клубочков на 1 мм<sup>2</sup> почечной ткани минимально, по сравнению со всеми другими позвоночными животными, встречаются и агломерулярные почки у морских рыб. У всех изученных нами млекопитающих животных особенно хорошо развиты юкстамедуллярные клубочки. Капилляры в почках млекопитающих животных не имеют синусоидального характера, как у рыб, амфибий, рептилий; они в 2-3 раза крупнее таковых у птиц. Число капилляров на 1 мм<sup>2</sup> почечной ткани у млекопитающих животных больше, чем у рыб (в 4 раза), у амфибий и рептилий (в 2 раза), но несколько меньше, чем у птиц.



**Рис. 1. Кровоснабжение почек позвоночных животных:**

- а – толстокожа: 1 – выносящая артериола, 2 – клубочек, 3 – капилляры;
- б – прудовой лягушки: 1 – выносящие вены на вентральной поверхности почки;
- 2 – клубочки; в – обыкновенного ужа: 1 – канальцы коркового вещества, 2 – канальцы мозгового вещества,
- 3 – капилляры, 4 – клубочки; г – сизого голубя: 1 – канальцы; 2 – капилляры, 3 – клубочки;
- д – домашней собаки: 1 – дуговая артерия, 2 – приносящая артериола, 3 – юкстамедуллярный клубочек,
- 4 – прямые артериолы мозгового вещества, е – лисы: 1 – кортикальные клубочки, 2 – капилляры.

Инъекция сосудов черной тушью. Окраска гематоксилин-эозином (в, г). Импрегнация азотнокислым серебром по G.Gömöri (е). Об. 8, ок. 15 (а, б, д). Об. 16, ок. 10 (в, е).



**Рис. 2. Артериальные сосуды почки:**

- а – плода девочки 5 месяцев: 1 – междольковая артерия, 2 – дуговая артерия, 3 – междольковая артерия,
- 4 – приносящая артериола, 5 – кортикальный клубочек, 6 – юкстамедуллярный клубочек;
- б – мужчины 33 лет: 1 – междольковая (транзитная), артерия, 2 – субкапсулярные клубочки,
- 3 – сосуды фиброзной капсулы, 4 – приносящая артериола, 5 – боковая веточка междольковой артерии,
- 6 – капилляры, 7 – сосуд Людвига; в – мужчины 40 лет: 1 – юкстамедуллярный клубочек, 2 – выносящая артериола,
- 3 – ложные прямые артериолы; г – женщины 88 лет: извилистость, сужения и расширения прямых артериол,
- запустение капилляров.

Инъекция сосудов черной тушью. Об.8, ок.15 (а). Об. 15, ок. 7 (б, в, г).



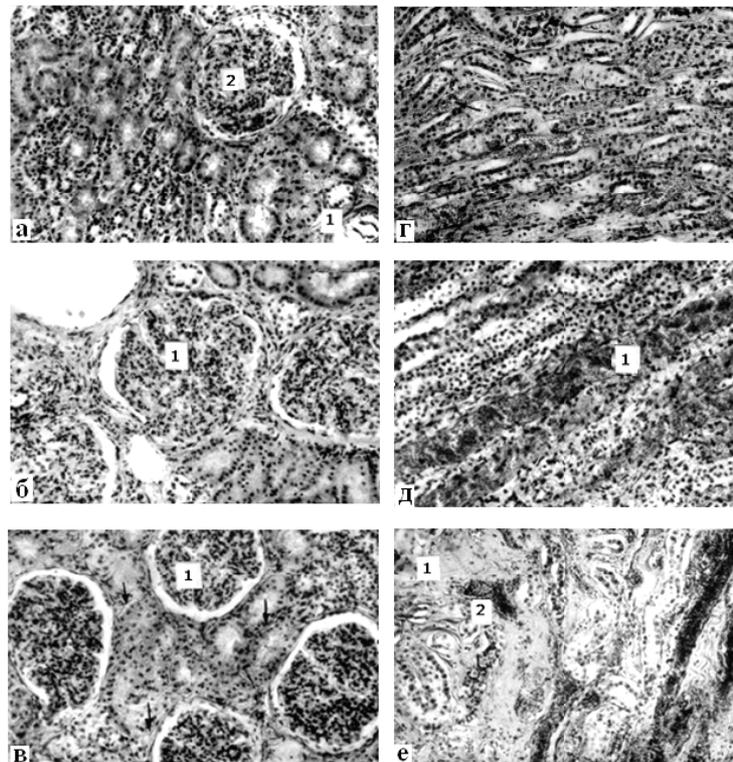
Установлено, что в почках плодов человека 3 месяцев имеются все элементы артериальной и венозной сети, характерные для взрослых. В почках плодов и новорожденных в субкапсулярной зоне коркового вещества располагается слой нефрогенной ткани, состоящей из незрелых клубочков. К концу периода внутриутробного развития формирование гемомикроциркуляторного русла почек не заканчивается и продолжается после рождения. Количество клубочков на  $1 \text{ мм}^2$  почечной ткани уменьшается с увеличением возраста, а общее количество клубочков в корковом веществе уменьшается от  $2,3 \pm 0,2$  млн в юношеском до  $1,5 \pm 0,2$  млн в старческом возрасте.

Основной функцией юкстамедуллярных клубочков является сброс крови через выносящие артериолы (их диаметр равен или больше диаметра приносящих артериол) в прямые артериолы мозгового вещества. В почках плодов и новорожденных наблюдается преимущественное развитие элементов юкстамедуллярного пути кровотока по сравнению с интракорткальным (рис. 2, а). Об этом свидетельствуют большие диаметры юкстамедуллярных клубочков, недоразвитость клубочков средней и особенно субкапсулярной зон коркового вещества почки. Это обстоятельство, очевидно, связано с тем, что основным выделительным органом плода является плацента, а по юкстамедуллярному пути сбрасывается большая часть крови, минуя фильтрацию.

С увеличения возраста от юношеского до пожилого обнаружено увеличение диаметров интракорткальных и юкстамедуллярных клубочков и уменьшение их в пожилом и старческом возрасте. Именно юкстамедуллярные клубочки как самые «старые» первыми подвергаются склерозированию.

При определении относительного содержания артериальных сосудов в корковом и мозговом веществе почек максимальное значение этого показателя установлено в юношеском возрасте. С увеличением возраста этот показатель уменьшается как в корковом, так и в мозговом веществе почки и, особенно, в юкстамедуллярной зоне начиная с пожилого возраста. В старческом возрасте и у долгожителей, по сравнению с юношеским возрастом, относительное содержание артериальных сосудов в корковом веществе уменьшается в 6 раз, в юкстамедуллярной зоне – в 4 и в мозговом веществе – в 2 раза.

Большие диаметры юкстамедуллярных клубочков и больший показатель относительного содержания артериальных сосудов в юкстамедуллярной зоне, чем в других зонах коркового вещества, создают предпосылки для возможного юкстамедуллярного шунтирования при срочной адаптации в норме (рис. 3, а, б, г). Очевидно, уменьшение этих показателей в юкстамедуллярной зоне в пожилом и старческом возрасте определяют уменьшение адаптационных возможностей интраорганного артериального русла почек после 60 лет.



**Рис.3. Кровоснабжение коркового вещества почки мужчины 32 лет, контрольная группа:**

а, 1 – междольковая артерия, 2 – клубочек; б, 1 – юкстамедуллярный клубочек; в – мужчины 68 лет с хронической ишемической болезнью сердца: 1 – ишемизированные клубочки, стрелками показаны спавшиеся капилляры; кровоснабжение мозгового вещества почки: г – мужчины 32 лет, контрольная группа, стрелками показаны умеренно наполненные кровью прямые артериолы; д – мужчины 49 лет с острой ишемической болезнью сердца, видны расширенные и переполненные кровью прямые артериолы; е – женщины 71 года с хронической ишемической болезнью сердца, вторичной гипертензией: 1 – очаги склероза мозгового вещества, 2 – деформация прямых артериол.

Окраска по ван Гизон (а, е). Окраска гематоксилин-эозином (б, в, г, д). Об. 16, ок. 10.



При острых сердечно-сосудистых заболеваниях возрастает значение юкстамедуллярного пути кровотока, наблюдается юкстамедуллярное шунтирование (рис. 3, д). При хронических сердечно-сосудистых заболеваниях (рис. 3, в) вначале усиливается юкстамедуллярное шунтирование, а на поздних стадиях заболевания склероз мозгового вещества почек (рис. 3, е) вызывает редукцию и блок юкстамедуллярного пути кровотока, ухудшается как юкстамедуллярный, так и кортикальный путь кровотока, что приводит к срыву адаптации интраорганный артериального русла почек.

#### Выводы

1. У млекопитающих, в том числе и у человека, дифференцировка почечной ткани на корковое и мозговое вещество объясняет появление кортикального и юкстамедуллярного путей кровотока.
2. В антенатальном периоде развития человека в поч-

ках юкстамедуллярный путь кровотока преобладает над кортикальным. Это связано с тем, что основным выделительным органом плода является плацента и по юкстамедуллярному пути кровотока сбрасывается большая часть крови, минуя фильтрацию.

3. В постнатальном периоде развития человека с увеличением возраста значение юкстамедуллярного пути кровотока уменьшается.

4. Уменьшение значения юкстамедуллярного пути кровотока в пожилом и старческом возрасте определяет уменьшение адаптационных возможностей интраорганный артериального русла почек в норме.

5. При острых сердечно-сосудистых заболеваниях возрастает значение юкстамедуллярного пути кровотока, наблюдается юкстамедуллярное шунтирование.

6. При хронических сердечно-сосудистых заболеваниях ухудшается как юкстамедуллярный, так и кортикальный путь кровотока, что приводит к срыву адаптации интраорганный артериального русла почек.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каплунова О.А. Кровеносные сосуды почек. – Ростов-на-Дону: Наука-Спектр, 2008. – 272с.
2. Giersberg H., Rietschel P. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Zweiter Band. – Jena, 1968. – 233s.
3. Б.М. Карлсон. Основы эмбриологии по Пэттену. Т.2. – М.: Мир, 1983. – 389 с.
4. Grassi Milano E., Basari F., Chimenti C. Adrenocortical and adrenomedullary homologs in eight species of adult and developing teleosts: morphology, histology and immunohistochemistry // General and comparative Endocrinology. – 1997. – № 108 (3). – P. 483–496.

ПОСТУПИЛА: 12.12.2009