

© Каплунова О.А., 2019
УДК: 611.611:611.13/.16-053
DOI 10.21886/2219-8075-2019-10-4-51-58

Возрастные особенности артериальных сосудов почек человека

О.А. Каплунова

Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

Цель: изучить изменения архитектоники интраорганных артериальных сосудов почек у людей старших возрастных групп. **Материалы и методы:** исследованы 150 почек людей различного возраста, погибших от причин, не связанных с заболеваниями сердечно-сосудистой и мочевой систем. Исследования проведены с помощью ангиографического, макромикроскопического методов и морфометрии. **Результаты:** с увеличением возраста установлено уменьшение количества сосудистых клубочков в почке, доли клубочковой массы в корковом веществе почки. В старческом возрасте и у долгожителей выявлена редкая капиллярная сеть в корковом веществе почки, извилистость, сужения и расширения прямых артериол и капилляров в мозговом веществе. 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 раза, в корковом веществе — в 2 раза. **Заключение:** выявленные изменения архитектоники артериальных сосудов в различных зонах почки определяют возможности юкстамедуллярного шунтирования при срочной адаптации в норме. С увеличением возраста диапазон приспособительных возможностей сосудистого русла почек стареющих людей уменьшается по сравнению с таковым у людей юношеского и зрелого возраста.

Ключевые слова: почки стареющих людей, микрососуды почек, юкстамедуллярный шунт.

Для цитирования: Каплунова О.А. Возрастные особенности артериальных сосудов почек человека. *Медицинский вестник Юга России*. 2019;10(4):51-58. DOI 10.21886/2219-8075-2019-10-4-51-58

Контактное лицо: Ольга Антониновна Каплунова, kaplunova@bk.ru.

Age features of arterial human kidney vessels

O.A. Kaplunova

Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

Objective: to study the structural transformations of the architectonics of intra-organ renal arterial vessels in the age aspect. **Materials and methods:** 150 kidneys of people of different age who died from the reasons which are not connected with diseases of cardiovascular and urinary systems are investigated. The studies were carried out using a set of methods: angiographic, macromicroscopic and morphometry. **Results:** with increasing age, a decrease in the number of vascular glomeruli in the kidney, the proportion of glomerular mass in the cortical substance of the kidney was found. In old age and in centenarians, a rare capillary network in the cortical substance of the kidney, tortuosity, narrowing and expansion of direct arterioles and capillaries in the cerebral substance was revealed. In old age and in centenarians, compared with adolescence, the relative content of arterial vessels in the cortical substance decreases by 6 times, in the juxtamedullary zone — by 4 and in the cortical substance — by 2 times. **Conclusions:** the large diameters of the juxtamedullary glomeruli and a large index of the relative content of arterial vessels in the juxtamedullary zone create prerequisites for possible juxtamedullary shunting with urgent adaptation in the norm. The decrease in these indicators in old age, the elderly and centenarians, obviously, explains the age-related decline in the adaptive capacity of the arterial bed of the kidneys. With increasing age, the range of adaptive capabilities of the renal vascular bed of aging people decreases compared to those of mature age.

Key words: kidneys of aging people, microvessels of the kidneys, juxtamedullary shunt.

For citation: Kaplunova O.A. Age features of arterial human kidney vessels. *Medical Herald of the South of Russia*. 2019;10(4):51-58. (In Russ.) DOI 10.21886/2219-8075-2019-10-4-51-58

Corresponding author: Olga An. Kaplunova, kaplunova@bk.ru.

Введение

Люди в возрасте старше 65 лет являются наиболее быстро растущей демографической популяцией во всем развитом мире [1,2].

У пожилых пациентов чаще выявляют нарушения почечной функции и нефросклероз в почках. Почки у пожилых людей претерпевают ряд структурных изменений и меняют гемодинамическое и физиологическое поведение в покое и в ответ на нарушение почечного кровотока. Это приводит к увеличению диагнозов возрастной почечной недостаточности [3], повышает склонность почек к развитию прогрессирующей хронической болезни почек [4].

Анализируя данные литературы, посвященные изучению возрастных особенностей почек, можно отметить достаточное количество публикаций, посвященных возрастным изменениям клубочков почечных телец [5 – 7].

Известно, что в почке функционируют два структурно и функционально различных круга кровообращения: кортикальный и юкстамедуллярный [8]. В литературе мы не нашли данных о возрастных изменениях артериального русла в корковом веществе, его юкстамедуллярной зоне и в мозговом веществе почек. Не были проанализированы результаты морфометрии артериальных сосудов почек у людей различного возраста.

Цель исследования — изучить структурные преобразования архитектоники интраорганных артериальных сосудов почек в возрастном аспекте.

Материал и методы

Возрастные особенности архитектоники внутриорганных артериальных сосудов изучены на 150 почках людей различного возраста (по возрастной периодизации института возрастной физиологии Российской АМН 1969 г.): 24 почки — юношеского возраста, 28 — I зрелого периода, 32 — II зрелого периода, 34 — людей пожилого возраста, 32 — людей старческого возраста и долгожителей.

Включающим фактором при исследовании были общепринятые критерии нормы. Исключающим фактором из исследования являлись заболевания сердечно-сосудистой системы и почек в анамнезе.

Для оценки кровоснабжения почек на ангиограммах определяли артериопочечный индекс (соотношение суммарной площади поперечных сечений артериальных сосудов к площади почки в %) [9].

При макромикроскопическом методе для инъекции почечных артерий использовали водную взвесь черной туши. На макромикроскопических препаратах определяли: количество сосудистых клубочков почечных телец в срезе почечной ткани на единицу площади (1 см^2) и в единице объема (1 см^3), общее количество сосудистых клубочков почечных телец в корковом веществе почки, средний объем одного сосудистого клубочка и средний объем клубочковой массы коркового вещества почки, а также относительное содержание артериальных сосудов в корковом веществе, его юкстамедуллярной зоне и в мозговом веществе почек [9, 10].

Для обобщения различных по феноменологии и разности морфометрических показателей, полученных

при анализе ангиограмм и макромикроскопических препаратов, определяли обобщающий критерий изменения артериального русла почек, в том числе и микрососудов, — индекс артериального русла почек [9].

Оценку статистической значимости данных проводили по программе Statistica 4. Различия между группами показателей признаны значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты

При анализе ангиограмм почек выявлено равномерное заполнение контрастным веществом всех звеньев артериального русла, включая дуговые и междольковые артерии. В почках людей пожилого и старческого возраста появляется извилистость междольковых артерий, сосудистый рисунок на периферии становится более редким (за счет уменьшения диаметра внутриорганных артерий и их числа).

В юношеском и зрелом возрасте заметна разница между диаметрами артериальных ветвей смежных порядков (рис. 1а,б), а в пожилом и старческом возрасте (рис. 1в,г) она выражена максимально.

В почках людей юношеского возраста обнаружены относительно большие диаметры почечных артерий и их ветвей первого порядка (табл.1), ветви следующих порядков имеют относительно меньший диаметр, чем в других возрастных группах.

Для характеристики возрастной адаптации артериального русла почек на ангиограммах определяли артериопочечный индекс — соотношение суммарной площади поперечных сечений артериальных сосудов к площади почки в %. Установлено, что цифровое значение артериопочечного индекса максимально у юношей — $34 \pm 0,5\%$. Артериопочечный индекс плавно уменьшается в зрелом возрасте до $19 \pm 0,8\%$ и до $13,2 \pm 0,8\%$ у долгожителей.

При анализе макромикроскопических препаратов в юношеском и зрелом возрастных периодах отмечены равномерное заполнение тушью всех звеньев артериального русла как в корковом, так и в мозговом веществе, монотонность диаметров просветов на протяжении сосудов, четкие контуры сосудов, равномерное инъецирование клубочков. В корковом веществе почки перитубулярная капиллярная сеть густая, капилляры на всем протяжении имеют равномерный диаметр (рис. 2а,в). В пожилом и старческом возрасте и у долгожителей перитубулярная капиллярная сеть становится редкой, в ней появляются извилистости и микроварикозности (рис. 2 – б, г).

В юношеском возрасте в мозговом веществе почек выявляются петли прямых артериол (рис. 3а), в зрелом возрасте заметна концентрация прямых артериол в пучки (рис. 3б), а в старческом возрасте и у долгожителей (рис. 3в,г) — извилистость, сужения и расширения артериальных сосудов.

С увеличением возраста от юношеского до пожилого обнаружено увеличение диаметров всех звеньев артериального русла почек как коркового, так и мозгового вещества с последующим их уменьшением в пожилом, старческом возрасте и у долгожителей (табл. 2).

Обнаружено и уменьшение количества сосудистых клубочков в почке с увеличением возраста. Доля клубочковой

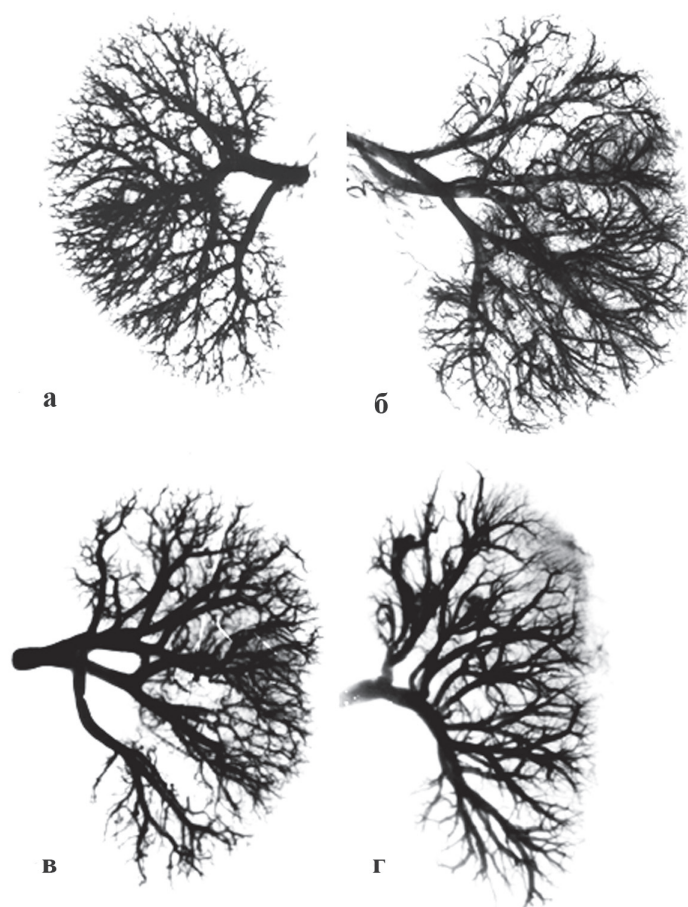


Рисунок 1. Фотография с рентгенограммы артериальных сосудов почки юноши 16 лет (а), женщины 39 лет (б), женщины 60 лет (в) и женщины 71 года (г). Инъекция сосудов контрастной свинцовой массой.
Figure 1. A photograph from a roentgenogram of the arterial vessels of the kidneys of a young man of 16 years (a), women of 39 years (б), women of 60 years (в) and women of 71 years (г). Vascular injection with a contrasting lead mass.

Таблица / Table 1

Возрастная динамика диаметров просвета внутриорганных артерий почек (в мкм); $p < 0,05$
Age dynamics of lumen diameters of intra-organ arteries of kidneys (in microns); $p < 0,05$

Артерии Arteries	Возрастные периоды Age period					
	Юношеский Youthful	1 зрелый 1 Mature	2 зрелый 2 Mature	Пожилой Elderly	Старческий Senile	Долгожители Long-livers
Почечная Renal	5400,0±103,7	5200,7± 9,2	4700,5±83,5	4500,4± 86,9	4300,7±94,8	4300,5± 113,5
Ветви I порядка Branches I of order	4200,6±63,4	3900,8±54,8	3500,4±44,7	2900,4± 48,1	2800,5±46,5	2700,5±52,5
Сегментарные Segmental	604,9±34,1	951,7±25,6	950,7±17,8	936,8± 22,4	926,9±29,3	920,1±32,5
Междольковые Interlobar	328,7±15,7	339,8±10,3	370,5±11,8	364,7± 12,4	356,3±13,2	340,9±14,7
Дуговые Arcuatae	140,5±8,5	172,4±5,1	190,6±5,8	183,9±7,2	170,2±8,9	165,4±11,3
Междольковые Interlobular	87,6±4,5	105,6±2,1	112,7±1,0	110,0±1,2	100,5±2,3	97,3±4,8

массы в корковом веществе почки уменьшается от $30,6 \pm 1,2$ % в юношеском возрасте, до $20,0 \pm 0,8$ % – в старческом возрасте и до $15,0 \pm 1,7$ % – у долгожителей, а общее количество клубочков в почке уменьшается от $2,3 \pm 0,2$ млн в юношеском возрасте, до $1,5 \pm 0,2$ млн – у долгожителей [9].

В почках человека происходят значительные изменения относительного содержания артериальных сосудов, включая и микрососуды. Как показали настоящие исследования [9], по сравнению с юношеским возрастом, в возрасте от 35 лет и старше обнаружено уменьшение показателя относительного содержания артериальных сосудов во всех зонах почки, при этом наиболее выражено оно в корковом веществе. 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.

При комплексной интегративной оценке возрастной перестройки интраорганного артериального русла почек [9] в качестве норматива было выбрано значение индекса артериального русла почек в юношеском возрасте, а отклонения от него оценивали в баллах (табл. 3). Так значение индекса артериального русла, включающее 7 исходных составляющих, в юношеском возрасте оценивается в 7 баллов, в пожилом возрасте — в 23 балла, а в старческом возрасте и у долгожителей достигает 28 баллов.

Анализируя результаты, представленные в табл. 3, можно отметить максимальные возрастные изменения внутриорганных артерий почек по значениям артерио-

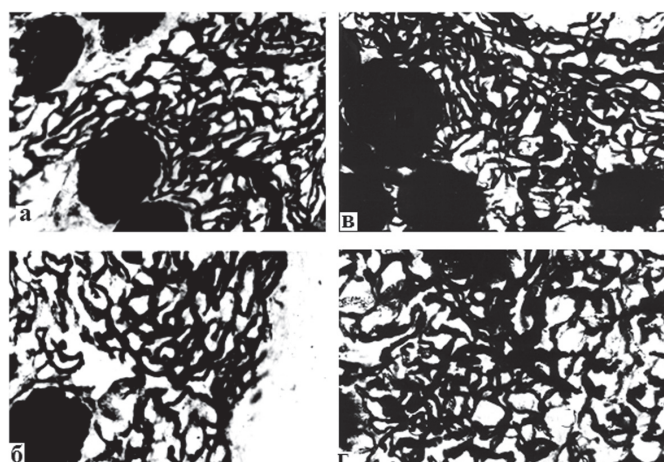


Рисунок 2. Артериальные сосуды в субкапсулярной (а, б) и средней зоне (в, г) коркового вещества почки мужчины 24 лет (а), женщины 58 лет (б), мужчины 37 лет (в) и женщины 88 лет (г). Инъекция сосудов черной тушью.

Об. 15, ок. 7.

Figure 2. Arterial vessels in the subcapsular (a, b) and middle zone (v, г) of the cortex of the kidney of a man 24 years old (a), women 58 years old (б), men 37 years old (в) and women 88 years old (г). Injection of vessels with black ink. Lens 15, eyepiece 7.

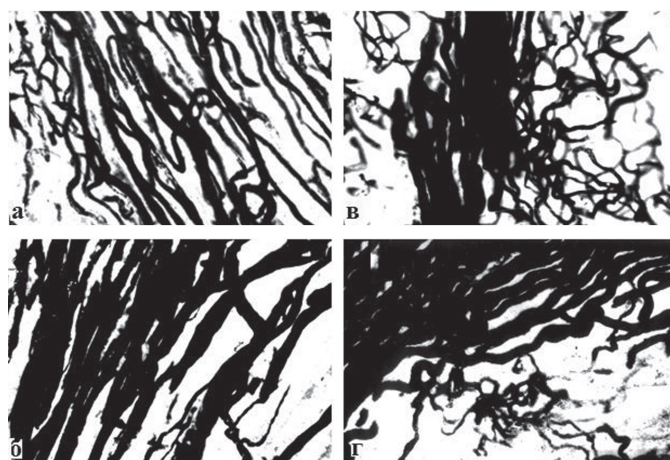


Рисунок 3. Артериальные сосуды мозгового вещества почки мужчины 18 лет (а), женщины 55 лет (б), мужчины 74 лет (в) и женщины 88 лет (г). Инъекция сосудов черной тушью. Об. 15, ок. 7.

Figure 3. Arterial vessels of the medulla of the kidney of a man 18 years old (a), women 55 years old (б), men 74 years old (в) and women 88 years old (д). Injection of vessels with black ink. Lens 15, eyepiece 7.

Таблица / Table 2

Возрастная динамика изменения диаметров капиллярных клубочков почечных телец и просвета микрососудов (в мкм); ($p < 0,05$)
Age dynamics of changes in capillary glomerular diameters of renal cells and microvascular lumen (in microns); ($p < 0.05$)

Микрососуды <i>Microvessels</i>	Возрастные периоды <i>Age period</i>					
	Юношеский <i>Youthful</i>	1 зрелый <i>1 Mature</i>	2 зрелый <i>2 Mature</i>	Пожилой <i>Elderly</i>	Старческий <i>Senile</i>	Долгожители <i>Longlivers</i>
Интракортальный клубочек (ИК) <i>Intracortical glomerulus (IG)</i>	138,7 ± 2,5	148,6 ± 1,1,2	156,8 ± 0,6	156,8 ± 0,5	141,8 ± 1,9	131,6 ± 3,7
Приносящая артериола ИК <i>Afferent glomerular arteriole (IG)</i>	32,0 ± 0,9	34,0 ± 0,5	34,2 ± 0,2	34,2 ± 0,3	34,0 ± 0,8	33,9 ± 0,9
Выносящая артериола ИК <i>Efferent glomerular arteriole (IG)</i>	18,5 ± 0,6	19,1 ± 0,4	19,3 ± 0,6	19,5 ± 0,7	19,7 ± 0,9	19,6 ± 1,2
Перитубулярные капилляры коркового вещества <i>Peritubular capillaries of renal cortex</i>	14,2 ± 0,9	13,7 ± 0,3	13,8 ± 0,7	12,9 ± 0,2	12,0 ± 0,9	12,0 ± 0,8
Юкстамедуллярный клубочек (ЮМК) <i>Juxtamedullary glomerulus (JMG)</i>	178,8 ± 2,3	191,7 ± 1,6	201,6 ± 1,7	191,6 ± 1,9	138,1 ± 2,4	136,6 ± 2,9
Приносящая артериола ЮМК <i>Afferent glomerular arteriole (JMG)</i>	29,7 ± 0,8	25,6 ± 0,6	26,0 ± 0,1	24,3 ± 0,2	23,3 ± 0,5	22,5 ± 1,2
Выносящая артериола ЮМК <i>Efferent glomerular arteriole (JMG)</i>	23,5 ± 1,0	23,2 ± 0,8	23,0 ± 0,2	22,2 ± 0,1	18,5 ± 0,4	18,0 ± 0,9
Прямые артериолы <i>Vasa recti</i>	17,5 ± 0,9	23,7 ± 0,7	23,7 ± 0,3	22,8 ± 0,4	22,4 ± 0,5	21,2 ± 0,8
Перитубулярные капилляры мозгового вещества <i>Peritubular capillaries of renal medulla</i>	7,0 ± 0,2	10,7 ± 0,1	8,5 ± 0,1	8,3 ± 0,1	8,2 ± 0,2	8,2 ± 0,3

почечного индекса, выявленным на ангиограммах. Менее выражены возрастные изменения относительного содержания артериальных сосудов в корковом и мозговом веществе почек, выявленные на макромикроскопических препаратах. Минимально выражены возрастные изменения морфометрических показателей сосудов микроциркуляторного русла почек.

Обсуждение

Выявлено уменьшение количества сосудистых клубочков в почке, доли клубочковой массы в корковом веществе почки с увеличением возраста.

Это соответствует данным литературы о том, что с увеличением возраста независимо от пола, объем почки человека уменьшается [11], причем объем коркового вещества почек уменьшается, а объем мозгового вещества к старческому возрасту увеличивается [12]. Это прогрессивное корковое истончение связано с потерей количества функционирующих нефронов [13].

Морфологические изменения в почках при старении можно охарактеризовать как прогрессирующий нефросклероз, развивающийся на фоне возрастных изменений

сосудов, прежде всего, в сосудистых клубочках юкстамедуллярных телец [11]. В нормальной почке [14] было выявлено от 0,4 % (в детском возрасте) до 3,6 % (в пожилом возрасте) сморщенных клубочков. Несмотря на дегенерацию в старческом возрасте одной трети клубочков, функциональная потеря всегда меньше за счет имеющегося резерва малодействующих нефронов [15].

Эти данные вступают в противоречие с данными, полученными при гистологическом исследовании аутопсийного материала другими авторами [6,16], о том, что глобальный склероз наиболее выражен в подкапсулярной, внешней коре, и это приводит к компенсаторному расширению преимущественно юкстамедуллярных клубочков.

По данным авторов, изучающих гистологические срезы биоптатов почек здоровых доноров, нефросклероз обнаружен в 2,7 % биопсий доноров моложе 30 лет, 58 % доноров 60–69 лет и 73 % доноров старше 70 лет [5]. Как гипертрофия нефронов, так и гломерулосклероз в здоровых почках коррелируют с увеличением возраста и умеренной гипертензией, а потеря нефронов при старении связана либо с усилением гломерулосклероза, либо с уменьшением объема коры, что соответствует атрофии и реабсорбции глобально склеротических клубочков и гипертрофии оставшихся не-

Таблица / Table 3

**Возрастные изменения показателей артериального русла почек (в баллах)
и индекса артериального русла почек ($p < 0,05$)**
Age-related changes in renal arterial bed indices (in points) and renal arterial bed index ($p < 0.05$)

Исходное составляющее <i>The source component</i>	*Базисное составляющее <i>Basic component</i>	Возрастные периоды <i>Age period</i>					
		Юношеский <i>Youthful</i>	1 зрелый <i>1 Mature</i>	2 зрелый <i>2 Mature</i>	Пожилой <i>Elderly</i>	Старческий <i>Senile</i>	Долгожители <i>Longlivers</i>
1		1	3	4	5	5	5
	*	1	3	4	5	5	5
2		1	2	4	3	5	5
3		1	5	5	5	5	5
	*	2	7	9	8	10	10
4		1	3	3	3	4	4
5		1	2	2	3	4	4
6		1	2	2	2	2	2
7		1	2	2	2	3	3
	*	4	9	9	10	13	13
Индекс артериального русла почек <i>Index of the arterial bed of kidney</i>		7	19	22	23	28	28

Примечение: 1 — артериопочечный индекс в %; 2 — относительное содержание артериальных сосудов в корковом веществе (усл. ед.); 3 — относительное содержание артериальных сосудов в мозговом веществе (усл. ед.); 4 — доля клубочковой массы в корковом веществе (в %); 5 — количество клубочков в почке (млн.); 6 — диаметр клубочков интракортикальных почечных телец (мкм); 7 — диаметр клубочков юкстамедуллярных почечных телец (мкм).

Note: 1 — arteriopochечny index in %; 2 — the relative content of arterial vessels in the cortical substance (cont. units); 3 — the relative content of arterial vessels in the cerebral substance (cont. units); 4 — the share of the glomerular mass in the cortical substance (in %); 5 — number of glomeruli in the kidney (mln); 6 — diameter of renal corpuscles glomeruli intracortical (μm); 7 — diameter of renal corpuscles glomeruli juxtamedullary (μm).

фронов [7]. Однако эти авторы не уточняют, в каких зонах коркового вещества наиболее выражено склерозирование.

В старших возрастных периодах перитубулярная капиллярная сеть становится редкой, в ней появляются извилистости и микроварикозности. Подобные возрастные изменения микроциркуляторного русла почек связаны со склеротическим процессом и облитерацией капилляров, и очевидно, обуславливают ухудшение с возрастом гемодинамики в почках. Кроме того, в почках стареющих людей происходит значительное уменьшение относительного содержания артериальных сосудов, включая и микрососуды. Таким образом, наши данные дополняют и уточняют морфологические обоснования сведениям о возрастном ухудшении кровоснабжения почек [11,17].

Выявленные изменения архитектоники артериальных сосудов в различных зонах почки определяют возможности юкстамедуллярного шунтирования при срочной адаптации в норме. С увеличением возраста диапазон приспособительных возможностей сосудистого русла почек стареющих людей уменьшается по сравнению с таковыми у людей юношеского и зрелого возраста.

Настоящие данные подтверждают выводы авторов [18,19] о том, что главная физиологическая особенность старения состоит в замедлении процессов адаптации.

Выводы

1. Возрастные изменения ангиоархитектоники почек людей старших возрастных групп, выявленные рентгеноанатомическим методом, характеризуются уменьшением артериопочечного индекса.
2. В почках людей старших возрастных групп происходят значительные изменения относительного содержания артериальных сосудов, включая и микрососуды.
3. Наиболее значительны возрастные изменения внутриорганных артерий до междольковых включительно. Наименее выражены возрастные изменения морфометрических показателей микрососудов почек.
4. С увеличением возраста диапазон приспособительных возможностей сосудистого русла почек стареющих людей уменьшается по сравнению с таковыми у людей зрелого возраста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Centers for Disease Control and Prevention: *The State of Aging and Healthy in America*. - Atlanta, GA, Createspace Independent Publisher, 2013.
2. European Commission: *The 2015 Ageing Report Economic and budgetary projections for the 28 EU Member States (2013-2060)*. - Eur Econ 3; 2015.
3. Zhou X.J., Rakheja D., Yu X., Saxena R., Vaziri N.D., Silva F.G. The aging kidney. // *Kidney Int.* - 2008. - V.74(6). - P. 710-720. doi: 10.1038/ki.2008.319.
4. O'Sullivan E.D., Hughes J., Ferenbach D.A. Renal Aging: Causes and Consequences. // *J Am Soc Nephrol.* - 2017. - V.28(2). - P.407-420. doi: 10.1681/ASN.2015121308.
5. Rule A.D., Amer H., Cornell L.D., Taler S.J., Cosio F.G., et al. The association between age and nephrosclerosis on renal biopsy among healthy adults. // *Ann Intern Med.* - 2010. - V.152(9). - P.561-567. doi: 10.7326/0003-4819-152-9-201005040-00006.
6. Stojanović V.R., Jovanović I.D., Ugrešević S.Z., Vasović L.P., Živković V.S., et al. Morphometric analysis of nonsclerotic Glomeruli size and connective tissue content during the aging process. // *Scientific World Journal.* - 2012. -2012:845046. doi: 10.1100/2012/845046.
7. Denic A., Alexander M.P., Kaushik V., Lerman L.O., Lieske J.C., et al. Detection and clinical patterns of nephron hypertrophy and nephrosclerosis among apparently healthy adults. // *Am J Kidney Dis.* - 2016. - V. 68(1). - P. 58-67 doi: 10.1053/j.ajkd.2015.12.029.
8. Trueta J., Barclay A.E., Daniel P.N., Franklin K.J., Prichard M.M.L. *Studies of the renal circulation*. - Oxford; 1947.
9. Каплунова О.А. *Кровеносные сосуды почек*. - Ростов-на-Дону: Наука-Спектр; 2008.
10. Автандилов Г.Г., Зукакова И.Б. К методике морфометрического исследования почек // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. - 1975. - Т. 90, №7. - С. 122-124.
11. Асфандияров Ф.Р., Кафаров Э.С. Изменение объемов сосудистого русла коркового и мозгового вещества почки в процессе старения // *Успехи геронтологии*. -2010. - Т.23, №1. - С. 90-92.
12. Nyengaard JR, Bendtsen TF. Glomerular number and size in relation to age, kidney weight, and body surface in normal man // *Anat. Rec.* - 1992. - V. 232(2). - P. 194-201. DOI: 10.1002/ar.1092320205
13. Lerma E.V. Anatomic and Physiologic Changes of the Aging Kidney // *Clinics in Geriatric Medicine*. - 2009. - V.25, Is.3. - P.325-329. doi: 10.1016/j.cger.2009.06.007.
14. Шулуток Б.И. *Патология почек. Клинико-морфологическое исследование*. - Л.: Медицина; 1988.
15. Kappel B., Olsen S. Cortical interstitial tissue and sclerotic glomeruli in the normal human kidney related to age and sex. A quantitative study // *Virchow's Arch.* - 1980. - V.387. -N 3. - P. 271-277.
16. Newbold K.M., Sandison A., Howie A.J. Comparison of size of juxtamedullary and outer cortical glomeruli in normal adult kidney // *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol.* - 1992. - V.420(2). - P.127-129. DOI: 10.1007/bf02358803
17. Максимов В.Ф. Микроциркуляция почек в возрастном аспекте и при артериальной гипертензии // *Научные труды Новосибирского медицинского института*. - Новосибирск. - 1976. - Т. 84. - С. 110-112.
18. Парашенко Н.А. Возрастные особенности почечной гемодинамики у здоровых людей // *Врачебное дело*. - 1979. - №7. - С. 41-48.

REFERENCES

1. Centers for Disease Control and Prevention: *The State of Aging and Healthy in America*. Atlanta, GA, Createspace Independent Publisher, 2013.
2. European Commission: *The 2015 Ageing Report Economic and budgetary projections for the 28 EU Member States (2013-2060)*. Eur Econ 3; 2015.
3. Zhou XJ, Rakheja D, Yu X, Saxena R, Vaziri ND, Silva FG. The aging kidney. *Kidney Int.* 2008;74(6):710-720. doi: 10.1038/ki.2008.319.
4. O'Sullivan ED, Hughes J, Ferenbach DA. Renal Aging: Causes and Consequences. *J Am Soc Nephrol.* 2017;28(2):407-420. doi: 10.1681/ASN.2015121308.
5. Rule AD, Amer H, Cornell LD, Taler SJ, Cosio FG, et al. The association between age and nephrosclerosis on renal biopsy among healthy adults. *Ann Intern Med.* 2010;152(9):561-567. doi: 10.7326/0003-4819-152-9-201005040-00006.
6. Stojanović VR, Jovanović ID, Ugrešević SZ, Vasović LP, Živković VS, et al. Morphometric analysis of nonsclerotic Glomeruli size and connective tissue content during the aging process. *Scientific World Journal.* 2012;2012:845046. doi: 10.1100/2012/845046.
7. Denic A, Alexander MP, Kaushik V, Lerman LO, Lieske JC, et al. Detection and clinical patterns of nephron hypertrophy and nephrosclerosis among apparently healthy adults. *Am J Kidney Dis.* 2016;68(1):58-67 doi: 10.1053/j.ajkd.2015.12.029.
8. Trueta J, Barclay AE, Daniel PN, Franklin KJ, Prichard MML. *Studies of the renal circulation*. Oxford; 1947.
9. Kaplunova OA. *Blood vessels of the kidneys*. Rostov-na-Donu: Nauka-Spektr; 2008. (in Russ.)
10. Avtandilov GG, Zukakova IB. To the method of morphometric study of the kidneys. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 1975;90(7):122-124. (in Russ.)
11. Asfandiyarov FR, Kafarov ES. Change of volume of cortical and medulla vessels in aging process. *Advances in Gerontology.* 2010;23(1):90-92. (in Russ.)
12. Nyengaard JR, Bendtsen TF. Glomerular number and size in relation to age, kidney weight, and body surface in normal man. *Anat. Rec.* 1992;232(2):194-201. DOI: 10.1002/ar.1092320205
13. Lerma EV. Anatomic and Physiologic Changes of the Aging Kidney. *Clinics in Geriatric Medicine.* 2009;25(3):325-329. doi: 10.1016/j.cger.2009.06.007.
14. Shulutko BI. *Pathology of the kidneys. Clinical and morphological study*. L.: Medicina; 1988. (in Russ.)
15. Kappel B, Olsen S. Cortical interstitial tissue and sclerotic glomeruli in the normal human kidney related to age and sex. A quantitative study. *Virchow's Arch.* 1980;387(3):271-277.
16. Newbold KM, Sandison A, Howie AJ. Comparison of size of juxtamedullary and outer cortical glomeruli in normal adult kidney. *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol.* 1992;420(2):127-129. DOI: 10.1007/bf02358803
17. Maksimov VF. Microcirculation of the kidneys in the age aspect and with arterial hypertension. *Lymphatic and circulatory pathways. Scientific works of the Novosibirsk Medical Institute.* Novosibirsk; 1976;84:110-112. (in Russ.)
18. Parashchenko NA. Age-related features of renal hemodynamics in healthy people. *Medical practice.* 1979;7:41-48. (in Russ.)
19. Bolgov YuA. The method of systematic study of general patterns in human development. *Medical practice.* 1985;8:5-8. (in Russ.)

-
19. Болгов Ю.А. Метод системного изучения общих закономерностей в развитии человека // *Врачебное дело*. - 1985. - №8. - С. 5-8.

Информация об авторе

Каплунова Ольга Антониновна, д.м.н., проф., Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия. ORCID: 0000-0002-5860-112X. E-mail: kaplunova@bk.ru.

Information about the author

Olga A. Kaplunova, Dr. Sci (Med.), Prof., Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia. ORCID: 0000-0002-5860-112X. E-mail: kaplunova@bk.ru.

Получено / Received: 21.10.2019

Принято к печати / Accepted: 13.11.2019