

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 616-091.8

DOI 10.34014/2227-1848-2022-1-65-74

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ КОРКОВОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧКИ В ДЕТСКОМ ВОЗРАСТЕ

А.А. Сологуб, Е.В. Слесарева

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

Одним из факторов развития артериальной гипертензии является повышение активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Предполагается актуальным исследование строения субкапсулярных и около мозговых нефронов с целью выявления их морфофункциональных особенностей в постнатальном онтогенезе.

Цель. Изучить возрастные особенности строения коркового вещества почки у детей в различных возрастных группах.

Материалы и методы. Исследование выполнено на аутопсийном материале почек, полученном от умерших пациентов в возрасте от 2 месяцев до 10 лет, не имевших сосудистых и ренопаренхиматозных заболеваний. Выделено шесть возрастных групп: 2–4 месяца, 6–9 месяцев, 10–12 месяцев, 3 года, 6 лет, 10 лет. Парафиновые микропрепараты готовили по стандартной методике, окрашивали гематоксилином и эозином. Определяли плотность расположения тел субкортикальных и около мозговых нефронов, площади клубочков, тел и мочевого пространства субкортикальных и около мозговых нефронов с помощью морфометрической программы Levenhik.

Результаты. В постнатальном онтогенезе происходит неравномерное созревание коркового вещества почек. Нефроны субкапсулярной зоны развиваются быстрее, с преимущественным ростом извитых канальцев на начальных этапах развития. Плотность расположения тел нефронов в около мозговой зоне ниже, чем в субкортикальной. Активный рост канальцев и стромы наблюдается с возраста 3 лет. К 10 годам плотность расположения корковых и около мозговых нефронов становится одинаковой, что соответствует строению почки взрослого. В онтогенезе тела и сосудистые клубочки около мозговых нефронов имеют большие размеры, нежели те же структуры субкапсулярных нефронов. Но мочевое пространство шире в субкапсулярных нефронах, что свидетельствует о более раннем их вовлечении в процесс мочеобразования. Значительное развитие сосудистых клубочков около мозговых нефронов свидетельствует об их преимущественной вовлеченности в процессы регуляции артериального давления путем синтеза ренина.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, ренин-ангиотензин-альдостероновая система, нефрон, ренин, субкортикальные нефроны, около мозговые нефроны.

Введение. Изучение морфологии ткани почек в настоящий момент сохраняет свою актуальность [1] в связи с вовлеченностью почечных механизмов в развитие артериальной гипертензии и ростом числа больных гипертонией [2, 3]. Особенно тревожна современная тенденция к росту числа больных с артериальной гипертензией среди пациентов детского возраста [4]. Отмечается, что у пациентов детского возраста с меньшим врожденным количеством нефронов выше вероятность развития

данного заболевания в будущем [5]. Артериальная гипертензия, по данным экспертов ВОЗ, признана ведущим фактором, определяющим высокую смертность населения в современном обществе [6]. У больных артериальной гипертензией в 7 раз чаще возникает инсульт и в 3–4 раза чаще развивается ишемическая болезнь сердца [6] по сравнению с общей популяцией. Исследование, проведенное в США (2012), показало, что у 69 % больных, впервые перенесших инфаркт миокарда, 77 %

имеющих сердечную недостаточность и 77 % пациентов с инсультом в анамнезе присутствовала неконтролируемая артериальная гипертензия [7].

С другой стороны, в последние десятилетия наблюдается омоложение дебюта артериальной гипертензии, что значительно ухудшает качество жизни пациентов, приводит к ранней инвалидизации и росту смертности [8]. Так, по данным клинических рекомендаций «Артериальная гипертензия у детей» (пересмотр 2016 г.), среди хронических заболеваний детства распространенность артериальной гипертензии у детей и подростков в настоящее время уступает только распространенности астмы и ожирения [8]. Итоги многочисленных исследований показали высокую частоту встречаемости артериальной гипертензии среди детей и подростков, которая варьирует в пределах от 1 до 18 % обследованных. По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации, в последнее время отмечен рост числа детей с повышенным АД, их количество в 2005 г. составляло 335,6 тыс. чел. (6,8 %) [8].

Одним из ведущих факторов развития и прогрессирования артериальной гипертензии является повышение активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, в т.ч. весомым является ее вклад в формирование эндотелиальной дисфункции [9]. Исходя из вышеизложенных фактов предполагается актуальным исследование возрастных особенностей строения субкортикальных и около мозговых нефронов с целью выявления морфофункциональных особенностей в различных возрастных группах и оценки вклада различных морфологических типов нефронов в процесс синтеза и секреции ренина.

Цель исследования. Изучить возрастные особенности строения коркового вещества почки у детей в различных возрастных группах, в частности изменение количества и площади сосудистых клубочков и почечных телец субкортикальных и около мозговых нефронов в ходе онтогенеза.

Материалы и методы. Исследование выполнено на аутопсийном материале почек, полученных от умерших пациентов в возрасте от 2 месяцев до 10 лет, не имевших каких-либо

выявленных сосудистых и ренопаренхиматозных заболеваний. Аутопсийный материал был распределен на шесть возрастных групп без половой привязки: 2 месяца, 6 месяцев, 10–12 месяцев, 3 года, 6 лет, 10 лет. В каждой возрастной группе было исследовано по 10 аутопатов.

Исследуемый материал фиксировался в нейтральном формалине, готовились парафиновые микропрепараты по стандартной гистологической методике и окрашивались гематоксилином и эозином, что позволяло визуализировать все структуры коркового и мозгового вещества для морфометрического исследования. Морфометрия проводилась с использованием исследовательского микроскопа Levenhuk, микрофотонасадки и комплекса программного обеспечения Levenhuk.

В ходе исследования проводился подсчет количества тел субкортикальных нефронов и количества около мозговых нефронов на единицу площади. За единицу площади было взято поле зрения при увеличении $\times 10$. Подсчитывались все тела нефронов, попавшие в поле зрения. Всего было взято 20 полей зрения в каждом препарате: 10 полей зрения для подкапсулярной зоны и 10 полей зрения для около мозговой зоны коркового вещества. Определялось общее количество тел нефронов на препарат и общее количество тел нефронов в зонах коркового вещества по отдельности. Проводилось измерение площадей клубочков и площадей тел субкортикальных и около мозговых нефронов с помощью стандартных инструментов программного обеспечения Levenhuk, а также вычислялась площадь мочевого пространства в телах нефронов в зависимости от их типа (площадь капсулы Боумена – Шумлянскогo) и возраста ребенка.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программы Statistica 8.0. Все результаты были проверены на соответствие закону о нормальном распределении (критерий Шапиро – Уилка). Для показателей с нормальным распределением использовался критерий Стьюдента, для показателей, распределение которых не соответствовало нормальному, – критерий Манна – Уитни. Данные представлены в виде среднего арифметического значения

и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Значимыми считались отличия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. При проведении макроскопического морфологического исследования и дальнейшего микроскопического изучения гистологических препаратов в ткани почек отсутствовали видимые повреждения и признаки патологии. Почки различ-

ных возрастных групп имели типичное строение для соответствующего детского возраста [9–16].

При анализе плотности расположения тел нефронов в подкапсулярной зоне коркового вещества и околomosговой зоне были выявлены некоторые особенности динамики в зависимости от возрастной группы (рис. 1, табл. 1).

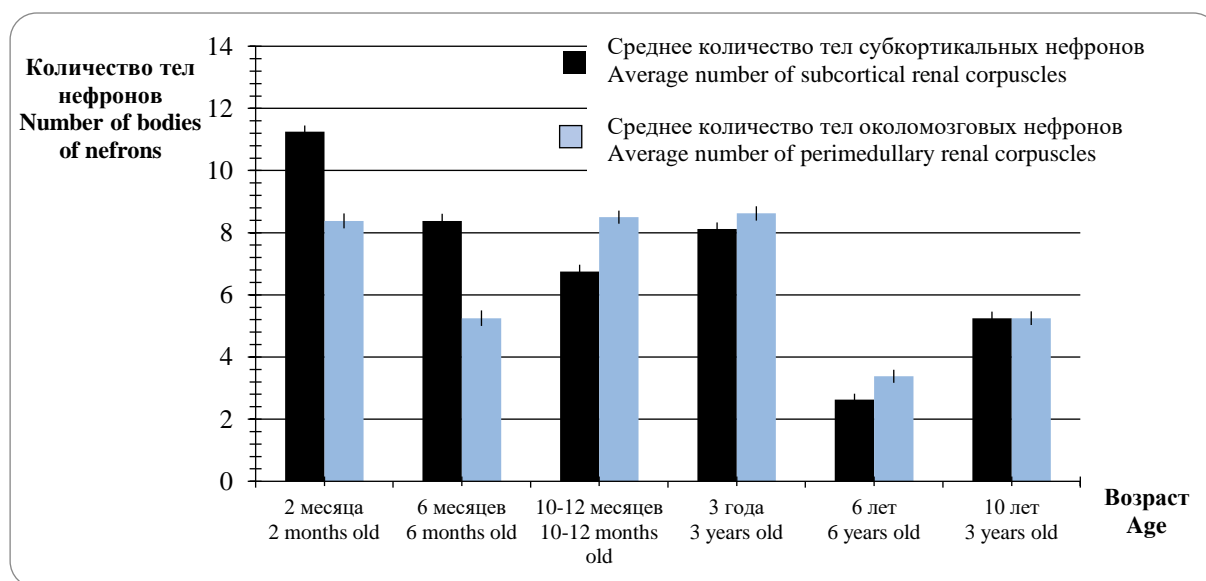


Рис. 1. Плотность расположения тел нефронов в подкапсулярной и околomosговой зоне коркового вещества почек в зависимости от возраста

Fig. 1. Number of renal corpuscles in subcortical and perimedullary zones of the renal cortex depending on age

Таблица 1
Table 1

Среднее количество тел нефронов в ткани почек на единицу площади
Average number of renal corpuscles in kidney tissue per unit area

Показатель	2 месяца 2 months old	6 месяцев 6 months old	10–12 месяцев 10–12 months old	3 года 3 years old	6 лет 6 years old	10 лет 10 years old
Среднее количество субкортикальных нефронов Average number of subcortical nephrons	11,25±0,2	8,38±0,23	6,75±0,22	8,12±0,21	2,63±0,19	5,25±0,21
Среднее количество околomosговых нефронов Average number of perimedullary nephrons	9,81±0,24*	6,81±0,25*	7,62±0,21*	8,37±0,23	3,01±0,21	5,25±0,22

Примечание. * – достоверность различий данных при сравнении количества тел нефронов в субкортикальной и околomosговой зонах ($p \leq 0,05$).

Note. * – the difference is significant when comparing the number of renal corpuscles in the subcortical and perimedullary zones ($p \leq 0.05$).

Соотношение количества тел нефронов в подкапсулярной и околomозговой зонах коркового вещества почек у детей в возрастных группах 2 и 6 месяцев схоже: количество тел субкортикальных нефронов превышает количество тел околomозговых нефронов (рис. 1, табл. 1). В то же время количество тел нефронов в поле зрения как для подкапсулярной, так и для околomозговой зоны в возрасте 6 месяцев меньше, чем в возрасте 2 месяцев. Данный факт можно объяснить тем, что в этот период идет активное развитие канальцевого аппарата и стромы почки, количество же тел нефронов остается постоянным, что обуславливает снижение плотности расположения собственно тел нефронов в корковом веществе. Таким образом, часть тел нефронов может просто выпадать из поля зрения, «заменяясь» прочими структурами почки.

В возрасте 10–12 месяцев количество тел нефронов в поле зрения в околomозговой зоне возрастает относительно их количества в подкапсулярной зоне, а количество тел нефронов в подкапсулярной зоне продолжает относительно равномерно снижаться, как это было в возрастных группах 2 и 6 месяцев. Таким образом, в возрастной группе 10–12 месяцев наблюдается смена соотношения плотности расположения субкортикальных и околomозговых нефронов в сторону околomозговых нефронов. К трехлетнему возрасту плотность расположения околomозговых нефронов остается практически без изменений.

В возрастной группе 6 лет плотность расположения тел субкортикальных и околomозговых нефронов снижается при сохранении соотношения количества тел субкортикальных и околomозговых нефронов. Это свидетельствует о практически равномерном развитии канальцевого аппарата в период с 3 до 6 лет.

Плотность расположения тел субкортикальных и околomозговых нефронов стабилизируется к 10 годам жизни и достоверно не отличается ($p \leq 0,05$) от аналогичного показателя в возрастной группе 6 лет. Таким образом, с 10–12 месяцев, когда происходит скачек количества тел околomозговых нефронов, и во всех последующих возрастных группах вплоть до 10 лет идет постепенное выравнивание соотношения

количества тел нефронов в подкапсулярной и околomозговой зонах коркового вещества.

На основании вышеописанных изменений можно сделать заключение о нелинейном развитии коркового вещества почек в возрасте от 2 месяцев до 10 лет со следующими тенденциями: в возрасте до полугода происходит преимущественное развитие стромы и канальцевого аппарата почек; до трех лет развитие стромы и канальцевого аппарата идет медленнее в субкортикальной зоне, в результате чего соотношение тел субкортикальных и околomозговых нефронов сближается с сохранением лидерства за мозговыми нефронами; до 6 лет соотношение тел субкортикальных и околomозговых нефронов остается без изменений, но усиливается формирование стромы и канальцевого аппарата почек; к 10 годам соотношение количества тел субкортикальных и мозговых нефронов выравнивается.

Результаты гистологического исследования площади тел нефронов, их клубочков и капсул в ткани почек представлены на рис. 2–4.

При анализе площади тел нефронов и их клубочков можно увидеть следующее: с 2 до 6 месяцев идет достаточно равномерный рост размеров тела нефрона и клубочка, при этом площадь тел околomозговых нефронов и площадь их клубочков чуть больше площади субкортикальных.

В возрастной группе 10–12 месяцев площадь тел околomозговых нефронов и их клубочков заметно уменьшается и становится меньше площади субкортикальных, что можно объяснить усиленным развитием субкортикальных нефронов в связи с их более активным вовлечением в процесс мочеобразования.

Аналогичная картина наблюдается и в возрасте 3 лет: тела мозговых нефронов и их клубочки по-прежнему имеют меньшую площадь в сравнении с корковыми, но большую в сравнении с анализируемыми параметрами в возрастной группе 10–12 месяцев.

В 6 и 10 лет соотношение площадей тел околomозговых и субкортикальных нефронов и соотношение площадей клубочков сформировало картину, аналогичную наблюдаемой в 2 и 6 месяцев.

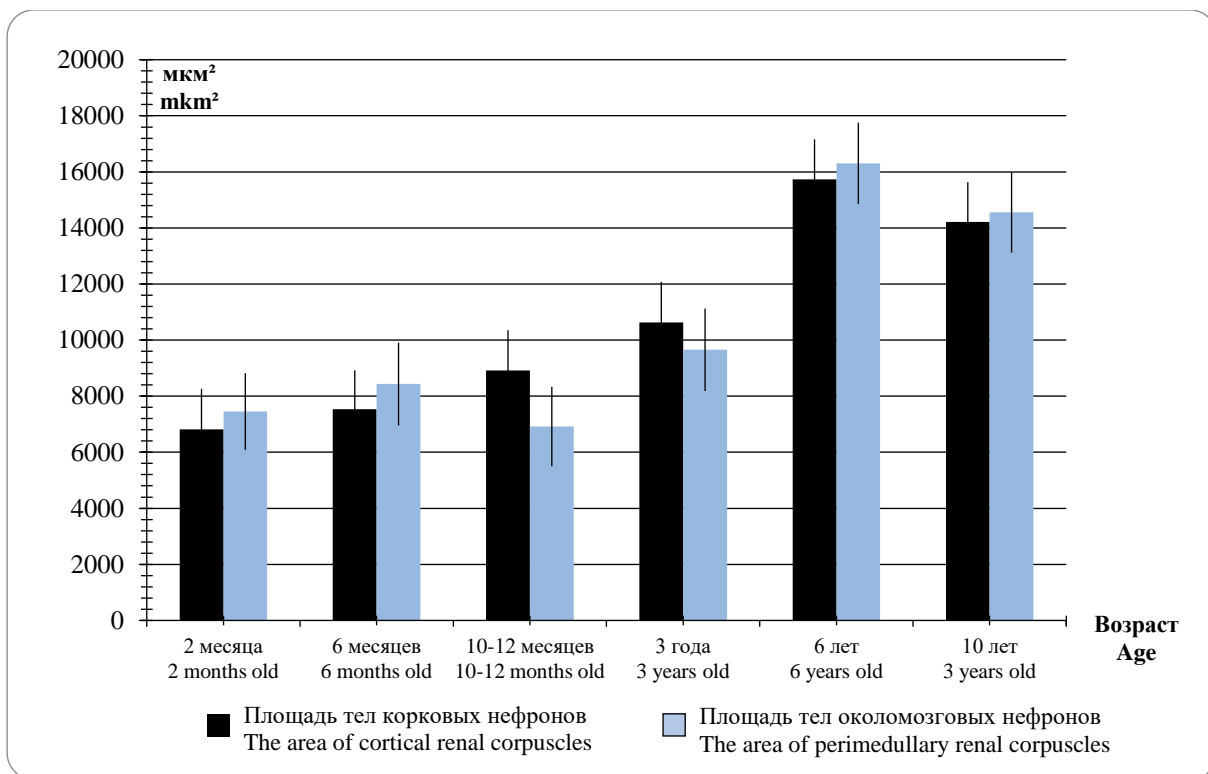


Рис. 2. Средняя площадь тел субкортикальных и околомозговых нефронов

Fig. 2. Average area of cortical and perimedullary nephrons

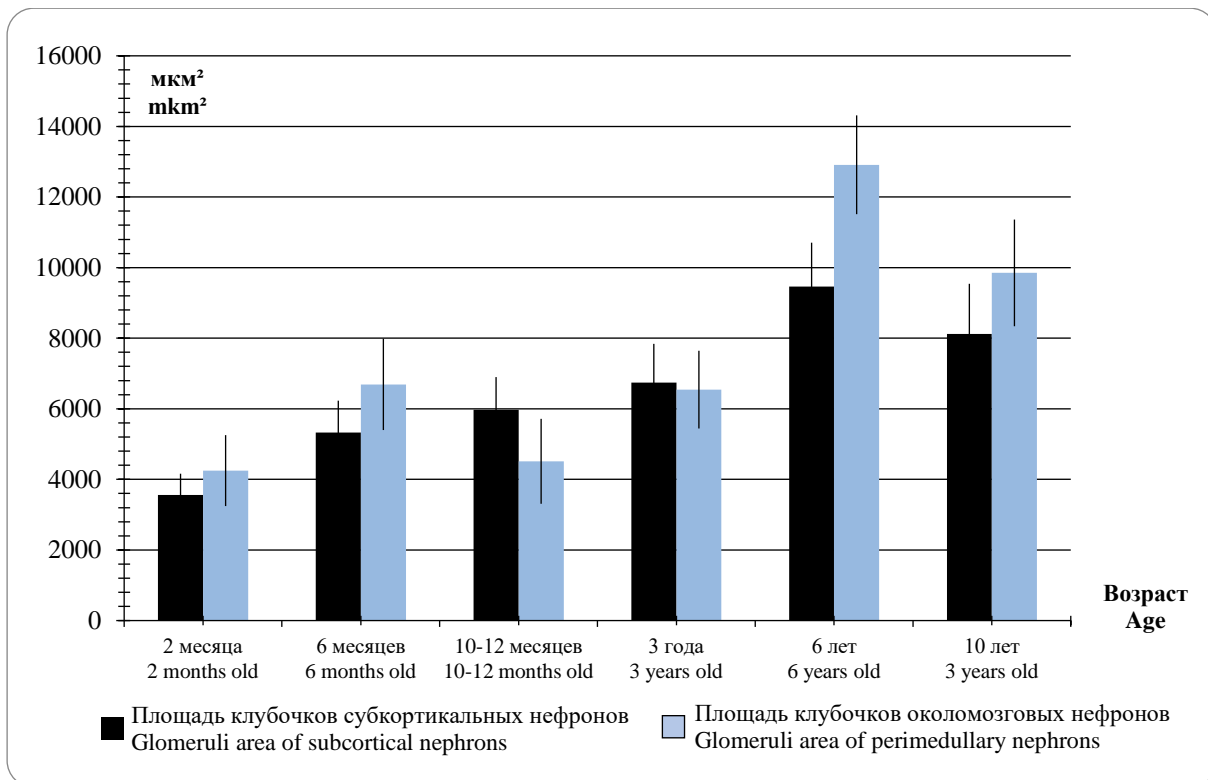


Рис. 3. Средняя площадь клубочков субкортикальных и околомозговых нефронов

Fig. 3. Average glomeruli area of subcortical and perimedullary nephrons

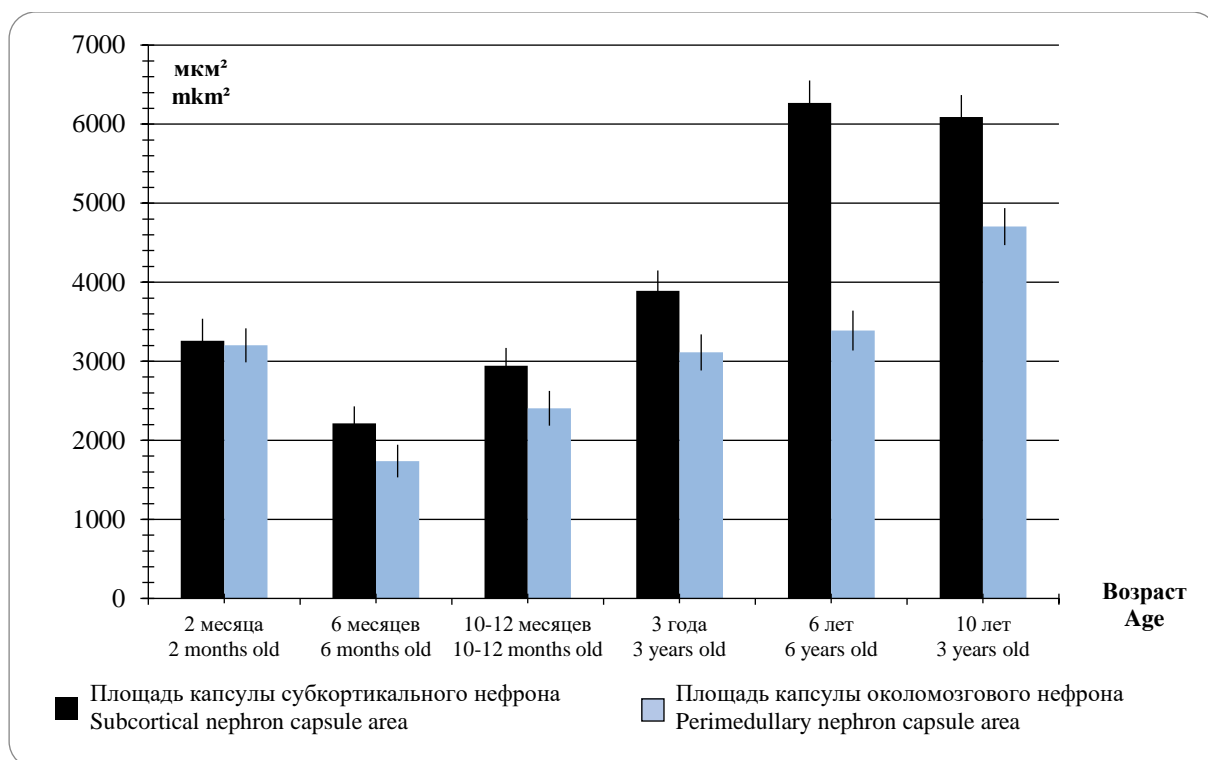


Рис. 4. Средняя площадь капсул субкортикальных и около мозговых нефронов

Fig. 4. Average capsule area of subcortical and perimedullary nephrons

В 2 месяца площадь капсулы около мозговых нефронов незначительно меньше площади капсулы субкортикальных. Но к 6 месяцам эта разница становится более очевидной, при этом площади капсул и субкортикальных, и около мозговых нефронов уменьшаются. Это можно объяснить тем, что клубочек в данном возрастном периоде растет чуть быстрее, нежели капсула.

В возрастных периодах 10–12 месяцев и 3 лет соотношение площадей тел субкортикальных и около мозговых нефронов не меняется, а сами площади капсул увеличиваются в соответствии с ростом нефронов. В возрасте 6 лет разница площадей капсул корковых и мозговых нефронов становится заметной. Меньшую площадь капсулы около мозговых нефронов помогают объяснить гистограммы площадей клубочков и нефронов: площадь клубочка около мозговых нефронов увеличилась больше, чем площадь клубочков субкортикальных нефронов, а площади тел нефронов в этот возрастной период отличаются не столь сильно.

Таким образом, в ходе постнатального онтогенеза происходит неравномерное, нелинейное созревание коркового вещества почек. Нефроны его субкапсулярной зоны развиваются быстрее с преимущественным ростом извитых канальцев на начальных этапах постнатального развития. Плотность расположения тел нефронов в около мозговой зоне с момента рождения ниже, чем в субкапсулярной. Активный рост канальцев и элементов стромы наблюдается только с возраста 3 лет. К 10-летнему возрасту плотность расположения тел корковых и около мозговых нефронов становится практически одинаковой, что, вероятно, свидетельствует о выравнивании процессов развития канальцевого аппарата почек на различных уровнях залегания.

С момента рождения и до 10 лет тела около мозговых нефронов и их сосудистые клубочки имеют большие размеры, чем тела и клубочки нефронов в субкапсулярной зоне. И в течение изученного промежутка времени происходит прогрессивное увеличение данных параметров. При анализе размеров моче-

вого пространства разных типов нефронов выявлена обратная тенденция: мочевое пространство (капсула Боумена – Шумлянско-го) имеет большую площадь в субкапсулярных нефронах, что свидетельствует о более раннем и значительном вовлечении корковых нефронов в процесс мочеобразования. В то же время значительное развитие сосудистых клубочков около мозговых нефронов может указывать на преимущественную вовлеченность этой части нефронов в процессы регуляции мочеобразования и артериального давления путем синтеза ренина эндокриноцитами, содержащимися в стенках приносящих, выносящих арте-

риол и интерстиции между петлями сосудистого клубочка.

Выводы:

1. В течение постнатального онтогенеза нефроны субкапсулярной зоны дифференцируются раньше около мозговых нефронов.
2. В возрастном периоде 0–10 лет размеры тел около мозговых нефронов превышают размеры тел субкапсулярных нефронов.
3. Преимущественное развитие сосудистых клубочков около мозговых нефронов свидетельствует о вовлеченности этих нефронов в процессы регуляции мочеобразования и артериального давления.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Praveen Kumar, Smita Gupta, Amar Jeet Mehta, Vivek Kumar Athwani. Kidney Size Assessment in Children with Severe Acute Malnutrition Under 5 Years of Age. A Comparative Stud. Journal of Pediatric Nephrology. 2021; 9 (3): 1–7. URL: <https://journals.sbmu.ac.ir/jpn/article/view/34122> (дата обращения: 21.07.2021). DOI: 10.22037/34122.
2. Mennuni S., Rubattu S., Pierelli G., Tocci G., Fofi C., Volpe M. Hypertension and kidneys: unraveling complex molecular mechanisms underlying hypertensive renal damage. Journal of human hypertension. 2014; 28: 74–79. URL: <https://www.nature.com/articles/jhh201355#citeas> (дата обращения: 22.07.2021). DOI: 10.1038/2013.55.
3. Rossier B.C., Bochud M., Devuyst O. The Hypertension Pandemic: An Evolutionary Perspective. Physiology (Bethesda). 2017; 32 (2): 112–125. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28202622> (дата обращения: 22.07.2021). DOI: 10.1152/physiol.00026.2016. PMID: 28202622.
4. Baracco R., Kamat D. Pediatric Nephrology. Pediatr. Ann. 2020; 49 (6): e248–e249. URL: <https://www.proquest.com/docview/2411102467> (дата обращения: 15.11.2021). DOI: 10.3928/19382359-20200520-03. PMID: 32520364.
5. Сафина А.И., Абдуллина Г.А., Даминова М.А. Становление функций почек у детей, родившихся преждевременно. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016; 61 (5): 166–173. URL: https://www.ped-perinatology.ru/jour/article/view/401?locale=ru_RU (дата обращения: 15.11.2021). DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-5-166-173.
6. Чазова И.Е. Итоги реализации Федеральной целевой программы по профилактике и лечению артериальной гипертензии в России в 2002–2012 гг. Вестник РАМН. 2013; 2: 5.
7. Veronique L. Roger, Alan S. Go, Donald M. Lloyd-Jones, Emelia J. Benjamin, Jarett D. Berry, William B. Borden, Dawn M. Bravata, Shifan Dai. Heart disease and Stroke statistics – 2012 update: a report from the American Heart Association. Circulation. 2012; 125: 2–220.
8. Нурполатова С.Т., Эргашева З.У. Изучение особенностей распространения артериальной гипертензии в разных возрастных группах. Бюллетень науки и практики. 2018; 4 (3): 48–53. URL: <http://www.bulletennauki.com/nurpolatova-ergasheva> (дата обращения: 28.07.2021). DOI: 10.1161/CIR.0b013e31823ac046.
9. Мамбетова А.М., Инарокова А.М., Шабалова Н.Н. Активность ренин-альдостероновой системы и формирование артериальной гипертензии у больных с врожденным пузырно-мочеточниковым рефлюксом и рефлюкс-нефропатией. Нефрология. 2016; 20 (5): 30–35. URL: https://journal.nephrolog.ru/jour/article/view/204?locale=ru_RU (дата обращения: 30.07.2021).
10. Таболин В.А., Бельмер С.В., Османов И.М. Нефрология детского возраста. М.: Медпрактика; 2005. 712.
11. Эрман М.В. Нефрология детского возраста в схемах и таблицах: Справочное руководство. СПб.: Специальная литература; 1997. 414.

12. Лучанинова В.Н., Ни А.Н., Семешина О.В. Практическая нефрология детского возраста. Владивосток: Медицина ДВ; 2009.
13. Лойманн Э., Цыгин А.Н., Саркисян А.А. Детская нефрология. М.: Литтерра; 2010. 370.
14. Шумилов П.В., Петросян Э.К., Чугунова О.Л. Детская нефрология. М.: МЕДпресс-информ; 2021. 616.
15. Avner Ellis D., Harmon William E., Patrick Niaudet, Yoshikawa Norishige, Emma Francesco, Goldstein Stuart L. Pediatric Nephrology. Vol. 1. 7th edition. Champaign, IL: Springer Reference; 2016: 13–114.
16. Kher Kanwal, Schnaper William H., Greenbaum Larry A. Clinical pediatric nephrology. 3rd edition. Champaign, IL: CRC Press; 2020: 25–109.

Поступила в редакцию 15.10.2021; принята 18.11.2021.

Авторский коллектив

Сологуб Антон Андреевич – аспирант, ассистент кафедры морфологии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: sologubrv@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8412-5422>.

Слесарева Елена Васильевна – доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой морфологии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: gistology2@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3159-9146>.

Образец цитирования

Сологуб А.А., Слесарева Е.В. Морфологическая оценка динамики развития коркового вещества почки в детском возрасте. Ульяновский медико-биологический журнал. 2022; 1: 65–74. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-1-65-74.

MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF KIDNEY CORTICAL SUBSTANCE DEVELOPMENT IN CHILDHOOD

A.A. Sologub, E.V. Slesareva

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

One of the factors for arterial hypertension development is an increase in the activity of the renin-angiotensin-aldosterone system. It is supposed to be relevant to study the structure of subcortical and perimedullary nephrons in order to identify their morphofunctional characteristics in postnatal ontogenesis.

The aim of the study was to investigate the age-related characteristics of the renal cortex structure in children of different age groups.

Materials and Methods. The study was performed on the autopsy renal material obtained from children without any vascular and renoparenchymal diseases, who died at the age of 2 months – 10 years. Six age groups were identified: those who died at the age of 2–4 months, 6–9 months, 10–12 months, 3 years, 6 years, and 10 years. Paraffin microscope slides were prepared according to a standard method and stained with hematoxylin and eosin. The authors determined the number of subcortical and perimedullary renal corpuscles, cortical and perimedullary nephron area, glomeruli area of subcortical and perimedullary nephrons and their average capsule area using the Levenhuk morphometric program.

Results. In postnatal ontogenesis, uneven maturation of the cortical renal substance is observed. Initially, the nephrons of the subcapsular zone develop faster, with predominant growth of convoluted tubules. Nephron number in the perimedullary zone is lower than in the subcortical one. Active tubule and stroma growth is observed since the age of 3. By the age of 10, the number of subcortical and perimedullary nephrons becomes the same and corresponds to the kidney structure in adults. In ontogenesis, the corpuscles and vascular glomeruli of the pericerebral nephrons are larger than those of the subcapsular ones. However, the urinary space is wider in the subcapsular nephrons, which indicates their earlier involvement in the urination process. A significant development of the vascular glomeruli of the perimedullary nephrons indicates their predominant involvement in the processes of blood pressure regulation through renin synthesis.

Key words: arterial hypertension, renin-angiotensin-aldosterone system, nephron, renin, subcortical nephrons, perimedullary nephrons.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

References

1. Praveen Kumar, Smita Gupta, Amar Jeet Mehta, Vivek Kumar Athwani. Kidney Size Assessment in Children with Severe Acute Malnutrition Under 5 Years of Age. A Comparative Stud. *Journal of Pediatric Nephrology*. 2021; 9 (3): 1–7. Available at: <https://journals.sbm.ac.ir/jpn/article/view/34122> (accessed: July 21, 2021). DOI: 10.22037/34122.
2. Mennuni S., Rubattu S., Pierelli G., Tocci G., Fofi C., Volpe M. Hypertension and kidneys: unraveling complex molecular mechanisms underlying hypertensive renal damage. *Journal of human hypertension*. 2014; 28: 74–79. Available at: <https://www.nature.com/articles/jhh201355#citeas> (accessed: July 07, 2021). DOI: 10.1038/2013.55.
3. Rossier B.C., Bochud M., Devuyst O. The Hypertension Pandemic: An Evolutionary Perspective. *Physiology (Bethesda)*. 2017; 32 (2): 112–125. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28202622> (accessed: July 22, 2021). DOI: 10.1152/physiol.00026.2016. PMID: 28202622.
4. Baracco R., Kamat D. Pediatric Nephrology. *Pediatr. Ann.* 2020; 49 (6): e248–e249. Available at: <https://www.proquest.com/docview/2411102467> (accessed: November 15, 2021). DOI: 10.3928/19382359-20200520-03. PMID: 32520364.
5. Safina A.I., Abdullina G.A., Daminova M.A. Stanovlenie funktsiy pochek u detey, rodivshikhsya prezhevremenno [The formation of renal function in children born prematurely]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*. 2016; 61 (5): 166–173. Available at: https://www.ped-perinatology.ru/jour/article/view/401?locale=ru_RU (accessed: November 15, 2021). DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-5-166-173 (in Russian).
6. Chazova I.E. Itogi realizatsii Federal'noy tselevoy programmy po profilaktike i lecheniyu arterial'noy gipertenzii v Rossii v 2002–2012 gg [Results of the implementation of the Federal Target Program for the Prevention and Treatment of Arterial Hypertension in Russia in 2002–2012]. *Vestnik RAMN*. 2013; 2: 5 (in Russian).
7. Veronique L. Roger, Alan S. Go, Donald M. Lloyd-Jones, Emelia J. Benjamin, Jarett D. Berry, William B. Borden, Dawn M. Bravata, Shifan Dai. Heart disease and Stroke statistics – 2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012; 125: 2–220.
8. Nurpolatova S.T., Ergasheva Z.U. Izuchenie osobennostey rasprostraneniya arterial'noy gipertenzii v raznykh vozrastnykh gruppakh [The study of the characteristics of the arterial hypertension spread in different age groups]. *Bulleten' nauki i praktiki*. 2018; 4 (3): 48–53. Available at: <http://www.bulleten-nauki.com/nurpolatova-ergasheva> (accessed: 28.07.2021). DOI: 10.1161/CIR.0b013e31823ac046 (in Russian).
9. Mambetova A.M., Inarokova A.M., Shabalova N.N. Aktivnost' renin-al'dosteronovoy sistemy i formirovaniye arterial'noy gipertenzii u bol'nykh s vrozhdennym puzyrno-mochetochnikovym reflyuksom i reflyuks-nefropatией [Activity of the renin-aldosterone system and arterial hypertension development in patients with congenital vesicoureteral reflux and reflux nephropathy]. *Nefrologiya*. 2016; 20 (5): 30–35. Available at: https://journal.nephrolog.ru/jour/article/view/204?locale=ru_RU (accessed: 30.07.2021) (in Russian).
10. Tabolin V.A., Bel'mer S.V., Osmanov I.M. *Nefrologiya detskogo vozrasta* [Childhood nephrology]. Moscow: Medpraktika; 2005. 712 (in Russian).
11. Erman M.V. *Nefrologiya detskogo vozrasta v skhemakh i tablitsakh: Spravochnoe rukovodstvo* [Pediatric nephrology in charts and tables: Reference guide]. St. Petersburg: Spetsial'naya literatura; 1997. 414 (in Russian).
12. Luchaninova V.N., Ni A.N., Semeshina O.V. *Prakticheskaya nefrologiya detskogo vozrasta* [Practical pediatric nephrology]. Vladivostok: Meditsina DV; 2009 (in Russian).
13. Loymann E., Tsygin A.N., Sarkisyan A.A. *Detskaya nefrologiya* [Child nephrology]. Moscow: Litterra; 2010. 370 (in Russian).
14. Shumilov P.V., Petrosyan E.K., Chugunova O.L. *Detskaya nefrologiya* [Child nephrology]. Moscow: MEDpress-inform; 2021. 616 (in Russian).
15. Avner Ellis D., Harmon William E., Patrick Niaudet, Yoshikawa Norishige, Emma Francesco, Goldstein Stuart L. *Pediatric Nephrology*. Vol. 1. 7th edition. Champaign, IL: Springer Reference; 2016: 13–114.
16. Kher Kanwal, Schnaper William H., Greenbaum Larry A. *Clinical pediatric nephrology*. 3rd edition. Champaign, IL: CRC Press; 2020: 25–109.

Information about the authors

Sologub Anton Andreevich, Post-graduate Student, Teaching Assistant, Chair of Morphology, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: sologubrv@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8412-5422>.

Slesareva Elena Vasil'evna, Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Head of the Chair of Morphology, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: gistology2@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3159-9146>.

For citation

Sologub A.A., Slesareva E.V. Morfologicheskaya otsenka dinamiki razvitiya korkovogo veshchestva pochki v detskom vozraste [Morphological assessment of kidney cortical substance development in childhood]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*. 2022; 1: 65–74. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-1-65-74 (in Russian).