

УДК 636.932.3:611.61.013

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУР ПОЧЕК НУТРИЙ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

© 2014 г. С. П. Данников, А. Н. Квочко, А. Ю. Криворучко

Ставропольский государственный аграрный университет

355017, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

E-mail: ds.as@mail.ru

Поступила в редакцию 20.01.2014 г.

Окончательный вариант получен 25.03.2014 г.

В постнатальном онтогенезе получены данные по морфометрическим показателям почечного тельца, почечных канальцев и собирательных трубок самок и самцов нутрий. Установлено, что площадь почечного тельца, клубочка, полости просвета капсулы, а также диаметр проксимальных канальцев в правой и левой почке самок и самцов нутрий в первый год жизни увеличиваются. Диаметр дистальных канальцев также возрастает, но после 4.5 месяцев динамика его изменения становится волнообразной. Диаметр собирательных трубок изменяется в зависимости от пола, возраста и топографии почек. Ядерно-цитоплазматическое отношение в клетках проксимальных и дистальных канальцев, а также собирательных трубок изменяется волнообразно и зависит от пола и возраста нутрий. Минимальное среднее значение ядерно-цитоплазматического отношения выявлено в клетках проксимальных канальцев в левой почке самок нутрий в возрасте 12 месяцев (0.162 ± 0.002), а максимальное — в клетках дистальных канальцев в левой почке новорожденных самцов нутрий (0.435 ± 0.007).

Ключевые слова: нутрии, почки, почечное тельце, почечные канальцы, собирательные трубки, постнатальный онтогенез.

DOI: 10.7868/S0475145014060020

ВВЕДЕНИЕ

Каждый биологический вид животных по своему уникален, что обусловлено неповторимостью экологических ареалов обитания и особенностями приспособления механизмов гомеостаза к влиянию факторов окружающей среды. Тонкие различия в структурных и функциональных компонентах органов, прослеживаемые у различных видов животных создают стройную архитектуру понимания глубины биологических процессов. В связи с этим в современной биологии одной из важных составляющих исследовательского процесса становится максимальный охват изучаемых параметров одного и того же органа у наибольшего количества представителей животного мира. В связи с этим проводятся исследования строения и функций мочевыделительной системы у разных представителей семейства грызунов, так как эти виды животных наиболее близко соседствуют с человеком в ареале обитания и их представители являются экспериментальными объектами для большого числа исследований в биологии и медицине.

Фундаментальные исследования по морфологии и биологии развития нутрий имеют единственный характер и не позволяют дать комплексную

биологическую характеристику для этого вида животных.

Почки участвуют в поддержания гомеостаза в животном организме (А. Вандер, 2000; А.К. Гайтон, Д.Э. Холл, 2008; В.А. Stanton, В.М. Коерпен, 2008; G.A. Tanne, 2013). Изучению вопросов микроморфологического статуса органов мочевыделительной системы у различных млекопитающих в постнатальном онтогенезе посвящены работы А.Н. Квочко (2002), Ю.А. Павлюченко (2003), Н.Ю. Халиуллиной (2008), М.М. Жамбулова (2011), С. Friis (1980), U. Dhall et al. (1991) и других ученых.

Нефрон, состоящий из сосудистого клубочка, его капсулы и почечных канальцев, которые в свою очередь впадают в собирательные трубки, имеет высокую структурно-функциональную специализацию, здесь происходят процессы клубочковой фильтрации крови, с последующей канальцевой реабсорбцией ультрафильтрата и тубулярной секрецией различных веществ, образуя конечный продукт метаболизма — мочу (В.В. Серов, 2000). Специфика течения этих процессов отражается на микроструктурах почек в онтогенезе и при повреждениях, что становится актуальным в ряде вопросов биологии развития, морфо-

логии и диагностике различных заболеваний почек с учетом возрастных периодов развития.

Мочевыделительная система нутрий, несмотря на ее многогранную роль в центральных механизмах обмена веществ и поддержания гомеостаза, ранее не являлась предметом комплексного изучения.

В связи с этим, целью исследования было изучение особенностей микроморфологического строения почек нутрий в постнатальном онтогенезе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проведены с 2010 по 2013 гг. в условиях клиники кафедры физиологии, хирургии и акушерства, Научно-диагностическом и лечебном ветеринарном центре ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» и частных фермерских хозяйствах г. Усть-Лабинска Краснодарского края.

Объектом исследования служили 15 клинически здоровых самок и 15 самцов нутрий стандартного окраса в возрасте 1 сутки, 2 месяца, 4.5 месяца, 7.5 месяцев и 12 месяцев (по 3 самца и 3 самки в каждой возрастной группе).

Для изучения микроморфометрических показателей почек проводили умерщвление нутрий в соответствии с Директивой 2010/63/EU ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА по охране животных, используемых в научных целях, и у самцов и самок каждой возрастной группы проводили отбор правой и левой почек для гистологических исследований.

Материал, взятый для гистологических исследований, фиксировали в 10%-ном водном растворе нейтрального формалина, проводили через спирты возрастающей крепости и ксилол, а затем заливали в гистологическую среду «Гистомикс» с использованием гистологического процессора замкнутого типа Tissue-Tek VIP™ 5 Jr. производства Sakura (Япония).

После заливки кусочки органов фиксировали на стандартные гистологические кассеты, затем делали гистосрезы толщиной 5–7 мкм.

Для обзорных целей гистосрезы окрашивали гематоксилином и эозином согласно рекомендациям, изложенным в руководстве В.В. Семченко с соавт. (2006).

С каждого препарата почек окрашенного гематоксилином и эозином, выполняли по 10 цифровых снимков коркового и мозгового слоя (в формате .jpg, размером 3136 × 2352 пикселей в палитре 24 бит) случайно выбранных полей зрения при увеличении 400. Исследовали площадь почечного тельца и сосудистого клубочка (1 измерение в каждом снимке), диаметр проксимальных, дистальных канальцев и собирательных трубок (10 измерений в каждом снимке), площадь клеток

и ядер (10 измерений в каждом снимке). Площадь полости капсулы почечного тельца рассчитывали по разности между площадью почечного тельца и площадью клубочка, а ядерно-цитоплазматическое отношение в клетках проксимальных канальцев, дистальных канальцев и собирательных трубок рассчитывали по формуле — $ЯЦО = Sя/Sц$, где: $Sя$ — площадь ядра клетки; $Sц$ — площадь цитоплазмы.

Морфометрические исследования проводили с использованием программы Видео-Тест Морфология 5.1 для Windows, согласно рекомендациям Г.Г. Автандилова (2005).

Полученные материалы исследований анализировали, а статистическую обработку числовых данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа и множественного сравнения Ньюмена–Кейлса в программе Primer of Biostatistics 4.03 для Windows. Достоверными считали различия при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате морфометрических исследований параметров почечного тельца (рис. 1) у нутрий обоего пола установлено, что площадь всех его компонентов с возрастом увеличиваются (табл.1).

Площадь почечного тельца с рождения и до двух месяцев жизни у самок и самцов нутрий достоверно увеличивается в левой почке на 33.6 и 62.9%, а в правой — на 72.5 и 53.4% соответственно. С двух и до четырех с половиной месячного возраста значение этого показателя в левой почке у самок и самцов достоверно увеличивается на 76.4 и 64.6%, а в правой — на 34.5 и 70.8% соответственно. В семь с половиной месяцев площадь почечного тельца у самок и самцов нутрий в левой почке оказалась достоверно больше на 32.6 и 23.3%, а в правой — на 32.2 и 15.1%, по сравнению с предыдущим возрастом. При достижении возраста двенадцати месяцев значение этого показателя достоверно выше, чем в семь с половиной месяцев у самок и самцов в левой почке на 9.3 и 22.6%, а в правой — на 19.0 и 27.5%.

У самок и самцов нутрий площадь почечного тельца в левой почке достоверно различается только в два месяца (у самок меньше на 18.0%) и в семь с половиной месяцев жизни (у самок больше на 7.7%). В правой почке достоверные различия данного показателя установлены лишь в семь с половиной месяцев жизни (у самок больше на 9.6%).

Между левой и правой почкой у самок нутрий одного возраста достоверные различия в площади почечного тельца установлены у двухмесячных (в левой почке меньше на 17.6%), четырех с половиной месячных (в левой почке больше на 11.5%) и семи с половиной месячных особей (в левой почке больше на 11.9%). У самцов значение данного показателя достоверно различается в семь с поло-

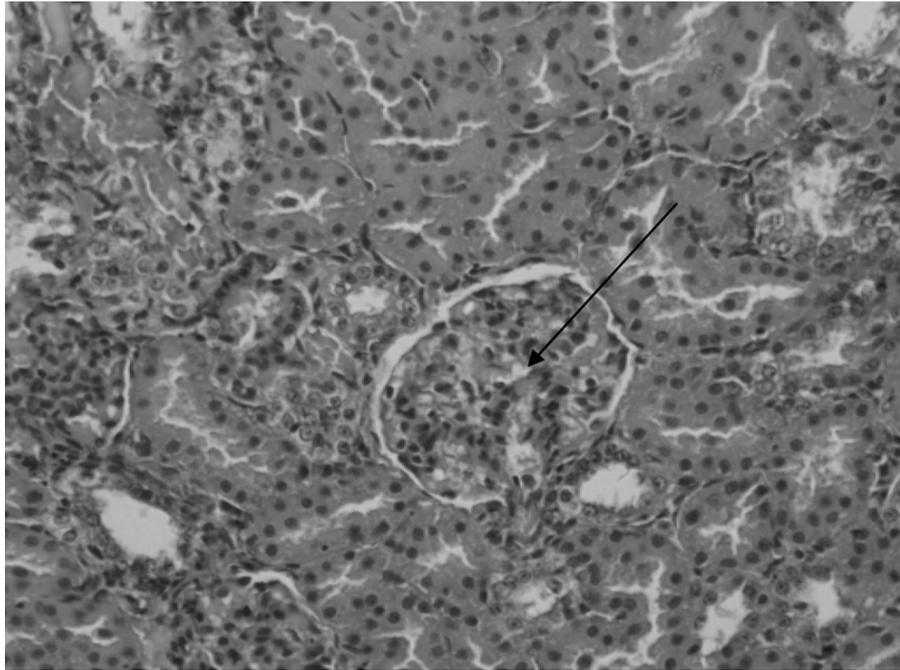


Рис. 1. Почечное тельце левой почки самца нутрии в возрасте 7.5 месяцев. Окраска гематоксилином и эозином ($\times 400$).

виной месяцев (в левой почке больше на 10.9%) и в двенадцать месяцев жизни (в левой почке больше на 6.6%).

Площадь клубочка с рождения и до двух месяцев жизни у самок и самцов нутрий достоверно увеличивается в левой почке на 40.6 и 63.9%, а в правой – на 83.4 и 62.0% соответственно. В четыре с половиной месяца жизни значения этого показателя в левой почке у самок и самцов достоверно увеличиваются на 85.7 и 70.8%, а в правой – на 38.8 и 80.9%, по сравнению с особями двухмесячного возраста. С четырех с половиной и до семи с половиной месяцев жизни площадь клубочка у самок и самцов нутрий в левой почке оказалась достоверно больше на 38.2 и 22.0%, а в правой – на 35.4 и 11.9% соответственно. Достигая возраста двенадцати месяцев значение этого показателя в почках нутрий достоверно больше, чем в семь с половиной месяцев у самок и самцов в правой почке на 15.4 и 29.3%, а в левой почке площадь клубочка достоверно увеличилась только у самцов нутрий (на 24.4%).

При сопоставлении значений площади клубочка в левой почке самок и в левой почке самцов нутрий, достоверные различия выявлены в два месяца (у самок меньше на 18.0%), в семь с половиной месяцев (у самок больше на 11.7%) и в двенадцать месяцев жизни (у самок меньше на 7.8%). В правой почке значения по данному показателю достоверно различаются лишь в возрасте семи с половиной месяцев (у самок больше на 9.6%).

Достоверные различия по площади клубочка между левой и правой почкой самок нутрий одного возраста регистрируются в два месяца (в левой почке меньше на 23%), в четыре с половиной месяца (в левой почке больше на 8.8%) и в семь с половиной месяцев жизни (в левой почке больше на 11.0%). У самцов по значению этого показателя между левой и правой почками достоверные отличия выявлены лишь в семь с половиной месяцев жизни (в левой почке больше на 8.9%).

Анализируя данные площади полости капсулы клубочка в почках нутрий, установлено, что с рождения до двух месяцев жизни у самок в левой и правой почке ее значение достоверно возрастает на 16.4 и 41.7%, а у самцов – на 59.6 и 28.6% соответственно. В четырех с половиной месячном возрасте площадь полости капсулы у самок в левой и правой почке достоверно увеличивается на 48.7 и 19.2%, у самцов – на 43.5 и 34.3%, по сравнению двухмесячными нутриями. С четырех с половиной до семи с половиной месячного возраста значение этого показателя повышается в левой и правой почке у самок нутрий на 11.7 и 19.0%, а у самцов – на 28.8 и 30.8% соответственно. В возрасте двенадцать месяцев жизни площадь полости капсулы у самок в левой и правой почке достоверно увеличивается на 37.4 и 36.3%, а у самцов – на 15.4 и 20.1%, по сравнению с данными предыдущего возраста.

При анализе площади полости капсулы почечного тельца в левых почках у самок и самцов нут-

Таблица 1. Площадь компонентов почечного тельца нутрий разных половозрастных групп

№ п/п	Возраст	Самки, $M \pm m$		Самцы, $M \pm m$	
		левая почка ($n = 30$)	правая почка ($n = 30$)	левая почка ($n = 30$)	правая почка ($n = 30$)
Площадь почечного тельца, мкм^2					
1	1 сутки	3709.0 \pm 129.2	3380.0 \pm 92.1	3257.0 \pm 97.7	3221.0 \pm 81.2
	2 месяца	4957.0 \pm 144.4*	5829.0 \pm 146.4* ^{&}	5305.0 \pm 151.5* [#]	4941.0 \pm 162.2*
	4.5 месяца	8745.0 \pm 196.6*	7842.0 \pm 165.9* ^{&}	8731.0 \pm 302.0*	8438.0 \pm 163.4*
	7.5 месяцев	11600.0 \pm 336.9*	10370.0 \pm 248.6* ^{&}	10770.0 \pm 282.7* [#]	9711.0 \pm 270.3* ^{#&}
	12 месяцев	12680.0 \pm 293.0*	12340.0 \pm 354.1*	13200.0 \pm 385.0*	12380.0 \pm 299.6* ^{&}
Площадь сосудистого клубочка, мкм^2					
2	1 сутки	2643.0 \pm 76.4	2493.0 \pm 64.3	2500.0 \pm 80.7	2391.0 \pm 64.6
	2 месяца	3716.0 \pm 128.2*	4572.0 \pm 119.1* ^{&}	4097.0 \pm 141.5* [#]	3873.0 \pm 138.9*
	4.5 месяца	6900.0 \pm 183.1*	6344.0 \pm 137.8* ^{&}	6998.0 \pm 222.8*	7005.0 \pm 150.9*
	7.5 месяцев	9534.0 \pm 323.0*	8592.0 \pm 223.4* ^{&}	8535.0 \pm 265.7* [#]	7836.0 \pm 195.0* ^{#&}
	12 месяцев	9848.0 \pm 247.6	9917.0 \pm 327.2*	10620.0 \pm 320.2* [#]	10130.0 \pm 216.3*
Площадь полости капсулы почечного тельца, мкм^2					
3	1 сутки	1066.0 \pm 76.3	886.9 \pm 51.7	757.0 \pm 42.0	829.5 \pm 42.5
	2 месяца	1241.0 \pm 45.5*	1257.0 \pm 67.9*	1208.0 \pm 53.0*	1067.0 \pm 51.6*
	4.5 месяца	1845.0 \pm 98.6*	1498.0 \pm 78.0* ^{&}	1734.0 \pm 108.7*	1433.0 \pm 60.0* ^{&}
	7.5 месяцев	2062.0 \pm 110.4*	1782.0 \pm 94.8*	2233.0 \pm 103.6*	1875.0 \pm 130.3* ^{&}
	12 месяцев	2833.0 \pm 106.2*	2428.0 \pm 97.9* ^{&}	2577.0 \pm 136.1* [#]	2251.0 \pm 123.0* ^{&}

Примечание. Статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * $p < 0.05$; между одноименными почками самок и самцов нутрий одного возраста: [#] $p < 0.05$; между левой и правой почкой особи одного пола и возраста: [&] $p < 0.05$.

рий одной возрастной группы установлено, что достоверные различия по этому показателю наблюдаются только в левой почке нутрий двенадцатимесячного возраста (у самок больше, чем у самцов на 9.9%). Достоверные различия между правыми почками самок и самцов нутрий одной возрастной группы по этому показателю не наблюдаются.

Сравнивая данные площади полости капсулы почечного тельца между левой и правой почкой у особей одного пола и возраста, выявили, что в первые сутки после рождения и в двухмесячном возрасте нутрий значения этого показателя достоверно не отличаются. В возрасте четыре с половиной месяца жизни площадь полости капсулы почечного тельца в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно больше, чем в правой на 23.2 и 21.0%. В семь с половиной месяцев жизни значение этого показателя в левой почке достоверно больше, чем в правой только у самцов нутрий (на 19.1%). В возрасте двенадцать месяцев жизни площадь полости капсулы почечного тельца в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно больше, чем в правой на 16.7 и 14.5%.

Таким образом, с рождения и до двенадцати месяцев жизни площадь почечного тельца и клу-

бочка увеличилась у самок в левой почке в 3.4 и 3.7 раза, а в правой — в 3.7 и 4.0 раза соответственно. У самцов значения этих показателей в левой почке возросли в 4.1 и 4.3 раза, а в правой — в 3.8 и 4.2 раза соответственно. Площадь полости капсулы почечного тельца у самок и самцов нутрий с рождения и до двенадцати месяцев жизни в левой почке возрастает в 2.6 и 3.4 раза, а в правой у особей обоего пола, — в 2.7 раза.

Диаметр проксимальных канальцев у самок и самцов нутрий с возрастом увеличивается, проявляя при этом разную степень отличий по половому и возрастному признакам, а также в зависимости от топографии почек (табл. 2).

С первого дня и до двух месяцев жизни у самок и самцов нутрий диаметр проксимальных канальцев в левой почке достоверно возрастает на 11.7 и 18.7%, а в правой — на 21.2 и 25.0% соответственно. В возрасте четырех с половиной месяцев жизни значение этого показателя у самок и самцов увеличивается в левой почке на 17.4 и 15.3%, а в правой — на 5.8 и 20.7%, по сравнению с двухмесячными особями. С четырех с половиной и до семи с половиной месячного возраста самок и самцов достоверное увеличение диаметра проксимальных канальцев регистрируется в левой

Таблица 2. Диаметр проксимальных и дистальных канальцев у нутрий разных половозрастных групп

№ п/п	Возраст	Самки, $M \pm m$		Самцы, $M \pm m$	
		левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)	левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)
Диаметр проксимальных канальцев, мкм					
1	1 сутки	24.61 ± 0.16	23.20 ± 0.15 ^{&}	23.42 ± 0.14 [#]	21.92 ± 0.15 ^{#&}
	2 месяца	27.49 ± 0.19*	28.12 ± 0.19*	27.80 ± 0.21*	27.39 ± 0.19 [#]
	4.5 месяца	32.27 ± 0.22*	29.76 ± 0.22 ^{*&}	32.05 ± 0.22*	33.06 ± 0.23 ^{#&}
	7.5 месяцев	33.94 ± 0.15*	33.53 ± 0.18*	34.75 ± 0.17 [#]	33.38 ± 0.22 ^{&}
	12 месяцев	35.92 ± 0.18*	35.06 ± 0.20 ^{*&}	36.11 ± 0.17*	38.98 ± 0.27 ^{#&}
Диаметр дистальных канальцев, мкм					
2	1 сутки	20.55 ± 0.15	19.19 ± 0.15 ^{&}	20.31 ± 0.14	19.61 ± 0.14 ^{&}
	2 месяца	22.43 ± 0.17*	22.23 ± 0.17*	22.09 ± 0.16*	21.80 ± 0.19*
	4.5 месяца	25.01 ± 0.15*	23.96 ± 0.20 ^{*&}	26.21 ± 0.18 [#]	25.26 ± 0.18 ^{#&}
	7.5 месяцев	24.01 ± 0.14*	23.99 ± 0.16	25.96 ± 0.17 [#]	24.90 ± 0.17 ^{#&}
	12 месяцев	27.64 ± 0.21*	26.42 ± 0.14 ^{*&}	25.99 ± 0.20 [#]	26.58 ± 0.18*

Примечание. Статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * $p < 0.05$; между одноименными почками самок и самцов нутрий одного возраста: [#] $p < 0.05$; между левой и правой почкой особи одного пола и возраста: [&] $p < 0.05$.

почке на 5.2 и 8.4%, а в правой почке достоверное увеличение значения этого показателя выявлено только у самок нутрий (на 12.7%). В двенадцать месяцев жизни диаметр проксимальных канальцев у самок и самцов нутрий в левой почке достоверно возрастает на 5.8 и 3.9%, а в правой почке значение этого показателя увеличивается на 4.6 и 16.8%, по сравнению с семью с половиной месячными особями.

При анализе диаметра проксимальных канальцев между левыми и правыми почками нутрий одного пола и возраста установлено, что в возрасте одних суток значения этого показателя у самок в левой почке достоверно больше, чем у самцов на 5.1%, а в правой – на 5.8%. В остальных возрастных группах достоверные различия по диаметру проксимальных канальцев наблюдаются избирательно, или в правой, или в левой почке. Так, в двухмесячном возрасте значение этого показателя у самок нутрий достоверно больше, чем у самцов, только в правой почке (на 2.7%). В четыре с половиной месяца жизни диаметр проксимальных канальцев достоверно различается только в правой почке и у самок его значение меньше, чем у самцов (на 11.1%). В семь с половиной месяцев жизни у самок диаметр проксимальных канальцев достоверно меньше, чем у самцов нутрий только в левой почке (на 2.4%). В двенадцатимесячном возрасте у самок нутрий его значения достоверно меньше, чем у самцов только в правой почке (на 11.2%).

Сравнивая данные по диаметру проксимальных канальцев между левой и правой почкой особей одного пола и возраста, установлено, что в ле-

вой почке новорожденных нутрий его значение достоверно больше, чем в правой у самок на 6.1%, а у самцов – на 6.8%. В возрасте двух месяцев достоверных различий по диаметру проксимальных канальцев между правой и левой почкой нутрий не выявлено. В возрасте четырех с половиной месяцев жизни в левой почке у самок нутрий значения этого показателя достоверно больше, чем в правой почке на 8.4%, а у самцов они меньше на 3.2%. В семь с половиной месяцев жизни достоверные различия по диаметру проксимальных канальцев выявлены только у самцов нутрий (в левой почке больше на 4.1%). В возрасте двенадцати месяцев в левой почке у самок нутрий значения этого показателя достоверно больше, чем в правой почке (на 2.5%), а у самцов – меньше (на 8.0%).

Увеличение диаметра дистальных канальцев в почках нутрий наблюдается в период с рождения и до четырех с половиной месяцев жизни, после чего его значения снижаются, либо остаются практически неизменным и к двенадцатимесячному возрасту вновь увеличиваются (табл. 2).

С рождения до двухмесячного возраста диаметр дистальных канальцев достоверно возрастает у самок и самцов нутрий в левой почке на 9.2 и 8.8%, а в правой – на 15.8 и 11.2% соответственно. В четыре с половиной месяца жизни значения этого показателя вновь увеличивается у самок и самцов в левой почке на 11.5 и 18.7%, а в правой – на 7.8 и 15.9%, по сравнению с двухмесячными особями. С четырех с половиной и до семи с половиной месяцев жизни диаметр дистальных канальцев достоверно понижается только у самок нутрий в левой почке (на 4.2%). При достижении

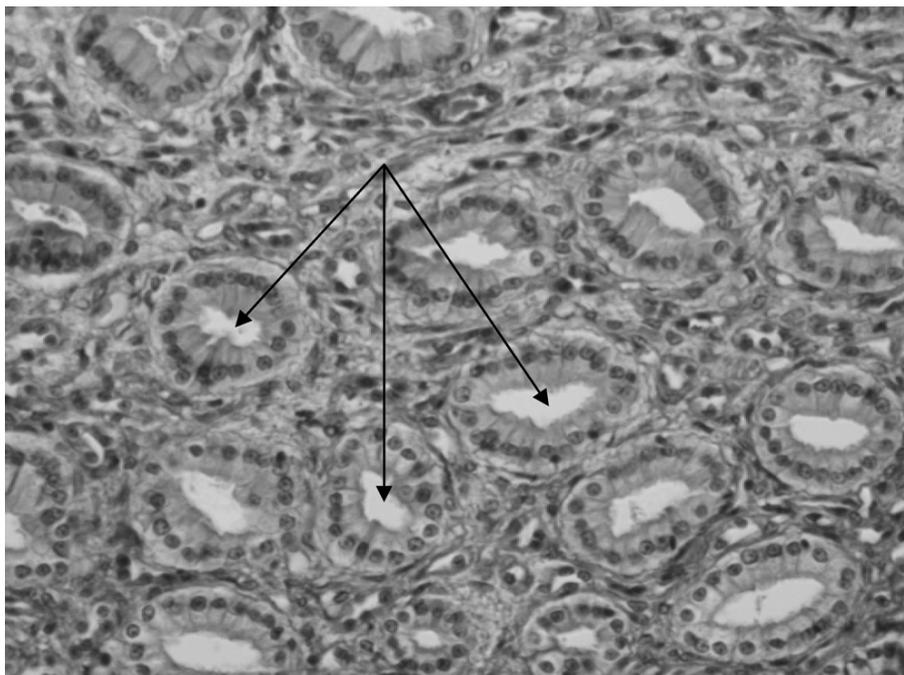


Рис. 2. Собирающие трубки правой почки самца нутрии в возрасте 4.5 месяца. Окраска гематоксилином и эозином ($\times 400$).

возраста двенадцати месяцев значение этого показателя достоверно возрастает в левой почке только у самок нутрий (на 15.1%), а в правой почке и у самок и у самцов — на 10.1 и 6.8%, по сравнению с данными предыдущего возрастного периода.

Между левыми почками достоверные различия в диаметре дистальных канальцев установлены в четыре с половиной месяца (у самок меньше на 4.8%), в семь с половиной месяцев (у самок меньше на 8.1%) и в двенадцать месяцев жизни (у самок больше на 6.4%). Правые почки самок и самцов нутрий по значению данного показателя достоверно различаются только в четыре с половиной (у самок меньше на 5.4%) и семь с половиной месяцев жизни (у самок меньше на 3.8%).

У самок и самцов нутрий средние значения диаметра дистальных канальцев в левой почке больше, чем в правой почке, во всех изученных нами возрастных группах. При этом у самок нутрий достоверные различия по этому показателю выявлены в первый день жизни (в левой почке больше на 7.1%), в четыре с половиной месяца (в левой почке больше на 4.4%) и в двенадцать месяцев жизни (в левой почке больше на 4.6%). У самцов достоверные различия по диаметру дистальных канальцев между левой и правой почкой наблюдаются в возрасте одних суток (в левой почке больше на 3.6%), четырех с половиной месяцев (в левой почке больше на 3.8%) и семи с половиной месяцев жизни (в левой почке больше на 4.3%).

Таким образом, с рождения и до двенадцати-месячного возраста у самок и самцов нутрий диаметр проксимальных канальцев в левой почке у особей обоего пола увеличивается в полтора раза, в правой почке у самок в 1.5 раза, а у самцов — в 1.8 раза соответственно. Диаметр дистальных канальцев у самок и самцов нутрий в аналогичный возрастной период в левой почке возрастает в 1.4 и 1.3 раза, а в правой почке у особей обоего пола в 1.4 раза.

Данные по диаметру собирающих трубок (рис. 2) в почках у нутрий обоего пола на всех изученных нами этапах постнатального онтогенеза изменяются в зависимости от возраста, пола и места расположения почек (табл. 3).

С рождения до двухмесячного возраста диаметр собирающих трубок в левой почке достоверно уменьшается только у самок нутрий (на 8.8%), а в правой почке значение этого показателя достоверно возрастают как у самок, так и у самцов (на 6.3 и 6.9% соответственно). С двух до четырех с половиной месяцев жизни диаметр собирающих трубок у самок и самцов в левой почке достоверно увеличивается (на 12.1 и 9.9%), а в правой почке достоверно возрастает только у самцов нутрий (на 7.7%). В возрасте семи с половиной месяцев жизни диаметр собирающих трубок достоверно увеличивается только в правой почке у самцов нутрий (на 18.2%), по сравнению с предыдущим возрастом. С семи с половиной и до двенадцати месяцев жизни значение данного показателя у самок

Таблица 3. Диаметр собирательных трубок у нутрий разных половозрастных групп

Возраст	Самки, $M \pm m$		Самцы, $M \pm m$	
	левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)	левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)
1 сутки	48.78 ± 0.41	49.11 ± 0.33	48.30 ± 0.35	47.89 ± 0.38
2 месяца	44.82 ± 0.32*	46.19 ± 0.30*	46.80 ± 0.45 [#]	44.81 ± 0.37* ^{&}
4.5 месяца	50.27 ± 0.38*	45.04 ± 0.36 ^{&}	51.41 ± 0.43*	48.25 ± 0.31* ^{#&}
7.5 месяцев	50.10 ± 0.56	46.16 ± 0.26 ^{&}	50.75 ± 0.39	57.01 ± 0.51* ^{#&}
12 месяцев	47.67 ± 0.40*	52.64 ± 0.52* ^{&}	52.76 ± 0.34* [#]	47.63 ± 0.35* ^{#&}

Примечание. Статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * $p < 0.05$; между одноименными почками самок и самцов нутрий одного возраста: [#] $p < 0.05$; между левой и правой почкой особи одного пола и возраста: [&] $p < 0.05$.

нутрий в левой почке достоверно снижается (на 5.1%), а у самцов – возрастает (на 4.0%), при этом в правой почке у самок нутрий диаметр собирательных трубок достоверно возрастает (на 14.0%), а у самцов – снижается (на 19.7%).

Между левыми почками самок и самцов нутрий по диаметру собирательных трубок достоверные различия установлены только в двухмесячном (у самок меньше на 4.4%) и двенадцатимесячном возрасте (у самок меньше на 10.7%). Между правыми почками достоверные различия по значениям этого показателя выявлены в четыре с половиной месяца (у самок меньше на 7.1%), в семь с половиной месяцев (у самок меньше на 23.5%) и в двенадцать месяцев жизни (у самок больше на 10.5%).

Между левой и правой почкой у особей одного пола и возраста диаметр собирательных трубок в первый день после рождения достоверно не различается. В двухмесячном возрасте достоверные различия по значению этого показателя выявлены только у самцов нутрий, при этом в левой почке они ниже, чем в правой почке (на 4.4%). В возрасте четырех с половиной месяцев жизни диаметр собирательных трубок в левой почке достоверно больше чем, в правой почке у самок нутрий на 11.6%, а у самцов – на 6.6%. В семи с половиной месячном возрасте значение этого показателя в левой почке у самок нутрий достоверно больше, чем в правой (на 8.5%), а у самцов, наоборот, в правой почке диаметр собирательных трубок больше, чем в левой почке (на 12.3%). В двенадцатимесячном возрасте в левой почке у самок нутрий значения этого показателя достоверно меньше, чем в правой почке (на 10.4%), а у самцов, наоборот, в левой почке они больше, чем в правой (на 10.8%).

Таким образом, различие между минимальным и максимальным диаметром собирательных трубок в левой почке у самок нутрий оказалось 12.2%, а в правой почке – 16.9%. У самцов нутрий эта разница в левой почке составила 12.7%, а в правой – 27.2%.

При изучении ядерно-цитоплазматического отношения (ЯЦО) в клетках проксимальных и дистальных канальцев, а также собирательных трубок, выявлен ряд отличий в динамике изменения значений этого показателя (табл. 4.).

С рождения до двух месяцев жизни ЯЦО клеток проксимальных канальцев достоверно снижается в левой почке самок нутрий на 23.1%, у самцов на 35.6%, а в правой почке – на 33.3 и 29.5% соответственно. В возрасте четырех с половиной месяцев жизни достоверное понижение этого показателя, по сравнению с предыдущим возрастом, выявлено только в левой почке у самок нутрий (на 6.3%). С четырех с половиной и до семи с половиной месячного возраста значение ЯЦО клеток проксимальных канальцев у самок в левой почке достоверно увеличивается (на 4.8%), а у самцов – уменьшается (на 15.4%), при этом в правой почке значения этого показателя достоверно уменьшаются только у самцов нутрий (на 15.3%). В двенадцатимесячном возрасте ЯЦО клеток проксимальных канальцев у самок и самцов нутрий в левой почке достоверно уменьшается на 34.6 и 6.2%, а в правой почке достоверно снижение значений этого показателя регистрируется только у самок нутрий (на 19.5%).

Сопоставляя данные по среднему значению ЯЦО клеток проксимальных канальцев между левыми почками самок и самцов нутрий, установлено, что у новорожденных самок нутрий они достоверно меньше, чем у самцов (на 9.2%). В возрасте двух месяцев достоверных различий в значениях ЯЦО клеток проксимальных канальцев не выявлено. В четыре с половиной месяца жизни у самок нутрий они также оказались достоверно меньше, чем у самцов (на 4.3%). В возрасте семи с половиной месяцев у самок нутрий ЯЦО клеток проксимальных канальцев было достоверно больше, чем у самцов (на 16.0%). В двенадцатимесячном возрасте у самок значения этого показателя вновь оказались меньше, чем у самцов (на 9.3%). Между правыми почками достоверные различия в значениях ЯЦО клеток проксималь-

Таблица 4. Ядерно-цитоплазматическое отношение клеток почечных канальцев и собирательных трубок нутрий разных половозрастных групп

№ п/п	Возраст	Самки, $M \pm m$		Самцы, $M \pm m$	
		левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)	левая почка ($n = 300$)	правая почка ($n = 300$)
ЯЦО клеток проксимальных канальцев					
1	1 сутки	0.272 ± 0.003	0.292 ± 0.003 ^{&}	0.297 ± 0.003 [#]	0.281 ± 0.004 ^{#&}
	2 месяца	0.221 ± 0.003 [*]	0.219 ± 0.003 [*]	0.219 ± 0.002 [*]	0.217 ± 0.003 [*]
	4.5 месяца	0.208 ± 0.002 [*]	0.220 ± 0.003 ^{&}	0.217 ± 0.003 [#]	0.219 ± 0.002
	7.5 месяцев	0.218 ± 0.002 [*]	0.221 ± 0.003	0.188 ± 0.002 ^{*#}	0.190 ± 0.002 ^{*#}
	12 месяцев	0.162 ± 0.002 [*]	0.185 ± 0.002 ^{*&}	0.177 ± 0.002 ^{*#}	0.188 ± 0.002 ^{&}
ЯЦО клеток дистальных канальцев					
2	1 сутки	0.369 ± 0.004	0.399 ± 0.005 ^{&}	0.435 ± 0.007 [#]	0.426 ± 0.007 [#]
	2 месяца	0.317 ± 0.005 [*]	0.337 ± 0.004 ^{*&}	0.344 ± 0.005 ^{*#}	0.348 ± 0.005 [*]
	4.5 месяца	0.300 ± 0.004	0.333 ± 0.005 ^{&}	0.308 ± 0.004 [*]	0.328 ± 0.004 ^{*&}
	7.5 месяцев	0.291 ± 0.004	0.323 ± 0.005 ^{&}	0.323 ± 0.004 [#]	0.322 ± 0.005
	12 месяцев	0.305 ± 0.004	0.305 ± 0.004	0.304 ± 0.004	0.319 ± 0.004
ЯЦО клеток собирательных трубок					
3	1 сутки	0.188 ± 0.003	0.206 ± 0.003 ^{&}	0.212 ± 0.003 [#]	0.211 ± 0.003
	2 месяца	0.233 ± 0.003 [*]	0.236 ± 0.003 [*]	0.227 ± 0.003 [*]	0.233 ± 0.003 [*]
	4.5 месяца	0.193 ± 0.003 [*]	0.213 ± 0.003 ^{*&}	0.199 ± 0.003 [*]	0.207 ± 0.003 [*]
	7.5 месяцев	0.219 ± 0.003 [*]	0.230 ± 0.003 [*]	0.230 ± 0.003 [*]	0.216 ± 0.003 ^{*#&}
	12 месяцев	0.239 ± 0.003 [*]	0.251 ± 0.004 ^{*&}	0.253 ± 0.004 ^{*#}	0.240 ± 0.004 ^{*#&}

Примечание. Статистическая значимость различий с более ранним возрастом: * $p < 0.05$; между одноименными почками самки и самцов нутрий одного возраста: [#] $p < 0.05$; между левой и правой почкой особи одного пола и возраста: [&] $p < 0.05$.

ных канальцев выявлены только у новорожденных (у самок больше на 3.9%) и семи с половиной месячных нутрий (у самок больше на 16.3%).

Между левой и правой почкой достоверные различия в значениях ЯЦО клеток проксимальных канальцев у самок нутрий установлены в возрасте одних суток (в левой почке меньше на 7.4%), в четыре с половиной месяца (в левой почке меньше на 5.8%) и двенадцать месяцев жизни (в левой почке меньше на 14.2%). У самцов достоверные различия по средним значениям ЯЦО выявлены в суточном (в левой почке больше на 5.7%) и двенадцатимесячном возрасте (в левой почке меньше на 6.2%).

Ядерно-цитоплазматическое отношение в клетках дистальных канальцев у самок и самцов нутрий с рождения до двух месяцев жизни достоверно уменьшается в левой почке на 16.4 и 26.5%, а в правой почке — на 18.4 и 22.4% соответственно. В возрасте четырех с половиной месяцев жизни нутрий достоверное снижение значений этого показателя выявлено только у самцов в левой (на 11.7%) и правой (на 6.1%) почке, по сравнению с двухмесячными особями. В последующие изученные возрастные периоды постнатального он-

тогенеза достоверных различий в значениях ЯЦО клеток дистальных канальцев не выявлено.

Сопоставляя данные по значению ЯЦО клеток дистальных канальцев между левыми почками самок и самцов нутрий, достоверные различия выявлены у новорожденных (у самок меньше на 17.9%), двухмесячных (у самок меньше на 8.5%) и семи с половиной месячных нутрий (у самок меньше на 11.0%). Между правыми почками среднее значение этого показателя достоверно отличается лишь в возрасте одних суток (у самок меньше на 6.8%).

Анализируя результаты исследований по ЯЦО клеток дистальных канальцев между левой и правой почкой самок нутрий одного возраста, установили, что с рождения и до семи с половиной месяцев жизни в левой почке этот показатель имеет достоверно меньшие значения, нежели в правой почке, а в двенадцатимесячном возрасте они оказались одинаковыми. При этом в первый день после рождения ЯЦО клеток дистальных канальцев в левой почке самок было меньше, чем в правой на 8.1%, в возрасте двух месяцев — на 6.3%, в четыре с половиной месяца — на 11.0%, а в семь с половиной месяцев жизни — на 5.0%.

У самцов достоверные различия по данному показателю наблюдаются только в четыре с половиной месяца жизни, при этом в левой почке его значение оказалось меньше, чем в правой почке на 6.5%.

С возрастом у нутрий обоего пола наблюдаются некоторые закономерности в динамике средних данных по ЯЦО клеток собирательных трубок. Так, с первого дня и до двенадцатимесячного возраста выявлено два пика максимальных значений этого показателя, при этом ЯЦО клеток собирательных трубок с рождения до двух месяцев жизни повышается, затем снижается и к двенадцатимесячному возрасту вновь возрастает, достигая максимальных значений (табл. 4).

С рождения до двухмесячного возраста ЯЦО клеток собирательных трубок в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно увеличивается на 23.9 и 7.1%, а в правой – на 14.6 и 10.4% соответственно. В четыре с половиной месяца жизни ЯЦО клеток собирательных трубок в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно уменьшается на 20.7 и 14.1%, а в правой – на 10.8 и 12.6%, по сравнению с данными предыдущего возраста. С четырех с половиной и до семи с половиной месячного возраста значения этого показателя в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно возрастают на 13.5 и 15.6%, а в правой почке они достоверно увеличивается только у самок нутрий (на 8.0%). В возрасте двенадцати месяцев жизни значения этого показателя в левой почке у самок и самцов нутрий достоверно увеличиваются на 9.1 и 10.0%, а в правой – на 9.1 и 11.1%, по сравнению с особями семи с половиной месяцев жизни.

Между левыми почками самок и самцов нутрий достоверные различия в значениях ЯЦО клеток собирательных трубок установлены у односуточных (у самок меньше на 12.8%) и двенадцатимесячных животных (у самок меньше на 5.9%). Между правыми почками самок и самцов нутрий достоверные различия по значениям этого показателя были выявлены в семи с половиной месячном (у самок больше на 6.5%) и двенадцатимесячном возрасте (у самок больше на 4.6%).

Между левой и правой почкой самок нутрий достоверные различия в средних значениях ЯЦО клеток собирательных трубок установлены в первый день после рождения (в левой почке меньше на 9.6%), в четыре с половиной месяца жизни (в левой почке меньше на 10.4%) и двенадцать месяцев жизни (в левой почке меньше на 5.0%). Между аналогичными почками самцов нутрий достоверные различия в данном показателе выявлены лишь в семи с половиной месячном (в левой почке больше на 6.5%) и двенадцатимесячном возрасте (в левой почке больше на 5.4%).

Таким образом, с рождения и до двенадцатимесячного возраста ЯЦО клеток проксимальных и дистальных канальцев в левой почке у самок

нутрий снижается в 1.7 и 1.2 раза, а у самцов – в 1.7 и 1.4 раза соответственно. В правой почке значение этого показателя у самок нутрий уменьшается в 1.6 и 1.3 раза, а у самцов – в 1.5 и 1.3 раза соответственно. ЯЦО клеток собирательных трубок с первого дня и до двенадцати месяцев жизни у самок и самцов в левой почке увеличивается на 27.1 и 19.3%, а в правой – на 21.9 и 13.7% соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе постнатального развития организм любого животного подвержен целому спектру морфофункциональных изменений и преобразований, которые связаны с механизмами приспособления к условиям среды обитания, сменой рационов, половым и физиологическим созреванием и другими факторами, обусловленных ростом и интенсивностью метаболических процессов у конкретного вида животного.

При изучении микроморфологических показателей почек самок и самцов нутрий нами выявлен целый ряд особенностей и закономерностей.

Как констатирует Р.К. Данилов и др. (2003), в постнатальном онтогенезе продолжается рост и развитие нефронов, при этом на единицу массы почечной ткани количество почечных телец уменьшается.

Результаты собственных исследований, согласно которым площадь почечного тельца, клубочка и полости капсулы в почках самок и самцов нутрий с возрастом увеличивается, наглядно демонстрируют эту закономерность. Интенсивность увеличения данных структур нефрона обуславливается полом, возрастом и топографией почек и находится в прямой зависимости от размеров почек описанных нами ранее (С.П. Даников, А.Н. Квочко, 2013).

А. Yabuki, et al. (2006), изучая гендерные различия размеров почечных телец в постнатальном онтогенезе мышей, наблюдали их большее относительное увеличение у самок. В наших исследованиях, при анализе гендерных различий площади почечного тельца и его компонентов у нутрий в постнатальном онтогенезе, не было выявлено подобной возрастной зависимости, так как показатели этих структур с возрастом в обеих почках самок и самцов значительно варьировали. Следует отметить, что площадь почечного тельца в левой почке у самок и самцов нутрий на поздних этапах постнатального онтогенеза оказалась больше, чем в правой почке.

Известно, что клетки проксимального и дистального отдела нефрона активно задействованы в процессах реабсорбции, секреции и синтеза множества веществ, выполняя, наряду с клубочковой фильтрацией, ключевую роль в механизмах мочеобразования (В.Ю. Наточин, 2000; G.A. Tan-

ner, 2013). Согласно нашим исследованиям, диаметр проксимального канальца у самок и самцов нутрий с возрастом увеличивается, при этом ядерно-цитоплазматическое отношение его клеток изменяется волнообразно с тенденцией к уменьшению.

В дистальных канальцах почек самок и самцов нутрий увеличение их диаметра регистрируется только до четырех с половиной месяцев жизни, после чего изменяется волнообразно. При этом в правой почке самок и самцов нутрий ЯЦО клеток дистальных канальцев с возрастом снижается, а в левой почке, как и в проксимальных канальцах, изменяется волнообразно и имеет тенденцию к снижению. Это видимо, связано с изменениями осмотических градиентов и характера транспорта мочи в терминальном отделе нефрона, влияя на функциональную активность его клеток.

Выявленные возрастные особенности изменения диаметра почечных канальцев мы связываем с тем, что в процессе постнатального развития организма изменяется характер транспорта и количество ультрафильтрата, а, соответственно, и морфологические свойства почечных канальцев, которые должны соответствовать специфике и этапу онтогенетического развития организма. Возрастное снижение функциональной активности клеток проксимальных и дистальных канальцев, оцененной по значениям ЯЦО, очевидно, связано со становлением структуры почечных канальцев и снижением необходимости в пролиферативном потенциале и дифференциации их клеток.

Физиологическое значение собирательных трубок в большей части заключается в концентрировании и разбавлении выделяемой мочи (S. Silbernagl, 2004; A.K. Гайтон, Д.Э. Холл, 2008). Согласно полученным нами сведениям, диаметр собирательных трубок в почках самок и самцов нутрий в постнатальном онтогенезе изменяется волнообразно и зависит от пола, возраста и топографии органа. ЯЦО, а соответственно, и функциональная активность клеток собирательных трубок также изменяется волнообразно и приобретает максимальные значения в возрасте двенадцати месяцев. Эти данные свидетельствуют о широкой возрастной изменчивости морфофункционального статуса собирательных трубок почек нутрий, вероятно определяемого мочеобразовательной функцией нефрона и механизмами становления почечных структур, в частности, интерстициальной ткани мозгового вещества почки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авандилов Г.Г. Компьютерная микротелефотометрия в диагностической гистопатологии. М.: РМАПО, 2005. 256 с.
- Вандер А. Физиология почек; пер. с англ. СПб.: Питер, 2000. 256 с.
- Гайтон А.К., Холл Д.Э. Медицинская физиология; пер. с англ.; под ред. В.И. Кобрин. М.: Логосфера, 2008. 1296 с.
- Гистологическая техника: учебное пособие / В.В. Семченко, С.А. Барашкова, В.Н. Ноздрин, В.Н. Артемьев. — 3-е изд. доп. и перераб. Омск—Орел: Омская областная типография, 2006. 290 с.
- Данилов Р.К., Клишов А.А., Боровая Т.Г. Гистология человека в мультимедиа. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2003. 362 с.
- Данников С.П., Квочко А.Н. Размеры и объем почек нутрий в постнатальном онтогенезе // Морфология. 2013. Т. 143. № 2. С. 64—68.
- Жамбулов М.М. Возрастные особенности морфологии почек крупного рогатого скота казахской белоголовой породы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург: БГАУ, 2011. 20 с.
- Квочко А.Н. Динамика морфофункциональных показателей мочевыделительной системы и паренхиматозных органов мериносовых овец в норме и при уrolитиазе: Автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. Ставрополь: СтГАУ, 2002. 43 с.
- Наточин Ю.В. Механизмы мочеобразования // Нефрология: руководство для врачей. — 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Е. Тареевой. М.: Медицина, 2000. С. 24—48.
- Павлюченко Ю.А. К микроморфологии почек маралов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2003. Т. 9. № 3. С. 128—130.
- Серов В.В. Функциональная морфология почек // Нефрология: руководство для врачей. — 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Е. Тареевой. М.: Медицина, 2000. С. 12—23.
- Халиуллина Н.Ю. Деятельность почек и гомеостатическое поведение у кроликов в постнатальном онтогенезе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань: КГАВМ им. Н.Э.Баумана, 2008. 24 с.
- Friis C. Postnatal development of the pig kidney: ultrastructure of the glomerulus and the proximal tubule // Journal of anatomy. 1980. V. 130. Pt 3. P. 513—526.
- Morphometric age-related changes in rat kidney / U. Dhall, S.K. Singh, J.C. Dhall, B.S. Pande // Journal of the anatomical society of India. 1991. V. 40. № 1. P. 17—20.
- Morphometric study of gender differences with regard to age-related changes in the C57BL/6 mouse kidney / A. Yabuki, S. Tanaka, M. Matsumoto, S. Suzuki // Experimental animals / Japanese association for laboratory animal science. 2006. Vol. 55. № 4. P. 399—404.
- Silbernagl S. Физиология почек // Фундаментальная и клиническая физиология / пер. с англ.; под ред. А.Г. Камкина, А.А. Каменского М.: Академия, 2004. С. 915—978.
- Stanton B.A., Koeppe B.M. The renal system // Berne and Levy physiology. 6th ed. Philadelphia, PA: Mosby Elsevier, 2008. P. 555—650.
- Tanner G.A. Kidney function // Medical physiology: principles for clinical medicine / edited by R.A. Rhoades, D.R. Bell. — 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, a Wolters Kluwer business, 2013. P. 399—470.

Morphometric Parameters of Nutria Kidney Structures in Postnatal Ontogeny**S. P. Dannikov, A. N. Kvochko, and A. Yu. Krivoruchko***Stavropol State Agrarian University, Zootehnicheskii per. 12, Stavropol, 355017 Russia**e-mail: ds.as@mail.ru*

Received January 20, 2014; in final form, March 25, 2014

Abstract—Data on the morphometric parameters of the renal corpuscle, renal tubules, and collecting ducts of male and female nutrias in postnatal ontogenesis were obtained. It was found that the area of the renal corpuscle, glomerulus, the cavity and lumen of the capsule, and the proximal tubule diameter in the right and left kidney of female and male nutrias in the first year of life increase. The distal tubule diameter also increases; however, the dynamics of its changes becomes sinuous after 4.5 months. The collecting duct diameter varies depending on gender, age, and renal topography. The nuclear-cytoplasmic ratio in the cells of proximal and distal tubules and collecting ducts changes in a sinuous manner and depends on the gender and age of nutrias. The minimum mean value of the nuclear-cytoplasmic ratio was found in the proximal tubule cells in the left kidney of 12-month-old female nutrias (0.162 ± 0.002), and the maximum value was found in the distal tubule cells in the left kidney of newborn male nutrias (0.435 ± 0.007).

Keywords: nutria, kidney, renal corpuscle, renal tubules, collecting ducts, postnatal ontogeny