

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭМБРИОНАЛЬНОГО МОРФОГЕНЕЗА ОРГАНОВ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ У СИРИЙСКОГО ХОМЯКА (*MESOCRICETUS AURATUS*)

Янин В.Л., Алексеева Ю.В., Анищенко О.А.

*Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа — Югры
«Ханты – Мансийская государственная
медицинская академия», г. Ханты-Мансийск*

*Проведено исследование эмбрионального морфогенеза органов мочеобразования у сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*). Впервые установлены сроки и этапность формирования головной почки, первичной почки, постоянной почки в пренатальном онтогенезе у данного вида животных.*

Ключевые слова: метанефрос, эмбриональный морфогенез, сирийский хомяк.

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF EMBRYO MORPHOGENESIS OF THE URINARY SYSTEM ORGANS AT THE SYRIAN HAMSTER (*MESOCRICETUS AURATUS*)

Yanin V.L., Alekseeva Yu.V., Anishchenko O.A

*Budgetary institution of higher education of the
Khanty-Mansiysk autonomous okrug - Ugra
"Khanty - Mansiysk State Medical Academy", Khanty-Mansiysk*

*The study of embryonic morphogenesis of urinary organs in the Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) was carried out. For the first time, the timing and stages of the formation of the head kidney, primary kidney, permanent kidney in prenatal ontogenesis in this animal species have been established.*

Keywords: metanephros, embryonic morphogenesis, syrian hamster.

Актуальность. Филогенез мочевой системы у позвоночных представляет собой последовательное формирование трёх типов почек (предпочка, первичная почка, вторичная почка) по мере «движения видов по эволюционной лестнице» в направлении из воды на сушу и, как следствие этого, онтогенез органов мочеобразования на пренатальном этапе рекапитулирует «эволюционный анамнез» этих органов. Наиболее сложный эмбриональный морфогенез почек реализуется у млекопитающих, у которых он отличается от развития большинства других органов и систем органов тем, что проходит как серия последовательных усложняющихся морфогенезов про-, meso-, и metanephros с краниально-каудальным вектором [1,3,4]. Одним из наиболее востребованных в экспериментальной гистологии, эмбриологии, паразитологии животных является сирийский хомяк (*Mesocricetus auratus*). Сведений об особенностях эмбриогенеза данного вида животных, в целом, и

мочевой системы, в частности, недостаточно [1,5]. Исходя из вышеизложенного актуальны исследования особенностей эмбрионального развития органов мочевой системы у представителей отряда грызунов сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*).

Цель: определить закономерности эмбрионального морфогенеза органов мочеобразования у сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*).

Материал и методы. Изучено 277 эмбрионов сирийских хомяков (класс Mammalia, отряд Rodentia, семейство Cricetidae, род *Mesocricetus*, вид *Mesocricetus auratus*), полученных от самок с датированным сроком беременности, начиная с 8 суток post coitus (pc) (11 стадия развития) с интервалом 6 часов [1]. Исследования проведены в соответствии с правилами защиты позвоночных животных, используемых в научных целях. На каждом сроке изучено 7 - 10 зародышей, полученных от 3-4 самок. Эмбриональный материал подвержен стандартной гистологической обработке. Парафиновые срезы толщиной 3 микрометра окрашивали гематоксилином Караци и эозином, проводили ШИК – реакцию по Мак-Манусу, для оценки интенсивности пролиферации клеток использовали маркер Ki 67 [2]. Гистологические препараты изучены с использованием микроскопа Axio Imager Z1 (Zeiss).

Результаты. 11 стадия пренатального развития, 8 суток 00 часов pc (далее – стадия, 0/00pc, соответственно): в зародыше завершается гастрюляция, нейроэктодерма формирует нервную бороздку, в мезодерме выделяются сомиты, сегментные ножки, листки спланхнотома. 12 стадия, 8/6 – 8/18pc: тело эмбриона выделяется посредством туловищных складок, приобретает «бобовидную» форму, определяются головной и хвостовой отделы тела, мозговые пузыри, глазные пузыри, кишечная трубка, сердечная трубка, эмбриональные аорты, печеночная бухта, полость целома, жаберные карманы. 13 стадия, 9/00–9/06pc: определяются первые признаки морфогенеза мочевой системы. В промежуточной мезенхиме в цервикальной части тела выявляются структуры, идентифицируемые как каналцы головной почки. Каудальнее парахордально располагаются парные продольно ориентированные эпителиальные тяжи - протоки головной почки и далее – протоки первичной почки, индуцирующие прообразование промежуточной мезенхимы и формирование каналцев первичной почки. Совокупность мезонефрального протока, мезонефральных каналцев представляет собой первичную почку, структурно-функциональной единицей которой является мезонефрон, образованный мезонефральным каналцем, кровеносными капиллярами, мезенхимой. В структуре каналцев выделяются проксимальные отделы, продолжающиеся в меньшие по диаметру дистальные. Сосудистый компонент органа представлен крупными сосудами, располагающиеся метамерно в дорсальной части, и капиллярами, взаимодействующие с проксимальными каналцами. 13 стадия развития представляет собой этап инициации эмбрионального морфогенеза органов мочевой системы у данного вида

животного. 14 стадия, 9/12-9/18pc: продолжается рост и органотипическая дифференцировка первичной почки, проксимальные канальцы формируют гомологи почечных телец – мезенхимо- и васкуло-прокситубулярные контакты. 15 стадия, 10/00 - часов – 10/06pc: процессы морфогенеза мочевой системы усиливаются. В первичной почке нарастают признаки органного строения. Мезонефральный проток взаимодействует с клоакой. Формируется сосудистая система мезонефроса. В тазовой части тела зародыша выявляются первые признаки морфогенеза постоянной почки: метанефрогенный дивертикул врастает в несегментированную метанефрогенную мезенхиму. Возникают реципрокные взаимодействия производных дивертикула и метанефрогенной мезенхимы. Под влиянием индуктивных сигналов метанефрогенной бластемы происходит бифуркационное ветвление дивертикула, что в свою очередь обуславливает дифференцировку мезенхимы вокруг конечных участков ветвей дивертикула. Метанефрогенная мезенхима дифференцируется в двух направлениях. Мезенхима, прилежащая к бифуркатам дивертикула, формирует клеточные сгущения, где наблюдаются признаки мезенхимально-эпителиального перехода. Сгущение клеток определяется как метанефрогенная «шапочка» - зачаток эпителиального компонента нефронов почки. Клетки мезенхимы, располагающиеся вокруг метанефрогенной «шапочки», дифференцируются, формируя зачаток интерстиция и капсулы органа. Важным элементом зачатка постоянной почки является сосудистый компонент. Зачаток плотно прилежит к эмбриональной аорте, содержит значительное количество капилляров, формирующихся в мезенхиме. Таким образом, 15 стадия характеризуется началом эмбрионального морфогенеза постоянной почки. 16 стадия, 10/12-10/18pc: усложняется структура нефронов первичной почки: канальцы удлиняются, увеличивается извитость канальцев, выраженность дифференцировки на проксимальный и дистальный отделы, васкуло- и мезенхо-прокситубулярных комплексов. Начальные процессы формирования постоянной почки получают дальнейшее развитие. Мезонефральные протоки взаимодействуют с клоакой, реализуются взаимодействие ветвей метанефрогенного дивертикула и метанефрогенной мезенхимы, формируется сосудистый компонента. Сосудистая система почка формируется посредством васкулогенеза и неогенеза. Васкулогенезом формируются гломерулярный и перитубулярный сегмент. Ангиогенезом за счёт формирования и врастания сосудов в зачаток от уже сформированных сосудов формируется почечная артерия. 17 - 19 стадии, 11/00-12/18pc: в первичной почке выделяются 2 группы мезонефронов: краниальная и каудальная. Канальцы, занимающие в органе краниальное положение, взаимодействуют с Вольфовым протоком, канальцы, располагающиеся каудальнее, контактов с мезонефральным протоком не обнаруживают. Мезонефральные канальцы характеризуются максимальной извитостью, приобретая S-образную форму, протяженностью. Максимальных проявлений достигает дифференцировка на проксимальные и дистальные

отделы. Сосуды концентрируются в зонах расположения канальцев, оплетают канальцы, формируя сосудистую перитубулярную сеть. 17 стадия, 11/00-11/18pc: зачаток постоянной почки увеличивается в размере. Продолжается ветвление производных дивертикула, формирование метанефрогенных «шапочек» в зоне взаимодействия с бифуркатами, оформляются эмбриональные метанефральные дольки. Эпителий ветвей дивертикула проявляет апокриновую секреторную активность, продолжается васкулогенез. В течение последующих 6 часов рост зачатка почки продолжается, орган приобретает «бобовидную» форму. Рост зачатка сопровождается усилением процессов формирования зачатков нефронов, сосудистого русла, внутриорганных мочеотводящих путей, капсулы. Зачаток почечной лоханки представляют собой формирующуюся уретральную ампулу, стенка которой образована однослойным столбчатым эпителием. Зачатки собирательных трубочек представлены эпителиальными трубочками, сформированными в результате последующих ассиметричных ветвлений дивертикула. Зачатки нефронов представлены производными метанефрогенной мезенхимы: метанефрогенными «шапочками», предканальцевыми сгущениями и, впервые, S-образными структурами. Предканальцевые сгущения представляют собой массивные клеточные скопления – этап трансформации метанефрогенных «шапочек». В последующем в сгущениях появляется просвет, определяются стенки, формируются метанефрические пузырьки и S-образные структуры. Появление S-образных структур - важный этап динамики метанефроногенеза. S-образные структуры являются результатом детерминационных, пролиферативных и дифференцировочных процессов метанефрогенной мезенхимы и трансформации метанефрогенных «шапочек» в нефроны постоянной почки. S-образные структуры являются этапом формирования эпителиальной части нефронов. На сроках 11/12-11/18pc процессы, описанные ранее, получают своё развитие. В зоне S-образных зачатков происходит формирование почечных телец. 18 стадия, 12/00-12/06pc: стадия развития представляет собой важный этап метанефроногенеза. В корковой части зачатка органа располагаются S-образные структуры. Определяются зоны взаимодействия S-образного зачатка и ветвей бифуркатов дивертикула, происходит процесс установления взаимосвязи нефронов и системы мочеотведения. Во внутренней части зачатка почки располагается зачаток лоханки, выстланный многоядным эпителием. 19 стадия, 12/12-12/18pc: метанефроногенез интенсифицируется и переходит в следующую стадию, выявляются первые почечные тельца, увеличивается количество зачатков метанефронов. Наблюдается вращение кровеносных капилляров в почечный пузырёк, дифференцировка листков капсулы Шумлянскогo. Клетки, взаимодействующие с капилляром, имеют столбчатую форму и дифференцироваться в подоциты. Противоположный пласт клеток дифференцируется в наружный листок. Между пластинами клеток узкое щелевидное пространство - полость капсулы почечного тельца. Клетки

наружного листка переходят в кубические клетки проксимального отдела. Полость капсулы соединяется с просветом проксимального канальца. Канальцевая часть формирующегося нефрона плотно прилежит к сосудистому полюсу почечного тельца, формируя зачаток юкстагломерулярного аппарата. Периферическое, суперфициальное положение занимают терминальные участки бифуркатов, активно взаимодействующие с метанефрогенной мезенхимой. Кнутри располагаются нефроны, имеющие в своём составе почечные тельца, канальцы, взаимодействующие с системой мочеотведения. Продолжается формирования сосудистой системы, в мозговой зоне, в области ворот определяются относительно крупные – междольевые сосуды. 20 стадия, 13/00-13/18pc: определяются признаки инволюции первичной почки, в наибольшей степени выраженные в каудальной части органа. Постоянная почка увеличивается в размере за счет формирования новых зачатков нефронов при взаимодействии ветвей производных дивертикула и метанефрогенной мезенхимы в субкапсулярной зоне, которую можно определить как зону роста органа. В корковой зоне происходит органоспецифическая дифференцировка зачатков нефронов.

Заключение. Мочевая система у сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*) закладывается на 13 стадии пренатального развития (9 суток 00 часов – 9 суток 06 часов pc): головная почка закладывается и существует в течение данной стадии; первичная почка закладывается на 13 стадии и существует до 20 стадии. Структурно-функциональной единицей первичной почки являются нефроны нефридиального типа, представленные краниальной и каудальной генерациями. Закладка постоянной почки происходит на 15 стадии (10 суток 00 часов – 10 суток 06 часов pc) вращанием в метанефрогенную мезенхиму метанефрогенного дивертикула мезонефрального канала. Дивертикул подвергается бифуркационному ветвлению, метанефрогенная мезенхима формированию клеточных сгущений и закладке кровеносных капилляров по принципу васкулогенеза. В течение 16 стадии (10 суток 12 часов – 10 суток 18 часов pc) прогрессируют процессы ветвления метанефрогенного дивертикула, мезенхимально-эпителиального перехода метанефрогенной мезенхимы, формирования сосудистого бассейна васкулогенезом и ангиогенезом. В течение 17 стадии (11 суток 00 часов – 11 суток 18 часов) происходит формирование S-образных зачатков из метанефрогенной мезенхимы. В течение 19 стадии (12 суток 12 часов – 12 суток 18 часов) формируются первые почечные тельца, дифференцируется канальцевая часть нефрона, формируется структура юкста-гломерулярного аппарата Дифференцировка проксимальных и дистальных канальцев. Период 13 – 20 стадии представляет собой опистонефральный период эмбрионального морфогенеза мочевых органов у сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*).

Литература

1. Детлаф, Т. А. Объекты биологии развития / Т. А. Детлаф. М. : Наука, 1975. – С. 52.
2. Семченко, В. В. Гистологическая техника : учебное пособие. 3-е изд., доп. и перераб. / В. В. Семченко [и др.]. Омск-Орёл : Омская обл., 2006. 290 с.
3. Bolten, J. S. Zebrafish (*Danio rerio*) larva as an in vivo vertebrate model to study renal function / J. S. Bolten, A. Pratsinis, C. L. Alter, G. Fricker, J. Huwyler // Am J Physiol Renal Physiol. 2022. Vol. 322, № 3. P. 280-294.
4. Wang, Y. Model of Morphogenesis / Y. Wang, A. Minarsky, R. Penner, C. Soulé, N. Morozova // J Comput Biol. 2020. Vol. 27, № 9. P. 1373-1383.
5. Zhou, G. Cell Reprogram. Serial Culture Is Critical for In Vitro / H. Wei, X. Wang, M. Yang, T. D. Bunch, I. A. Polejaeva, K. L. White, Z. Wang, Q. Meng // Development of Parthenogenetic Embryos in the Golden Syrian Hamster. 2018. – Vol. 20, № 3. P. 187-195.