

ОСОБЕННОСТИ ВЫСТИЛКИ КЛОАКАЛЬНОЙ ПЕРЕПОНКИ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ У КРЫС

FEATURES OF THE LINING OF THE CLOACAL MEMBRANE IN EMBRYOGENESIS IN RATS

Комарова Анастасия Сергеевна

Komarova Anastasia Sergeevna

Одинцова Ирина Алексеевна

Odintsova Irina Alekseevna

Данилов Ревхат Константинович

Danilov Revkhat Konstantinovich

Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова

S.M. Kirov Military Medical Academy

E-mail: comi27@rambler.ru

Резюме

Формирование в период эмбрионального развития и дифференцировка тканей слизистой оболочки анального канала протекает в условиях взаимодействия эпителиев разных гистогенетических типов – эктодермального и энтодермального. Однако имеется ряд неясных вопросов, касающихся характеристики эпителиальной выстилки аноректальной области прямой кишки. Эти вопросы актуальны и в теоретическом (в эволюционном аспекте), и в практическом плане в связи с локализацией в этой области эмбриональных аномалий и новообразований.

Цель исследования – дать морфологическую характеристику клоакальной перепонки у крыс в эмбриогенезе.

Материал и методы. Исследование выполнено на 9-суточных эмбрионах лабораторной белой крысы (*Rattus norvegicus*). Материал фиксировали в 10% растворе формалина. Гистологические препараты изготавливали по общепринятой методике. Морфометрический анализ проводили на препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином, Полученные данные подвергли статистической обработке.

Результаты. У 9-суточных эмбрионов крыс в дистальной части тела обнаруживается инвагинация эктодермального покрова в подлежащую мезенхиму и формирование клоакальной перепонки.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют, что в эмбриональном развитии млекопитающих в выстилке клоакальной перепонки можно выявить морфофункциональные особенности строения. Выявляется гетероморфный состав клоакальной перепонки в эмбриональном гистогенезе у крыс.

Ключевые слова: гистогенез; эктодермальный эпителий; энтодермальный эпителий; клоакальная перепонка; аноректум.

Formation during embryonic development and differentiation of tissues of the mucous membrane of the anal canal occurs under conditions of interaction of epithelium of different histogenetic types ectodermal and endodermal. However, there are a number of unclear issues regarding the characteristics of the epithelial lining of the anorectal region of the rectum. These issues are relevant both theoretically (in the evolutionary aspect) and practically in connection with the localization of embryonic anomalies and neoplasms in this area. The aim of the study was to provide morphological characteristics of the cloacal membrane in rats during embryogenesis. Materials and methods. The study was performed on 9-day-old embryos of a laboratory white rat (*Rattus norvegicus*). The material was fixed in a 10% formalin solution. Histological preparations were made according to a generally accepted method. Morphometric analysis was performed on preparations stained with hematoxylin and eosin, and the data obtained were statistically processed. Results. In 9-day-old rat embryos, invagination of the ectodermal integument into the underlying mesenchyme and the formation of a cloacal membrane are detected in the distal part of the body. Conclusion. The data obtained indicate that morphofunctional structural features can be identified in the lining of the cloacal membrane in the embryonic development of mammals. The heteromorphic composition of the cloacal membrane in embryonic histogenesis in rats is revealed.

Key words: histogenesis; ectodermal epithelium; endodermal epithelium; cloacal membrane; anorectum.

Библиографическая ссылка на статью

Комарова А.С., Одинцова И.А., Данилов Р.К. Особенности выстилки клоакальной перепонки в эмбриогенезе у крыс // Innova. - 2025. - Т. 11. - № 4. - С.22-25.

References to the article

Komarova A.S., Odintsova I.A., Danilov R.K. Features of the lining of the cloacal membrane in embryogenesis in rats // Innova. - 2025. - T. 11. - № 4. - P.22-25.

Познание гистологических основ формирования межтканевых взаимодействий в эмбриональном развитии позвоночных и человека является актуальной проблемой современной гистологии и эмбриологии. В

некоторых участках организма животных и человека в ходе эмбрионального развития наблюдается пространственная смена клеточных и тканевых структур. В основе эмбрионального развития аноректального тракта у

млекопитающих и человека лежат закономерные процессы взаимодействия генетически разных типов эпителиев – эпидермального и кишечного. Однако, в литературе существуют противоречия в трактовке механизмов взаимодействия эпителиальных пластов в области анального канала.

Задний отдел кишечной трубки в филогенезе позвоночных животных и в онтогенезе млекопитающих претерпевает ряд сложных морфогенетических изменений в связи с развитием мочеполовой системы и образованием клоаки. По некоторым данным, эпителий слизистой оболочки первых двух отделов клоаки принадлежит к энтодермальному типу [1]. Уроректальная перегородка делит клоаку на мочеполовой синус и примитивную прямую кишку (заднюю кишку) [2 – 6]. Анализ эмбрионального развития аноректального тракта позволил выделить три зоны эпителиальной выстилки [7, 8]. Первая зона представлена типичным многослойным эпителием кожного гистогенетического типа (но без волосяных фолликулов). Она граничит со второй переходной зоной, выстланной двуслойным эпителием, сходным по морфометрическим параметрам клеток с клетками эпителия мочеполового пространства. Третья зона представлена однослойным столбчатым эпителием кишечного типа, включающим разные клеточные диффероны. Некоторые авторы называют формирующееся в ходе эмбрионального развития соединение производных энто- и эктодермы Z-зоной [9]. Разработанные Н.Г. Хлопиным и его школой положения учения о дивергентной эволюции тканей и изучения эпителиальных тканей, а именно анализ смежных участков эпителиев различного строения в пищеварительном тракте, позволяют осветить вопросы о взаимоотношении камбиальных элементов в смежных участках [3].

Цель исследования – дать морфологическую характеристику клоакальной перепонки у крыс в эмбриогенезе

Материал и методы. Работа выполнена на эмбрионах лабораторной белой крысы (*Rattus norvegicus*) 9-и суток развития. Эмбриональный материал получен от половозрелых крыс в условиях сертифицированного вивария Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины Министерства обороны РФ (Соглашение о научном сотрудничестве № 15 между Военно-медицинской академией имени С.М. Кирова и ГНИИИ ВМ МО РФ от 13.09.2023 г.).

Исследование проводили в соответствии с Приказом Минздрава России №199н от 01.04.2016 г. «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Все действия, предусматривавшие контакты с экспериментальными животными, проводились с соблюдением международных принципов Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным (2008) и Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (1986). Выполнение исследования одобрено независимым этическим комитетом при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, протокол № 283 от 17.10.2023 г. Наступление беременности определяли по наличию сперматозоидов в вагинальных мазках. Момент обнаружения спермиев принимался за начало беременности. Беременным самкам крыс под наркозом (внутримышечное введение смеси золетила (Virbac, Франция) и ксилазина гидрохлорида (Pharmamagist Ltd., Венгрия), каждого вещества по 10 мг/кг массы животного) проводили лапаротомию, извлекали эмбрионы из правого и левого рогов матки. В последующем самки подвергались эвтаназии передозировкой наркоза. Материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина. После промывки и обезвоживания, материал заливали в парафин с добавлением воска, готовили срезы толщиной 4–6 мкм, которые наносили на предметные стекла и высушивали при температуре 37°C в течение 24 ч. Гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Морфометрическую характеристику клоакальной перепонки крыс в эмбриогенезе проводили в микроскопе Zeiss Axio Scope.A1 (Carl Zeiss, Германия) с помощью программ ZEN 2.3, PhotoM 1.21 при объективах x20, x40, x100 (масляная иммерсия). Изучали форму ядер у клеток, как признак эмбриональной выраженной ядерной гетероморфии.

Результаты исследования и их обсуждение. На гистологических препаратах 9-суточного эмбриона крысы в хвостовой части туловища хорошо различимы закладки каудальной части позвоночного столба, печени, задней кишки, каудальной части нервной трубки, а также клоакальная перепонка. Покров эмбриона представлен поверхностным слоем клеток с плоскими ядрами – перидермой. В области формирования клоакальной перепонки наблюдается изменение строения формирующегося наружного покрова, что проявляется в характере расположения клеток и морфометрических параметрах базальных

клеток и клеток перидермы. Под перидермой располагается один слой клеток – производных эктодермы, расположенный на базальной мембране. Такая структура свидетельствует о начале провизорной дифференцировки кожной эктодермы и формирования эпителиального покрова зародыша. Толщина эпителиального покрова вблизи клоакальной перепонки колеблется в широких пределах – от 53,30 до 109,52 мкм, в среднем составляя $84,72 \pm 6,55$ мкм. Клетки базального слоя разнообразны по своим размерам и форме ядра. Здесь обнаруживаются округлые и овоидные ядра с гипохромной, нормохромной и гиперхромной окраской. Хроматин в виде сетевидно-нитчатых структур заполняет весь объем ядра, четко выявляются ядрышки. Базальные клетки не имеют четкой ориентации относительно базальной мембраны. Средние размеры клеточных ядер по длинной оси составляют $6,84 \pm 0,54$ мкм, а по короткой – $3,92 \pm 1,48$ мкм. Определяется непрерывная базальная мембрана, под которой располагаются мезенхимциты, располагающиеся компактно на границе с эпителием и более рыхло на удалении от него. Насыщенность кровеносными сосудами более выражена в глубоких слоях формирующейся дермы кожи зародыша.

В области формирующейся клоакальной перепонки возникает инвагинация участка покрова. Клетки перидермы в дорсальном направлении приобретают гиперхромную окраску. В дорсальной части перепонки формируется клиновидный тяж клеток толщиной $48,72 \pm 2,31$ мкм, подстилающий клоакальную перепонку. Тяж состоит из плотно прилежащих друг к другу овоидных и шаровидных клеток со светлыми ядрами и базофильной цитоплазмой. На протяжении клиновидного тяжа клеток в глубине мезенхимной клеточной массы обнаруживаются многочисленные кровеносные сосуды разного диаметра. К ним прилежат мезенхимциты, расположенные рыхло, разнообразные по форме и размерам. По характеру строения клеточной массы и топографии кровеносных сосудов данное образование следует отнести к аллантоису, который вместе с желточным мешком в эмбриогенезе позвоночных является местом формирования первых кровеносных сосудов.

У плацентарных млекопитающих мочеполовой синус и аноректум (прямокишечная часть) являются производными клоаки, поэтому развитие аноректального тракта тесно связано с развитием мочеполового синуса/клоаки. На

серийных срезах каудальной части зародыша крысы прослежено углубление в мезенхиму клеток параклоакальной пластинки. При этом на разных уровнях среза видны изменения окраски и расположения клеток. Ядра клеток перидермы приобретают гиперхромную окраску. Инвагинация клоакальной перепонки окружается клетками шаровидной, овальной и столбчатой формы. Находящиеся вокруг данной зоны мезенхимциты приобретают упорядоченную, направленную вглубь, ориентацию. Обращает на себя внимание тот факт, что вектор роста клеток данной зоны (в краниальном направлении) ориентирован в глубину окружающей мезенхимы. Клетки, содержащие ядра столбчатой формы, остаются расположенными на периферии зоны роста клоакальной перепонки.

Изменения гистологических элементов в области клоакальной перепонки свидетельствуют в пользу участия эпителия задней кишки и аллантоиса в виде параклоакальной пластинки в формировании клоакального пространства, локализованного в каудальной части зародыша.

У 9-суточных эмбрионов крысы в вентральной части клоакальной перепонки прослеживается изменение формы клоаки, которая приобретает форму пазухи (синуса). Это свидетельствует о преобразовании первичной клоаки в вентральной части в мочеполовое пространство, которое связано с протоком мезонефроса. Четко прослеживается многорядная/многослойная выстилка мочеполового пространства. Следует отметить, что гетероморфия гистологических элементов наиболее выражена в области контакта клоаки с поверхностью зародыша в области клоакальной перегородки. Наряду с клетками покрова формирующейся кожи в данном месте наблюдаются светлые клетки, характерные для ранее описанных столбчатых клеток кишечного эпителия, более темные клетки мочеполового пространства и гиперхромные клетки перидермы. Эпителиоподобная выстилка мочеполового пространства представлена многорядными/многослойными пластинами гетероморфных клеток.

Таким образом, в клоакальной перепонке наблюдается изменение строения клеток при переходе из одной части в другую, которое заключается в характере плотности расположения базальных эпителиоцитов, степени интенсивности окраски ядер, изменении ориентации и формы ядер выстилки.

Заключение. Наиболее сложные

тканевые преобразования при формировании аноректального канала в раннем и позднем эмбриогенезе крысы заключаются в формировании клоакальной мембраны, ее инвагинации в мезенхиму, формировании кожно-кишечной границы с вероятным участием клеток клоаки (мочеполовое пространство), которые в качестве провизорных элементов существуют в эмбриогенезе, временно располагаются между двумя видами эпителиев.

Полученные данные по анализу эпителиев в ходе эмбрионального развития свидетельствуют, что в эмбриогенезе крыс между кожной и кишечной частями аноректального канала присутствует эпителий переходной зоны, который имеет иные морфофункциональные особенности строения.

Литература.

1. Thomas D.F.M. The embryology of persistent cloaca and urogenital sinus malformations. *Asian J Androl.* 2020; 22 (2): 124–128.
2. Хлопин Н.Г. Общебиологические и экспериментальные основы гистологии. Ленинград: Изд-во АН СССР; 1946. 491.
3. Liu H., Zhang H., Li M., Tian H., Tang X., Bai Y. Abnormal expression of Fgf9 during the development of the anorectum in rat embryos with anorectal malformations. *Gastroenterol Res Pract.* 2019; 11: 1986196. doi: 10.1155/2019/1986196. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
4. Penington E.C., Hutson J.M. The absence of lateral fusion in cloacal partition. *J Pediatr Surg.* 2003; 38 (9): 1287–1295. doi: 10.1016/s0022-3468(03)00384-1. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
5. Qi B.Q. Beasley S.W., Williams A.K., Frizelle F.A. Does the urorectal septum fuse with the cloacal membrane? *J Urol.* 2000; 164 (6): 2070–2072. doi: 10.1016/s0022-5347(05)66969-8. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
6. Sadler T. Langman's medical embryology. *Gray's Anatomy.* 2004; 39: 313–317.
7. Комарова А.С., Одинцова И.А. Филогенетические аспекты развития эпителиальной выстилки клоаки позвоночных // *Морфология.* 2024. Т. 162, № 4.С. 362–373. DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.634265>
8. Одинцова И.А., Данилов Р.К., Комарова А.С., Жеглова М.Ю. Гистогенетические основы развития аноректального и маточно-вагинального трактов. *Морфология.* 2018; 153 (3): 20
9. Гольдберг О.А., Ким А.Д. Строение стенки анального канала и дистального отдела прямой кишки белой крысы линии Wistar // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* 2016; 4 (110): 126–128.