

МОРФОГЕНЕЗ ЭПИТЕЛИЯ ФАБРИЦЕВОЙ СУМКИ И ТЕОРИЯ КАТАСТРОФ

Мельников И.А.

*Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь*

Реферат. Морфогенез эпителия фабрицевой сумки куриного эмбриона рассматривается с позиции математической теории катастроф. Обсуждается участие волокон соединительной ткани в морфогенезе эпителия.

Ключевые слова: фабрицева сумка, эпителий, эмбриогенез, теория катастроф.

Summary. The morphogeny of epithelium of bursa fabricii of chicken embryos is examined from position of mathematical theory of catastrophes. Participating of fibres of connecting tissue comes into question in morphogeny of epithelial layers.

Keywords: bursa fabricii, epithelium, embryogenesis, theory of catastrophes.

Введение. Фабрицева сумка птиц — уникальный орган иммунной системы позвоночных, тщательное изучение которого позволило обнаружить Т- и В-системы иммунитета. Вместе с тем этот эпителиальный орган, находясь на стыке экто- и энтодермы, является перспективной моделью для изучения развития перестроек эпителия, а также эпителио-мезенхимальных взаимоотношений в ходе эмбрионального органогенеза.

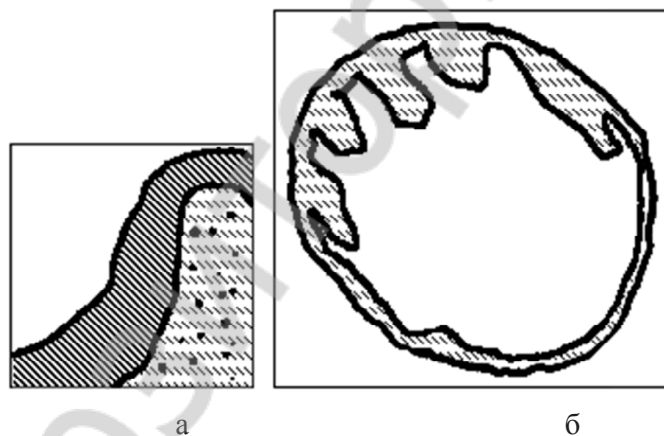
Известно, что в перестройках эпителиальных пластов важную роль играют физические напряжения, направленные вдоль клеточного пласта. Они приводят к морфологической поляризации эпителия — активному процессу сжатия клеток в плоскости пласта и вытягивания по нормали. Но в реальности эпителиоциты часто имеют один суженный конец, что приводит к формированию клеточных «вееров» [2], которые представляют собой выпячивание клеток эпителия в одну из сторон. Борхвард В.Г. показал, что процессы втягивания и выпячивания клеточных пластов важны для морфогенеза. Они обусловлены размножением эпителиоцитов клеточного пласта, а также давлением на него со стороны внутренней или внешней среды [3]. Извест-

но, что определенный интерес с точки зрения интерпретации механизмов морфогенеза представляют математические теории бифуркации и катастроф [1].

Цель исследования — получение морфологических данных об эмбриональном развитии фабрициевой сумки куриных эмбрионов и анализ процессов взаимодействия эпителия и мезенхимы с позиции математической теории катастроф.

Материалы и методы. Изучены фабрициевы сумки 42 куриных эмбрионов от 7 до 20 сут инкубации. После фиксации в формалине и заливки в парафин готовили срезы толщиной 7 мкм, окрашивали их гематоксилином и эозином, импрегнировали серебром по Футу и изучали методами световой микроскопии.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования выявлено, что наиболее интенсивные процессы перестройки эпителиальных пластов в фабрициевой сумки курицы наблюдаются в период с 8 по 17-е сут инкубации. В период с 7 по 9-е сут наблюдается формирование полости органа, стенка которой выстлана эпителием с подлежащей мезенхимой. С 9 по 12-е сут инкубации формируются плоские продольные складки, выпячивающиеся во внутреннюю полость. С 12–13-х сут в эпителии начинают развиваться линзовидные закладки будущих лимфоэпителиальных фолликулов. С 13 по 17-е сут инкубации фиксируется увеличение количества и рост размеров фолликулов. С 18-х сут происходит постепенное формирование мозгового и коркового вещества фолликулов. Изгибы эпителиальных пластов наблюдаются в морфогенезе фабрициевой сумки, начиная с 9-х сут. Образование складок начинается с небольших выпячиваний в полость органа, причем обычно в области выпячивания эпителий истончен (рисунок а), что свидетельствует о повышенном давлении на эпителиальный пласт со стороны мезенхимы как причины деформации. Интенсивные процессы формирования и роста эпителио-мезенхимальных складок в последующем (рисунок б) говорят о быстрой пролиферации клеток эпителиального листка, а также увеличении объема мезенхимы.



а — истончение эпителия в области образования складки на 9-е сут инкубации, ув. 900х;
б — развитие складок в просвете органа на 10-е сут инкубации, ув. 40х

Рисунок — Раннее развитие фабрициевой сумки куриных эмбрионов

Приведенные данные свидетельствуют о наличии в морфогенезе фабрициевой сумки куриного эмбриона процессов преобразования эпителия, описываемых математической теорией катастроф. Под катастрофами подразумеваются «скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних обстоятельств» [1]. В самом деле, постепенно нарастающее напряжение вдоль эпителиального пласта, возникающее за счет непрерывной пролиферации эпителиоцитов, приводит к неустойчивому состоянию эпителиального пласта. Дальнейший небольшой прирост напряжения побуждает эпителиальный пласт к скачкообразному выпячиванию с равной вероятностью в сторону внутренней или внешней среды. Такой тип катастрофы в упомянутой теории называется «сборкой» [1]. В физических экспе-

риментах гибкая металлическая линейка с закрепленными концами, к которой прикладывается некоторое усилие в направлении вдоль линейки, ведет себя именно таким образом. Но морфогенез отличается детерминизмом и «предпочтением» лишь одного из множества состояний, необходимого для дальнейшего пути развития системы. В отношении биологических структур «равная вероятность» двух последующих состояний в ходе морфогенеза исключается. Такой выбор осуществляется с помощью разнообразных регулирующих механизмов гисто- и органогенезов.

В частности, прогиб эпителия при образовании складок на 9-е сут детерминирован вектором воздействия мезенхимы на эпителиальный пласт в направлении просвета органа. В этом случае истончение эпителия, обусловленное возможным снижением интенсивности пролиферации в данном локусе, выступает как необходимое условие для формирования складки. По-видимому, мезенхима создает постоянное давление на эпителиальный пласт. Морфогенетическая разметка, возникающая в развитии зачатка органа, представляет собой план различных концентраций регулирующих факторов (морфогенов) в разных локусах эпителиального пласта, в т. ч. регуляторов пролиферации [2]. Последующее развитие приводит к формированию эпителио-мезенхимальных структур в соответствии с планом разметки.

Можно сказать, что биосистема развивается, создавая неустойчивые состояния тех или иных своих доменов, частей, компартментов за счет постепенных изменений их составляющих элементов, закрепляя в последующем переход каждого из них из неустойчивого состояния в устойчивое.

Заключение. Таким образом, ряд преобразований эпителиальных пластов в ходе эмбрионального морфогенеза фабрициевой сумки курицы носит скачкообразный характер, что позволяет рассматривать их как локальные катастрофы вследствие потери устойчивого состояния эпителиального пласта, знаменующиеся переходом его в новое, устойчивое состояние. Однако факторы, детерминирующие «направление» катастроф и закрепляющие выбор нового устойчивого состояния (в рассматриваемом случае воздействие мезенхимы на эпителиальный пласт), превращают естественные процессы «динамического хаоса», описываемые теорией особенностей и теорией бифуркаций, а также теорией катастроф [1], в организованный и детерминированный процесс, называемый эмбриогенезом.

Литература

1. Арнольд, В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 128 с.
2. Белинцев, Б.Н. Физические основы биологического формообразования / Б.Н. Белевцев. — М.: Наука, 1991. — 256 с.
3. Борхвардт, В.Г. Впячивания и выпячивания: гидромеханическая модель / В.Г. Борхвардт // Онтогенез. — 2002. — Т. 33, № 1. — С.19–27.