

Российская академия наук
Отделение биологических наук

Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН
Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН
Научный совет РАН по биологии развития

Научный совет РАН по проблемам палеобиологии и эволюции органического мира

Конференция

«Морфогенез в индивидуальном и историческом развитии»

16–18 марта 2011 г.

ТЕЗИСЫ

Москва 2011

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ САМООРГАНИЗАЦИИ КЛЕТОК И НАДКЛЕТОЧНЫХ СИСТЕМ

В.В. Исаева

Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова, Москва

Институт биологии моря ДВО РАН им. А.В. Жирмунского, Владивосток,

vv_isaeva@mail.ru

Биологический морфогенез включает процесс самоорганизации – самопроизвольного возникновения пространственной и временной упорядоченности, в ходе которого глобальный паттерн системы порождается локальными взаимодействиями ее элементов. Биологические системы способны к динамичной самоорганизации с развертыванием разнообразных пространственно-временных паттернов; биологическая самоорганизация направляется и закрепляется естественным отбором (Camazine et al., 2001; Glass, 2005; Kirschner, Gerhart, 2005). К самоорганизации способны и сложные сетевые системы, включающие обратные связи и обладающие такими чертами, как устойчивость, гибкость, модулярность, иерархичность. Таковы естественные и искусственные нейральные системы, имеющие конечное ограниченное число дискретных состояний (аттракторов системы), а также геновые регуляторные сети и сети морфогенеза.

Неоднократно продемонстрирована самоорганизация системы микротрубочек цитоскелета с формированием разнообразных структурных паттернов (Rodionov, Borisy, 1998; Glade et al., 2004; Pinot et al., 2009 и др.). Разнообразные формы клетки генерируются одним генотипом, т.е. наблюдается полифенизм на клеточном уровне. Процесс самоорганизации, свойственный системе цитоскелета, определяет интегральную поляризацию всей клетки; цитоскелет яйцевой клетки выполняет функцию глобального морфогенетического детерминанта. Клетка вовлечена в организацию онтогенеза всех уровней.

Эксперименты с культивируемыми *in vitro* клетками раскрывают возможности самоорганизации клеток в отсутствие контролирующих влияний организма. Диссоциированные эмбриональные клетки спонтанно образуют ансамбли с координированным «социальным» поведением клеток и генерируют упорядоченные морфологические паттерны. Наблюдается переход от хаоса (беспорядочного движения отдельных клеток) к порядку (коррелированному движению или самоорганизации клеточных агрегатов), аналогичный «фазовому переходу» в физических системах. Путем контактной ориентации клетка-клетка и клетка-субстрат осуществляется трансляция локального, ближнего порядка клеточных взаимодействий в дальний, глобальный порядок клеточных полей. Показано, что для дифференциации саркомеров миотуб в миогенной культуре необходимо прикрепление к твердому субстрату, создающее возможность механического натяжения.

Бластуляция и гастрюляция при развитии целого организма из диссоциированных бластомеров морского ежа осуществляются иначе, чем в норме, приводя при этом к образованию нормального организма и демонстрируя тем самым эквивалентность развития этой самоорганизующейся системы, способной к достижению финального состояния (аттрактора) разными путями.

Помимо биологических закономерностей, определяющих направления и ограничения морфогенеза, неизбежны его физические и топологические ограни-

чения. Механическое натяжение, способное включать генную экспрессию, органично встроено в морфогенетические поля зародыша. Дробление зиготы создает паттерн клеточных контактов на поверхности зародыша – дискретное морфогенетическое поле с неизбежно присутствующими сингулярностями. В однослойных культурах самоорганизуются планарные поля направлений с определенным набором топологических сингулярностей. Представлена топологическая интерпретация некоторых событий раннего развития с использованием хорошо известных математических концепций и теорем (Isaeva et al., 2008; Presnov et al., 2010).

В эволюции происходит отбор устойчивых, гибких, модулярных систем, способных к адаптивной самоорганизации. Модулярность программ развития создает возможность их пространственной и временной диссоциации с переносом, выпадением, вставкой или возникновением повторов, что ведет к проявлениям гетерохронии, гетеротопии, полимеризации (олигомеризации) в морфофункциональной организации животных. Симметрия, самоподобие, метамерия, полимеризация и другие варианты морфофункциональных повторов с многократным включением одинаковых генов или генных сетей представляют собой эффективный способ морфогенеза на основе относительно небольшой генетической программы, компарментализация же дает возможность использования одного и того набора генов же в различных путях морфогенеза. Сети развития обеспечивают его регулятивность, возможности репарации и регенерации, а также включения в онтогенез бесполого размножения наряду с половым – эквивинальное состояние служит аттрактором всей системы. Один и тот же генотип может быть реализован альтернативными путями развития в виде различных фенотипов при полифизмизме. Итак, связь генотипа и фенотипа не однозначна, нелинейна. Физические и топологические закономерности существенны для биологических систем в качестве императива, ограничивающего и направляющего биологический морфогенез.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЛИФЕРАЦИИ ЭПИДЕРМИСА НА ПРИМЕРЕ КОЖИ ГОЛОВЫ АФРИКАНСКОГО СТРАУСА *STRUTHIO* *CAMELUS LINNAEUS, 1758 (STRUTHIONIFORMES)*

А.Б. Киладзе

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва,
andreykiladze@yandex.ru*

Эпидермис можно рассматривать в качестве модельного объекта для оценки пролиферативного потенциала в системе последовательных генераций клеточных структур, базальным звеном которых является слой стволовых кератиноцитов, формирующих герминативный слой, а терминальным – роговой слой, состоящий из плотно уложенных и уплощенных корнеоцитов. Кроме того, существует ряд промежуточных слоев эпидермиса. Полагая, что пролиферативный потенциал эпидермиса можно оценить по степени разрастания рогового слоя, который имеет четкую топографическую и половую изменчивость за счет неодинакового развития, обусловленного морфологической гетерохронией, во многом инициированной адаптационной реакцией к окружающей среде. Ведь именно роговой слой эпидермиса наравне с дермой обеспечивает защитно-барьерную функцию кожного покрова. В