

УДК 591.3

МЕХАНИКА ОРГАНОГЕНЕЗА. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Петренко В.М.

Российская академия естественных наук, Санкт-Петербург, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Механика органогенеза в онтогенезе и эволюции заключается в межорганных взаимодействиях. В их основе лежат неравномерный по темпам и направлениям рост органов и межтканевые взаимодействия.

Ключевые слова: органогенез, механика, сравнительный метод

MECHANICS OF ORGANOGENESIS. COMPARATIVE METHOD OF THE INVESTIGATIONS

Petrenko V.M.

Russian Academy of Natural History, St.-Petersburg, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Mechanics of organogenesis in ontogenesis and evolution consist in interactions between organs. In their base there are uneven growth of organs in the pace and direct and interactions between tissues.

Keywords: organogenesis, mechanics, comparative method

Объектом исследований механики развития являются не зародыши и их физиология как таковые, но формативные процессы, или морфогенезы, в самом широком смысле, физиология формы [26]. Движущей силой развития живых организмов представляются взаимодействия различных систем [1], в т.ч. органов, механизмы и значение которых для эволюции и онтогенеза подробно описаны в литературе [26-28]. В последние десятилетия получили широкое распространение эксперименты с использованием различных факторов воздействия на организм, в т.ч. развивающийся, хотя не всегда известны особенности его строения в норме. Считается, что только или главным образом благодаря экспериментам можно выявить механизмы жизнедеятельности, в т.ч. развития организмов. Так ли это? Если открыть словари русского языка и иностранных слов, то выяснится, что понятие «эксперимент» (от лат. – проба, опыт) явно уже понятия «опыт». Последнее имеет несколько значений, в т.ч.: 1) отражение в человеческом сознании объективного мира через посредство чувственного восприятия на основе практики изменения мира (~ естественный опыт – природа постоянно ставит опыты путем естественного отбора); 2) воспроизведение какого-нибудь явления в искусственно созданных условиях с целью исследования, эксперимент (~ искусственный опыт). «Опыты» природы нужно обязательно использовать для познания механизмов органогенеза – метод сравнения органов у животных разных видов и классов. Но изучать орган следует как часть целого организма в неразрывной связи с его функцией [28].

Цель исследования: показать важное значение сравнительно-морфологических методов для изучения механики органогенеза в рамках «синтетической» морфологии [28].

Материалы и методы исследования

Представлю кратко итоги части из моих исследований по сравнительной анатомии и эмбриологии [2-25], результаты других можно найти на сайте РАЕ (www.famous-scientists.ru/1251/ – Петренко Валерий Михайлович – перечень публикаций). Я препарировал, окрашивал тотальные препараты и серийные гистологические срезы по разным методикам, включая гистохимию и иммуногистохимию, использовал электронную микроскопию [2-4,9].

Результаты исследований и их обсуждение

Онтогенез рассматривают с количественной и качественной сторон. Они соответствуют 2 основным компонентам развития всех организмов: 1) рост – увеличение размеров; 2) дифференциация – увеличение сложности строения путем обособления частей и появления всевозможных различий. Обе стороны развития неразрывно взаимосвязаны, что не исключает неполную корреляцию процессов роста и дифференциации. Так Ch.Minot (1910) считал, что главным модусом развития является «закон неравномерного роста». по D'Arcy Thompson (1942), морфогенез тела и органов определяется скоростью их роста в разных направлениях. П.Г.Светлов ввел термин «дифференцирующий рост». по его мнению, значительная часть дифференциации осуществляется при помощи неравномерного роста [26]. Дифференцирующий рост, ведущий к разделению тела на части,

можно назвать сегментирующим. Его механизм состоит не только в неравномерности по темпам и направлениям вообще, но и на протяжении тела – перемежающийся, полифокальный рост: активные центры (интенсивного роста части тела) чередуются с промежуточными зонами («медленного» роста), которые сужаются между увеличивающимися в объеме закладками органов. Их пролиферирующие эпителиальные зачатки образуют главные (первичные) организаторы морфогенеза. Мезенхима ориентируется на эпителиальные зачатки органов и распределяется между обособливающимися органами закладками в виде эпителиомезенхимных комплексов. Мезенхима и ее производные образуют вторичные организаторы морфогенеза (ядра почек конечностей, стромальные зачатки лимфоузлов и т.п.). Они модифицируют рост первичных организаторов (эктодермальных гребней в почках конечностей или эндотелиальных стенок лимфатических сосудов, матричных для закладок лимфоузлов). Основные типы роста эпителиев: 1) пластом, который может сворачиваться в трубку (зародышевые листки и нейруляция, покровные эпителии); 2) древовидный рост – трубки железистого эпителия и сосудистого эндотелия многократно ветвятся, ветви внедряются в окружающие ткани с разделением органа на части (новые органы, их доли, дольки и т.п.). Так сегментацию первичной кишки на протяжении инициируют локальные выросты энтодермальной трубки. Мелкие ветви этих дивертикулов прорастают окружающую мезенхиму в разных направлениях, обходя препятствия на пути своего роста, в т.ч. «медлительную» трубку покровного эпителия, в т.ч. тела эмбриона и его висцеральных трактов. Сходным образом растут сосуды, формируя вокруг эпителиальных зачатков органов густые сети. Дивертикулы оказывают прямое морфогенетическое давление на кишку, врастая в ее брыжейки и укорачивая их в разной степени – от образования коротких брюшинных связок (малый сальник) до почти полного поглощения (легкие в брыжейках пищевода). Так же участвуют в органогенезе крупные сосудистые органы – сердце, аорта, полые и воротная вены. Эпителиальная трубка сомы «пассивна», растет медленнее и делится на ветви (голова, конечности) гораздо меньше – эквидревоидный рост [3,19-22]. Я изучал значение соотносительного объема соседних органов как отражения интенсивности / темпа их роста (~ градиент морфогенетического давления) для эмбрионального органогенеза, в т.ч. в аспекте видовых особенностей межорганных взаимодействий. Пример:

1. Печень – главный организатор эмбрионального органогенеза в брюшной полости (во взаимодействии с сердцем она регулирует и морфогенез легких), где доминирует у человека с 4-й по 9-ю нед (у свиньи и овцы ≈ 3-5-я нед, у крысы ≈ 13-17 сут) эмбриогенеза, когда ее относительные размеры наиболее значительны. Принципиальную схему механики органогенеза в брюшной полости можно представить в виде формулы: печень ↔ остальные органы.

1.1. Печень ↔ [пупочная кишечная петля и первичные почки] → особенности поворота пупочной кишечной петли → особенности вторичных сращений брюшины → общее число и размещение висцеральных, особенно брыжеечных, и поясничных, особенно парааортальных, лимфоузлов → особенности морфогенеза кишечных лимфатических стволов.

1.2. Печень → [первичные почки → (почки ↔ надпочечники)] → особенности морфогенеза [нижней (задней) полой вены → забрюшинного лимфатического мешка, поясничных стволов и цистерны грудных протоков у эмбриона и затем у плода] → число и размещение поясничных лимфоузлов → особенности морфогенеза начального отдела грудного протока и его корней у плодов.

Печень у плацентарных млекопитающих является крупнейшим органом их эмбрионов, поскольку служит центром кроветворения. Желточный мешок у этих животных обычно мал и рано редуцируется. У птиц и еще больше у рептилий желточный мешок редуцируется гораздо позднее, что задерживает вправление физиологической пупочной грыжи в брюшную полость зародыша. С этим можно связать отсутствие у птиц и рептилий вторичных сращений брюшины. У крысы полностью отсутствуют дорсальные вторичные сращения брюшины, что коррелирует с замедленным уменьшением размеров печени относительно емкости брюшной полости у плода (по сравнению с человеком). Особенно сильно на этот процесс влияет рост дорсальных, ретропортальных отделов печени у крысы – вплоть до «удвоения» печени. Они «отодвигают» желудок и двенадцатиперстную кишку от дорсальной брюшной стенки с сохранением подвижности корня дорсальной брыжейки. Поворот первичной кишечной петли в эмбриогенезе крысы замедлен с редукцией и выпадением ряда этапов. У свиньи печень растет примерно как у человека. Но у свиных эмбрионов очень крупные, медленно дегенерирующие мезонефросы тормозят краниальный рост («восхождение» в брюшную полость) тазовых почек и по-

стренального отдела задней полой вены, способствуют образованию более крупных краниального и (особенно) каудального интрасубкардинальных венозных анастомозов. У куриного эмбриона печень относительно небольшая (поскольку преобладает желточное кроветворение), но мезонефросы дегенерируют медленно, а почки сохраняют тазовое положение, поэтому постстренальный отдел задней полой вены вообще не формируется.

У плодов органогенез в брюшной полости определяется в первую очередь соотношением объемов и особенностями роста печени и кишечника. Этот тезис хорошо иллюстрируется «обратными» соотношениями печени и слепой кишки у грызунов: всеядная и подвижная крыса – более крупная печень, небольшие толстая кишка в целом и слепая кишка в ее составе; малоподвижная растительноядная морская свинка – печень меньше, огромная слепая кишка и постоянные петли восходящей ободочной кишки; очень подвижная растительноядная дегу занимает промежуточное положение, но ближе к морской свинке. У морской свинки изменение относительного роста (объема) правой и левой долей печени прямо коррелирует (определяет) с положением и строением двенадцатиперстной и восходящей ободочной кишки.

Заключение

Межорганные взаимодействия определяют становление дефинитивных анатомотопографических взаимоотношений органов на основе неравномерного роста органов, в т.ч. стенок полостей тела (лимитирующий фактор емкости). В т.ч. лимфатических узлов и стволов, отсюда становится понятной корреляция типов общей конституции индивида и частной конституции лимфатической системы [23]. Соотношение темпов роста органов по разным направлениям изменяется с изменением влияния данного органа на развитие соседних органов. Органы состоят из тканей. Межтканевые взаимодействия, в т.ч. типа эпителиостромальных (эпителиомезенхимные), лежат в основе органогенеза. Его главный механизм – описанный выше полифокальный рост эмбриона: пролиферирующие эпителиальные зачатки чередуются с промежуточными зонами мезенхимы, которые сужаются между закладками органов.

В эволюции, вероятно, функциональная активность, например – пищевая нагрузка, детерминирует адекватный морфогенез органов и их топографию путем изменения их абсолютного и относительного роста, что закрепляется естественным отбором

согласно И.И.Шмальгаузену (эволюция / онтогенез) [28]: топографические координации / эргонтические корреляции → организационные координации / морфофункциональные корреляции. Однако естественный отбор – многофакторный процесс. Объем слепой кишки, например, зависит не только от степени, но и от длительности ее наполнения (брожения пищевых остатков), а это, в свою очередь, от «грубости» пищи (крыса → морская свинка ↑). Длительность наполнения органа еще зависит, но обратно, от его эвакуаторной функции, которая, в свою очередь, зависит от степени развития мускулатуры, собственной (самого органа) и скелетной (стенок брюшной полости), подвижности животного (дегу → морская свинка ↓). Подобная функциональная морфология характерна для ободочной кишки, включая ее развитие.

Список литературы

1. Иберт Дж. Взаимодействующие системы в развитии. Пер. с англ.яз. – М.: изд-во «Мир», 1968. – 194 с.
2. Петренко В.М. Развитие лимфатической системы в пренатальном онтогенезе человека. – СПб: изд-во СПбГМА, 1998. – 364 с.
3. Петренко В.М. Эмбриональные основы возникновения врожденной непроходимости двенадцатиперстной кишки человека. – СПб: изд-во СПбГМА, 2002. – 150 с.
4. Петренко В.М. Эволюция и онтогенез лимфатической системы. Второе издание. – СПб: изд-во ДЕАН, 2003. – 336 с.
5. Петренко В.М. О роли печени в органогенезе. Комбинированный порок развития белой крысы // Фунд. иссл.-я. – 2009. – № 8. – С. 35-38.
6. Петренко В.М. Физиология развития сосудистого русла // Успехи соврем.естествозн.-я. – 2009. – № 9. – С. 192-193.
7. Петренко В.М. Физиология (механика) эмбрионального органогенеза: эпителиостромальные взаимодействия и морфогенез // Фунд.иссл.-я. – 2009. – № 10. – С. 33-34.
8. Петренко В.М. Вторичные сращения брюшины и развитие лимфатической системы у человека и белой крысы // Соврем.наукоемк.технол.-и. – 2010. – № 4. – С. 67-68.
9. Петренко В.М. Лимфатическая система. Анатомия и развитие. – СПб: изд-во ДЕАН, 2010. – 112 с.
10. Петренко В.М. О физиологии развития лимфатической системы // Успехи соврем.естествозн.-я. – 2010. – № 6. – С. 36-39.
11. Петренко В.М. Рекомбинационный морфогенез лимфатической системы в пренатальном онтогенезе человека // Успехи соврем.естествозн.-я. – 2011. – № 1. – с. 20-26.
12. Петренко В.М. Варианты фетального органогенеза в брюшной полости однояйцевых близнецов человека // Междунар.журнал приклад. и фунд. иссл.-й. – 2011. – № 6. – С. 74-75.
13. Петренко В.М. Механика морфогенеза ободочной кишки у белой крысы // Междунар.журнал приклад. и фунд. иссл.-й. – 2011. – № 11. – С. 94-95.
14. Петренко В.М. Механика развития слепой кишки у белой крысы // Междунар.журнал приклад. и фунд. иссл.-й. – 2011. – № 12. – С. 75.
15. Петренко В.М. О механизме мальротации кишки // Междунар.журнал приклад. и фунд. иссл.-й. – 2011. – № 11. – С. 101.

16. Петренко В.М. Общая физиология (механика) онтогенеза // *Международ. журнал exper. образ-я.* – 2012. – № 7. – С. 90-91.
17. Петренко В.М. Лимфатическая система и эмбриональный органогенез: Стратегические вопросы мировой науки – 2013. – Пржемысль: изд-во «Nauka i studia», 2013. – Т. 24. – С. 52-54.
18. Петренко В.М. Лимфатическая система и фетальный органогенез: Научный прогресс на рубеже тысячелетий – 2013. – Прага: изд-во «Education and Science», 2013. – Т. 31. – С. 31-33.
19. Петренко В.М. Сегментация и компартментализация как две стороны процесса развития организмов в эволюции и онтогенезе // *Успехи соврем. естествозн-я.* – 2013. – № 5. – С. 149.
20. Петренко В.М. Рост, его виды и роль в физиологии (механике) онтогенеза // *Международ. журнал приклад. и фунд. исслед-й.* – 2013. – № 6. – С. 126.
21. Петренко В.М. Древовидный рост и сегментация тела развивающегося организма // *Международ. журнал приклад. и фунд. исслед-й.* – 2013. – № 7. – С. 135.
22. Петренко В.М. Сегментирующий рост в морфогенезе первичной кишечной трубки // *Международ. журнал приклад. и фунд. исслед-й.* – 2013. – № 9. – С. 119-120.
23. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы. – СПб: изд-во ДЕАН, 2014. – 60 с.
24. Петренко В.М. Устройство организма у человека и высших животных // *Успехи соврем. естествознания.* – 2014. – № 2. – С. 32-35.
25. Петренко В.М. Каузальная механика морфогенеза лимфоидно-лимфатического аппарата // *Международ. журнал приклад. и фунд. исслед-й.* – 2014. – № 9. – Ч. 2. – С. 78-81.
26. Светлов П.Г. Физиология (механика) развития. Т. 1, 2. – Л.: изд-во «Наука», 1978. – 279 с. – 264 с.
27. Филатов Д.П. Сравнительно-морфологическое направление в механике развития, его объект, цели и пути. – М.-Л.: изд-во АН СССР, 1939. – 119 с.
28. Шмальгаузен И.И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных. – М.: Гос.уч.-пед.изд-во наркомпроса РСФСР, 1938. – 488 с.