

ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОРФОЛОГИЯ

М. П. АЙЗУНЕТ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
РАЗВИВАЮЩИХСЯ СКЕЛЕТНЫХ ЧАСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ
У ЭМБРИОНОВ КУРИЦЫ**

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 7 III 1940)

Ставя своей общей задачей исследование гистогенеза регенерационных процессов развивающихся костей, мы прежде всего преследуем цель изучить потенции костеобразующих клеток в онтогенезе, а также в филогенетическом ряду позвоночных. Исследования в этом направлении мы начали с изучения регенерации костей у эмбрионов крыс и установили, что у них при заживлении переломов tibia клетки эмбрионального хряща проявляют свойства и способности, которых не наблюдается при регенерации костей у взрослых животных. Мы установили, что у эмбрионов крыс хрящ мозоли, образующейся на месте перерезки tibia, превращается непосредственно в кость в результате ряда превращений его клеток и изменений, наступающих в основном веществе. Такое же явление мы наблюдали и у новорожденных крысят в первые 4 дня после начала оксификации мозоли. В дальнейшем у крысят, так же как у взрослых крыс, имеет место типичный эндохондральный процесс окостенения, т. е. замена хрящевой ткани тканью костной.

В данной нашей работе объектом исследования были цыплята. Известно, что у взрослых птиц, так же как у млекопитающих животных, общие регенерационные способности организма весьма ограничены и в основном сводятся к заживлению ран. Из литературы, посвященной вопросу регенерации у птиц, видно, что кроме кожного покрова и его придатков наибольшую способность восстанавливать утерянные части имеет скелет. Среди авторов, описывающих регенерацию костей у птиц, можно отметить Фуинами (3), Кинеля (4), Бергмана (2) и Рогемана (5). Кинель проследил регенерацию костей черепа у взрослых птиц и нашел, что в восстановлении удаленного участка кости черепа у птиц участвуют периост и твердая мозговая оболочка, которую он рассматривает как модифицированный периост. По его наблюдениям, остеобласты, отделяясь от периоста и твердой мозговой оболочки, группируются на раневых поверхностях кости и превращаются в костные клетки. Кинель считает, что другие ткани, прилегающие к месту нанесенного дефекта, не участвуют в процессе образования кости. При заживлении переломов костей черепа Кинель не наблюдал образования хрящевой мозоли, как это имеет место при сращивании переломов длинных костей.

Бергман изучал регенерацию пневматических костей птиц; он исследовал заживления переломов плечевой кости домашнего голубя. На основании того, что после фрактуры плечевые кости голубей быстро наполняются костным мозгом, автор делает заключение об огромном значении эндоста и костного мозга при регенерации костей.

Тщательное гистологическое исследование процессов регенерации костной ткани у птиц проделали Фуинами на голубях и Рогеман на различных мелких птицах (канарейка, дрозд и др.) при заживлении у них переломов длинных костей задних конечностей. Из их описаний регенерационного процесса и из приведенных ими рисунков видно, что между регенерацией костей у взрослых птиц и млекопитающих принципиальной разницы нет.

Вопрос о том, способны ли отдельные органы эмбрионов птиц восстанавливать утраченные части и в какой мере, еще не изучен. В частности, не исследованы регенерационные процессы костей у эмбрионов птиц. Наши предыдущие работы по изучению регенерации костей у эмбрионов млекопитающих заставляли нас предполагать, что у эмбрионов птиц гистогенез регенерации костной ткани должен протекать и количественно и качественно по-другому, чем у взрослых птиц. В настоящей работе мы остановимся на гистогенезе регенерации скелетных частей конечностей эмбрионов курицы ранних стадий их развития.

Подопытным материалом являлись эмбрионы курицы в возрасте от 4 до 6 дней инкубации. Выпилив в скорлупе яйца окошечко напротив зародыша величиною приблизительно $1\frac{1}{2}$ см², мы перерезали тонкими пинцетными ножницами бедренную или одну из берцовых костей эмбрионов. После операции мы закрывали отверстие в скорлупе яйца кусочком слюды, смазав его края расплавленной смесью парафина с воском.

Известно, что эмбрионы курицы развиваются сравнительно быстро, и поэтому скелет их конечностей в каждые следующие сутки сильно отличается от скелета, который имелся у той же особи днем раньше. Так, в начале пятых суток инкубации у цыплят скелет конечностей представлен уплотненной мезенхимой, которая образует как бы сплошную массу протоплазмы с густо рассеянными в ней ядрами. Эту ткань принято называть скелетогенной или протохондральной тканью. В конце пятых суток между плотно лежащими клетками протохондральной ткани скелета конечностей цыплят появляются тонкие полоски межклеточного вещества, т. е. уплотненная волокнистая мезенхима превращается в хондридную ткань. На шестой день инкубации трубчатые кости конечностей—femur, tibia, fibula, humerus, radius и ulna—обычно состоят уже из хряща. На восьмом дне инкубации начинается процесс окостенения в выше упомянутых частях скелета конечностей. Указывая сроки появления и развития той или иной другой ткани скелета конечностей эмбрионов курицы на ранних стадиях развития, нужно отметить, что развитие эмбрионов, а следовательно, и развитие скелета их конечностей происходит далеко не синхронно, т. е. даже при одинаковых условиях инкубации имеются большие индивидуальные различия в стадиях развития.

Первые опыты были поставлены на 4-дневных эмбрионах курицы. Мы старались перерезать у них femur, состоящий на этой стадии развития эмбрионов из протохондральной ткани. Если операция проходила удачно, т. е. если разрушение на месте перерезки не было слишком большое, не были разрушены идущие параллельно с femur'ом кровеносные сосуды, то заживление нанесенного операцией дефекта происходило быстро благодаря интенсивному размножению как клеток самой уплотненной мезенхимы (скелетная часть конечности), так и окружающей ее эмбриональной соединительной ткани. Через два дня после операции,

когда в зачатке кости протохондральная ткань сменилась уже хондроидной тканью, а последняя начала интенсивно превращаться в хрящ, место перереза скелетной части конечности установить невозможно.

Если же операция произведена на шестой или седьмой день инкубации, когда скелет конечностей эмбриона курицы состоит из хряща, срастание перерезанной скелетной части протекает сложнее. В таких случаях через 4—5 час. после операции, по нашим наблюдениям, на месте разреза начинается сильное размножение клеток перихондра, который состоит из плотной эмбриональной соединительной ткани, но границы которого трудно различимы. На этой стадии развития эмбрионов курицы перихондр кнаружки сливается с обыкновенной соединительной тканью, а кнутри он переходит постепенно в хондроидную ткань, которая, превращаясь в хрящ, обеспечивает апозиционный рост скелетной части конечности. Через сутки щель разреза обыкновенно уже наполнена тканью, которая структурно ничем не отличается от скелетогенной мезенхимы соответственной стадии. Через два дня после операции происходит постепенное превращение этой ткани в хондроидную, а потом в хрящевую ткань.

Сравнивая процесс заживления перерезанного хрящевого скелета конечности у эмбрионов курицы с заживлением перерезанного *tibia* у маленьких (38—40 дней) аксолотлей, мы можем отметить существенную разницу. При срастании хрящевого скелета конечностей эмбриона курицы мы не наблюдали на месте перереза более интенсивного размножения хрящевых клеток, чем в других его участках. На этом основании можно делать заключение, что у эмбрионов курицы сами клетки хрящевого скелета не принимают непосредственного участия в ликвидации дефекта, нанесенного операцией. Проследив процесс срастания перерезанного *tibia* у аксолотлей в возрасте 38—40 дней, мы установили, что у них, если концы перереза не отошли друг от друга, т. е. если концы перереза сохранили свое нормальное положение, клетки хряща, прилегающие к месту разреза, размножаясь, обеспечивают срастание перерезанной *tibia*. Перихондр у аксолотлей этого возраста на месте перереза быстро срастается, но не утолщается и не образует никаких признаков так называемой мозоли. В тех случаях, когда у маленьких аксолотлей после операции концы разрезанной *tibia* отошли друг от друга, в заживлении принимают участие, кроме хрящевых клеток, также клетки перихондра, которые, размножаясь на месте перереза, постепенно превращаются в хрящевые клетки.

Итак, мы установили, что у эмбрионов курицы срастание концов перерезанных *femur* и *tibia* на ранних стадиях их развития протекает различно, в зависимости от стадий развития скелета конечностей и окружающей его ткани. Если операция произведена на 4-й день инкубации, то клетки скелета (уплотненная мезенхима) принимают непосредственное участие в ликвидации нанесенного дефекта: интенсивно размножаясь, они обеспечивают срастание перерезанной части скелета. Если же операция произведена на 6—7-й день инкубации, когда у эмбрионов курицы скелет длинных костей конечностей состоит из хряща, то срастание концов перерезанной скелетной части конечности происходит не благодаря размножению клеток скелета, а пролиферацией клеток перихондра.

Лаборатория гистогенеза
Института эволюционной морфологии
Академии Наук СССР

Поступило
7 III 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

- ¹ М. Айзупет, ДАН, XX, № 6 (1938). ² Bergmann, Arch. f. Klin. Chir., Bd. 129 (1924). ³ A. Fujinami, Zieglers Beit. path. Anat., Bd. 29 (1901). ⁴ F. Kinel, Anat. Anz., Bd. 36 (1910). ⁵ Roggemann, ZS. f. wiss. Zool., Bd. 137 (1930).