

А. Я. ФРИДЕНШТЕИН

ГИСТОГЕНЕЗ НЕКОТОРЫХ НАКЛАДНЫХ КОСТЕЙ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 2 VIII 1949)

Бипотенциальная природа скелетогенной ткани (1) позволяет предполагать, что не только в экспериментальных условиях (2-4), но и в нормальном онтогенезе отношения между хрящом и костью не исчерпываются периостальным и энхондральным окостенением.

По общепринятым представлениям (5, 6), барабанная и нижнечелюстная кости млекопитающих являются накладными. Однако изучение гистогенеза этих костей у белых крыс показало, что их развитие протекает своеобразно и во многих отношениях отличается от обычного гистогенеза и накладных, и основных костей.

Материалом для исследования служили эмбрионы белых крыс от 13-го до 21-го дня и молодые крысы разного возраста. Применялись различные гистологические методы, в том числе метод серебрения (Скворцов) и гистохимического определения костной фосфатазы (7).

Барабанная кость закладывается у 16-дневного эмбриона у места соединения хрящевого зачатка молоточка с меккелевым хрящом. Ее зачаток состоит из типичных остеобластов, связанных между собой протоплазматическими отростками. Между клетками проходят преколлагеновые, а в центре зачатка более толстые коллагеновые волокна, со всех сторон сплетающие клетки. У 19-дневного эмбриона барабанная кость состоит из хорошо сформированной губчатой костной ткани с большим количеством клеток. В течение всего эмбриогенеза зачаток почти не увеличивается в размерах. Но уже со 2—4-го дня после рождения начинается быстрый рост барабанной кости.

С этого момента в ткани зачатка происходят характерные изменения. На растущем конце среди обычных остеобластов появляются клетки с более светлым ядром и слабо окрашенной протоплазмой. Между такими клетками накапливается слегка базофильное основное вещество. Протоплазматические отростки исчезают. Количество основного вещества быстро увеличивается, вследствие чего клетки раздвигаются. На 6-й день среди базофильного основного вещества, в котором уже не удается найти никаких фибриллярных структур, лежат округлые клетки с пенистой протоплазмой. В их светлых ядрах видны крупные ядрышки. Клетки окружены четкими базофильными капсулами.

К 8-му дню в зачатке барабанной кости среди костной ткани лежит хорошо сформированный хрящ. Изучая его строение, начиная с зоны роста, можно на одном препарате найти те же стадии развития хряща, которые видны при последовательном просматривании препаратов более ранних стадий. Развитие хряща на растущем конце не прекращается до того момента, когда барабанная кость полностью обрастает среднее ухо,

т. е. до 18—20-го дня после рождения. Возникает вопрос, какова судьба описанного хряща?

Уже первое знакомство с препаратами убеждает в том, что энхондральный процесс не имеет здесь места. К поверхности хряща не подрастают сосуды; хрящ не разрушается. Между тем, несмотря на продолжающееся новообразование, общее количество хряща, начиная с 8-го дня, не только не увеличивается, но, наоборот, быстро уменьшается.

Описываемый хрящ с самого начала тесно связан с развивающейся костной тканью. При этом дифференцировка кости идет параллельно дифференцировке хряща. Так, начинающий свое развитие хрящ окружен остеобластами, между которыми отмечается лишь незначительное волокнообразование. Вокруг более зрелого хряща лежат остеобласты, со всех сторон окруженные коллагеновыми волокнами, и, наконец, хорошо сформированный хрящ с четкими хрящевыми капсулами окружает костная ткань, в которой уже формируются костные балки.

В участках, примыкающих к формирующимся балкам, хрящ подвергается перестройке. На 7—8-й день после рождения основное вещество хряща в этом месте начинает терять базофилию. На 9-й день остаются только базофильные хрящевые капсулы, которые исчезают в последнюю очередь. Вместе с тем меняется вид хрящевых клеток. Их ядра несколько уменьшаются в размерах и делаются более плотными. Протоплазма окрашивается интенсивнее, вакуоли исчезают. При потере основным веществом своей базофилии в нем демаскируются немногочисленные коллагеновые волокна, имеющие характерное для хряща расположение. На 10-й день в области, примыкающей к костной ткани, процесс перестройки завершается. Лежащие здесь клетки имеют вид типичных остеобластов. В периферических частях их протоплазмы появляются отростки, которые связывают клетки между собою. Протоплазма этих клеток слегка базофильна. Однако их ядра более крупные и светлые, чем у обычных остеобластов. Между клетками возникает большое количество преколлагеновых и коллагеновых фибрилл, оплетающих клетки. Иногда вокруг отдельных остеобластов, которые уже включились в остеогенез, сохраняются нежные остатки неполностью растворившихся хрящевых капсул.

Образующаяся костная ткань присоединяется к окружающей хрящ кости, но отличается от нее относительным богатством клетками и направлением коллагеновых волокон, которое можно определить при серебрении. В дальнейшем в ней формируются костные балки, появляются сосуды и начинается обычный процесс перестройки.

Приведенное описание показывает, что перестройка хряща как бы повторяет его гистогенез в обратном порядке. Это может послужить поводом к сомнению, правильно ли было в данном случае определено направление процесса. Подобное возражение⁽⁸⁾ было сделано Мясоедову, описавшему метаплазию хряща в кость в трахее курицы⁽⁹⁾. Однако в данном случае оно было бы необоснованным. Несмотря на кажущееся сходство, между развитием хряща и его перестройкой имеется ряд морфологических отличий. Наиболее демонстративное из них следующее. В области роста барабанной кости к остеобластам примыкает развивающаяся хрящевая ткань, основное вещество которой уже базофильно, а хрящевые капсулы вокруг клеток еще отсутствуют. На противоположной же стороне к остеобластам, появившимся в результате перестройки хряща, прилежит перестраивающаяся хрящевая ткань, основное вещество которой уже потеряло свою базофилию, а хрящевые капсулы вокруг клеток еще сохранены. Существуют также отличия между характером изменения ядра развивающейся и перестраивающейся хрящевой клетки. Существенно и то, что при развитии хряща его граница с окружающей тканью представляется ровной, в то время как при перестройке в глубь хрящевой ткани вдаются участки перестроившегося хряща.

Сходный, но более сложный гистогенез происходит в головке нижнечелюстной кости.

Нижняя челюсть белых крыс закладывается на 15-й день внутриутробного развития как накладная кость снаружи от меккелевого хряща. Но уже на 16-й день в верхней части зачатка начинается развитие хрящевой ткани. Гистогенез этого хряща сходен с вышеописанным с той разницей, что здесь хряща образуется гораздо больше, чем в барабанной кости. У 18-дневного эмбриона хрящевая ткань составляет главную массу как суставного, так и венечного отростков.

Наличие хряща в венечном отростке, который не имеет никакого отношения к нижнечелюстному суставу, доказывает ошибочность точки зрения ряда авторов (¹⁰, ¹¹), относивших этот хрящ ко вторичному составному хрящу.

Вместе с хрящом по периферии обоих отростков образуются костные балки. В местах их соприкосновения с хрящом ткань последнего перестраивается. Благодаря тому, что в суставном отростке длинные оси ядер хрящевых клеток расположены параллельно будущей суставной поверхности, можно с уверенностью утверждать, что образование хряща происходит только в самой верхней части отростка. Зона же перестройки хряща лежит значительно ниже и отделена от зоны роста слоем крупных хрящевых клеток типичного строения.

Однако, помимо перестройки хряща, вскоре после рождения к хрящевой части нижней челюсти подрастают сосуды и остеогенная ткань. В месте их соприкосновения начинается энхондральное окостенение. Оно идет гораздо быстрее, чем процесс перестройки хрящевой ткани, так что к 14-му дню весь описанный хрящ в венечном, а к 30-му дню и в суставном отростке замещается энхондральной костью.

Таким образом, при развитии нижней челюсти обычное энхондральное окостенение сначала присоединяется к процессу перестройки хряща, а затем полностью его перекрывает.

При изучении гистогенеза описанных костей был применен и метод гистохимического определения костной фосфатазы. Для этой цели исследовался материал от 19-дневных эмбрионов, новорожденных и однодневных крыс. Полученные результаты подтвердили наличие перехода хрящевых клеток в остеобласты. Так, в венечном отростке челюсти положительную реакцию на фосфатазу дает не только развивающаяся по периферии кость, но и примыкающий к ней хрящ, в котором происходит процесс перестройки.

Таким образом, барабанная и нижнечелюстная кости белых крыс, которые закладываются как типичные накладные, могут частично проходить хрящевую стадию. Образующаяся при этом хрящевая ткань способна перестраиваться с образованием остеобластов.

Приведенные факты подтверждают бипотенциальную природу ткани накладных костей и показывают, что энхондральное окостенение является хотя и наиболее частым, но не единственным путем развития костной ткани, преобразованной хрящом.

Московский медицинский институт
Министерства здравоохранения РСФСР

Поступило
10 VI 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Н. Студитский, Сборн. к 80-летию акад. Н. В. Насонова, изд. АН СССР, 1937. ² А. Н. Студитский, Арх. анат., гист. и эмбр., 12, 2, 255 (1933). ³ А. Н. Студитский, Zs. Zellforsch. mikr. Anat., 20 (1934). ⁴ H. Fell, Arch. f. exp. Zellforsch., 11, 245 (1931). ⁵ Г. С. Шестакова, Сборн. памяти акад. А. Н. Северцова, изд. АН СССР, 2, 1940. ⁶ Б. А. Домбровский, там же, 2, 1940. ⁷ G. Gotoji, Proc. Soc. Exp. Biol., 42, 1, 23 (1939). ⁸ H. Nevinny, Zs. f. Konstitutionslehre, 30, 155 (1928). ⁹ С. В. Мясоедов, Русск. арх. анат., гист. и эмбр., 3, № 2, 231 (1925). ¹⁰ R. W. Palmer, Anat. Anz., 43, 510 (1913). ¹¹ Гаурр, Arch. Anat. u. Entw. (1912).