

П.Ф. Переслыцких

РАЗВИТИЕ ПОДВЗДОШНО-КРЕСТЦОВОГО СОЧЛЕНЕНИЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ  
ЗОЛОТИСТЫХ ХОМЯЧКОВ

ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)

*Работа посвящена морфологическому изучению развития подвздошно-крестцового сочленения в онтогенезе золотистых хомячков. Установлено, что образование ушковидных поверхностей в зоне латеральных масс крестца хомячков начинается с I крестцового позвонка и затем в процесс последовательно вовлекаются нижележащие крестцовые позвонки. В подвздошных костях ушковидные образования формируются на основе клеточной перестройки фиброзного слоя перихондрия и периоста, что приводит к образованию участков синхондроза и суставной полости. Формирование хрящевых масс вместо фиброзного слоя требует увеличения объема питательных веществ, что обеспечивается увеличением числа и площади каналов и костно-мозговых полостей во внутренней кортикальной пластинке краниального конца подвздошных костей. Это приводит к перераспределению потока питательных веществ, а при нарушении формирования сосудов может сопровождаться неправильным развитием того или иного участка хряща и кости в зоне сочленения и тазобедренного сустава и вызвать их патологическое развитие.*

**Ключевые слова:** позвоночник, подвздошная кость, сочленение

## THE DEVELOPMENT OF ILIOSACRAL JOINT IN ONTOGENESIS OF GOLDEN HAMSTERS

P.F. Pereslitskih

Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS, Irkutsk

*The work is devoted to morphological study of the development of iliosacral joint in ontogenesis of golden hamsters. It was stated that the formation of the ansiform surfaces in the zone of sacrum lateral masses begins in hamsters from the 1<sup>st</sup> sacral vertebra and then one after another underlying sacral vertebrae are involved into the process. In the iliac bones the ansiform surfaces develops basing on nuclear rebuilding of fibrous layer of perichondrium and periosteum that leads to development of synchondrosis and articular cavity area. The formation of cartilage masses instead of fibrous layer needs the extension of nutrients volume what is provided for the extension of quantity and area of canals and bone-cerebral cavities in inner cortical plate of cranial edge of iliac bones. It leads to redistribution of nutrients current and while violation of vessels formation can be accompanied by incorrect development of one or another cartilage area and bone in the zone of coupling and hip joint and lead to their pathological development.*

**Key words:** spine, huckle-bone, joint

Одним из важнейших эволюционных событий при освоении рельефа суши земноводными позвоночными явилось сочленение у них позвоночника с тазом и его конечностями, костный скелет которых развивался самостоятельно из боковой линии кожи [2]. При этом особенностью данного процесса у последующих за ними млекопитающих является то, что рост позвоночника у них обгоняет длину костей конечностей, а дифференцировка тканей позвонков при этом запаздывает. Например, в диатрибе бедренной кости крыс к их рождению имеется костное ядро, в то время как в теле позвонков еще только развивается микроциркуляторная сеть, предшествующая появлению костной ткани [1].

Известно, что некоторые кости крестца растут в ширину за счет увеличения латеральных масс позвонков, у которых ростковые пластинки поперечных отростков разрослись вдоль позвоночника [3, 4]. Однако наличие особенностей между крестцовыми позвонками и их связи с костями таза в процессе эволюции и развития подвздошно-крестцового сочленения в онтогенезе млекопитающих изучено еще недостаточно полно, что обосновывает необходимость более детального их исследования для

объяснения развития некоторых патологических состояний, возникающих в этой части скелета, являющегося важным узлом, обеспечившего не только освоение суши, но и начало прямохождения некоторых позвоночных, и закрепившегося у человека и, несомненно, именно у него оказывающего биомеханическое влияние на становление нижележащих суставов и в первую очередь на тазобедренный сустав. Несомненно, что за миллионы лет эволюции этапы сближения крестцовых позвонков и подвздошных костей у представителей разных классов животных, в частности и у млекопитающих, сократились до нескольких дней плодного или недель постнатального периодов. Но ключевые моменты в этом процессе сохранили постоянство у всех представителей позвоночных класса млекопитающих, хотя у некоторых видов несут те или иные особенности развития и формирования.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты выполнены в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных»<sup>1</sup>. Для проведения работы по изучению формирования подвздошно-

крестцового сочленения у представителей млекопитающих, в частности у золотистых хомячков, было использовано 60 животных в возрасте 1 – 1095 дней после рождения. После эвтаназии парами эфира тазовый пояс отделяли от позвоночника на уровне поясничных позвонков. Затем от него отсекали бедренные кости на уровне их верхней трети и фиксировали полученный материал в 10% растворе формалина в течение 5 – 7 дней. После этого осуществляли его декальцинацию, обезвоживание и заливку в целлоидин. Препараты продольных срезов окрашивали гематоксилин-эозином и заключали в канадский бальзам. Изучение гистологических срезов осуществляли с помощью светового микроскопа и микронасадки при увеличении  $8 \times 15$ .

#### ДАННЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Хомяк. Новорожденный. На продольных срезах I крестцовый позвонок состоит из гиалинового хряща. Его ширина 2,2 мм, высота 1,2 мм. Размеры вышерасположенного поясничного позвонка, от которого отходят поперечные отростки: ширина тела – 1,2 мм, с отростками, содержащими ростковые пластинки – 1,6 мм, высота 1,1 мм. Поперечные отростки I крестцового позвонка преформировались в его латеральные массы, которые распространились вверх, но не соединились с поперечными отростками поясничного позвонка, а спустившись вниз, они достигли поперечных отростков II крестцового позвонка и слились с ними. При этом по бокам от формирующегося межпозвоночного диска видны каналы для прохождения сосудов и нервов. Формирования ростковых пластинок в латеральных массах еще нет. К нижней поверхности II крестцового позвонка крепятся концы мышечных пучков, ширина позвонка между ними равна 0,9 мм, сверху она соответствует ширине тела I позвонка. К поверхности латеральных масс позвонков прилегают поверхности диафизов подвздошных костей, состоящих из гипертрофированных хондроцитов, отделенных от хряща позвонков полоской соединительной ткани. Она включает перихондрии позвонков и хрящевых моделей подвздошных костей. Краниальные концы подвздошных костей слегка отклонены в латеральные стороны и образуют пространство трапецевидной формы, препятствующее соскальзыванию позвоночника в полость таза и способствующее формированию стойки животного с переносом опоры тела только на задние конечности. На концах подвздошных костей длиной до 2,7 мм видны формирующиеся ростковые пластинки, состоящие из пузырчатой зоны высотой до 120 мкм и столбчатой – высотой до 300 мкм. Эпифизы высотой до 350 мкм состоят из плотно упакованных клеток. Аналогичное расположение клеток наблюдается и в зоне формирования ацетабулярной впадины, где еще нет четкой границы между эпифизами подвздошной, седалищной и лобковой

костей, диафизы которых прилежат к своим участкам ростковых пластинок, а примыкающая к последним хрящевая ткань, длиной до 0,8 мм, является общей для будущих эпифизов этих костей. При этом толщина хряща впадины равна 0,5 мм, при толщине диафизов костей до 0,4 мм, а толщина хряща от дна впадины до края лимба по вертикали равна 1,4 мм. Лимб охватывает полностью головку бедра на уровне ее основания, около которого начинается формирование столбчатой и пузырчатой зон ростковой пластинки.

Хомяк. 7 дней после рождения. На срезах I крестцовый позвонок состоит из губчатой костной ткани и имеет ширину тела 2,5 мм, его высота равна 1,3 мм. Эта ткань окружена слоем хрящевой ткани толщиной до 0,35 мм. Она содержит по периметру ростковую пластинку, в которой видны: пузырчатая зона толщиной до 100 мкм, столбчатая зона – 90 мкм и слой мелких округлых клеток, имеющий толщину 5 – 15 мкм. Латеральные массы оканчиваются заостренными концами высотой до 0,5 мм, идут параллельно диафизу подвздошных костей каудально и краниально и придают I крестцовому позвонку вид бабочки-крапивницы. На поверхности латеральных масс формируются ушковидные образования, к которым прилегают ушковидные поверхности краниальных концов подвздошных костей. Их длина равна 5 мм. Они состоят в основном из костной ткани и имеют ростковые пластинки, включающие пузырчатые зоны толщиной до 100 мкм и столбчатые – 180 мкм. Затем краниально лежит эпифиз высотой 200 мкм. Каудально к столбчатой зоне прилежит хрящевая ткань. Ее клетки овальной формы по 1 – 3 шт. равномерно разбросаны по всей площади хряща размером 0,3 – 0,6 × 0,5 мм, что зависит от уровня среза. Ушковидные поверхности подвздошных костей покрыты периостом, включающим плоские клетки с палочковидным ядром. Они лежат и на кортикальной пластинке толщиной 20 – 30 мкм, к эпифизам она увеличивается до 50 – 60 мкм. Мощный слой округлых клеток перихондрия прилежит к слою плоских клеток периоста подвздошной кости. В направлении к эпифизам фиброзные слои периоста и перихондрия утолщаются, их волокна затем образуют закругленной формы связки, соединяющие позвонки и подвздошные кости выше острых концов латеральных масс позвонков. Верхняя поверхность I крестцового позвонка соединяется с поясничным позвонком через межпозвоночный диск, состоящий из мощного формирующегося фиброзно-хрящевого кольца и пульпозного ядра. Его нижняя поверхность соединяется с II крестцовым позвонком за счет хрящевой ткани латеральных масс, а в центральной зоне за счет хрящевой ткани, без наличия фиброзного кольца, и пульпозного ядра небольшой ширины. Таким образом, в области сочленения крестца и подвздошных костей в этот срок идет подготовка к формированию прочного соединения между позвоноч-

<sup>1</sup> Приложение к приказу Министерства Здравоохранения СССР от 12.08.1977. № 755.

ником и каркасом тазового кольца за счет слияния фиброзных слоев перихондрия и периоста.

Хомяк в возрасте 15 дней. На срезах I крестцовый позвонок имеет форму бабочки с острыми углами крыльев. Его тело состоит из губчатой костной ткани, покрытой по периметру хрящевой тканью толщиной до 200 мкм, содержащей ростковую пластинку с хорошо выраженной пузырчатой и столбчатой зонами, заходящими в хрящевые углы крыльев латеральных масс. В зоне сочленения хрящевая ткань ростковых пластинок плотно прилежит к периосту подвздошных костей. В области каудальных концов позвонка и диафиза костей видна полоска клеток оксифильной окраски, отделяющая ростковую пластинку позвонка от хрящевой ткани, толщиной до 100 мкм, лежащей на тонкой кортикальной пластинке диафиза подвздошной кости. На 700 мкм краниально полоска исчезает и хрящевая ткань позвонка и подвздошной кости сливаясь образуют синхондроз. Еще выше отмечено истончение кортикальной пластинки до 12—20 мкм, порой она прерывается и тогда происходит слияние хрящевых клеток позвоночника и подвздошной кости. Кортикальная пластинка у концов диафиза составляет 100—120 мкм. В области краниальных концов позвонка происходит отклонение концов подвздошных костей в латеральные стороны и здесь видны закругленные и прямолинейные формы связок из коллагеновых волокон, соединяющие позвонки и подвздошные кости.

В возрасте хомяков 16—30 дней отмечено дальнейшее увеличение позвонков и подвздошных костей. В области их сочленения определяется увеличение толщины кортикальных пластинок подвздошных костей. При этом отмечено прохождение в толщу кортикальной пластинки сосудов из костномозговой полости и их разветвление у основания хрящевой ткани, расположенной на поверхности кортикальной пластинки. В области связок, расположенных у концов позвонков также отмечено увеличение числа и калибра сосудов, проходящих в рыхлой соединительной ткани, расположенной в пространстве между позвонками и концами подвздошных костей.

На 6 неделе жизни хомяков у концов I и II позвонков отмечено увеличение пространства между ними и подвздошными костями. Здесь видны многочисленные сосуды толщиной 20—50 мкм, расположенные в рыхлой соединительной ткани. Между хрящевой тканью ростковых пластинок позвонков и хрящом, лежащим на кортикальной пластинке диафиза подвздошных костей расположен тонкий слой соединительной ткани, состоящий из плоских клеток. К центру I позвонка этот слой прерывается и сменяется участками, где между фрагментами кортикальной пластинки происходит слияние хрящевых участков ростковой пластинки позвонка и хряща, лежащего на кортикальной пластинке подвздошной кости, т.е. происходит чередование участков синдесмоза и синхондроза.

У хомяков в возрасте 60—65 дней I крестцовый позвонок имеет форму бабочки. К его латераль-

ным массам прилежат диафизы подвздошных костей и они соединены синдесмозами у концов позвонков. Ближе к краниальным концам костей лежат синхондрозы, к которым идут внутрикостные сосуды из дистальной части костномозговой полости подвздошных костей. Концы сосудистых веточек заканчиваются при их подходе к хрящевой ткани, покрывающей порозную кортикальную пластинку диафиза. Между I и II крестцовыми позвонками на месте фиброзного кольца и пульпозного ядра лежит костная пластинка с двух сторон покрытая ростковыми пластинками толщиной до 120 мкм. В самой костной пластинке содержится остаток пульпозного ядра диаметром 200 мкм. На кортикальной пластинке подвздошных костей толщина хрящевой ткани составляет около 100 мкм.

В возрасте хомяков около 2,5 мес. хрящевая масса вокруг костной ткани позвонков содержит хорошо выраженную столбчатую зону и менее выраженную пузырчатую. На диафизе подвздошных костей клетки хрящевой ткани, покрывающие его кортикальную пластинку становятся более овальными и здесь появляются коллагеновые волокна, соединяющие хрящевую ткань позвонков и диафизов подвздошных костей.

Хомяк. Возраст 3 мес. I крестцовый позвонок имеет вид бабочки. Ширина его тела 7,5 мм. Оно состоит из губчатой костной ткани, покрытой хрящевой тканью, образующей ростковую пластинку, продолжающуюся до концов латеральных масс. Ростковая пластинка включает столбчатую зону толщиной около 100 мкм. Пузырчатые клетки видны в основном между и у концов костных балочек. На наружной поверхности столбчатой зоны лежат 2—4 слоя овальных клеток. У заостренных концов латеральных масс I крестцового позвонка лежит рыхлая волокнистая ткань с сосудами, ограниченная коллагеновыми волокнами закругленной связки. К центру позвонка волокнистая ткань суживается до 90 мкм, затем до 10 мкм и отделяет ростковую пластинку позвонка от хрящевой полоски овальных клеток, покрывающих участок кортикальной пластинки краниального конца подвздошной кости. Сама кортикальная пластинка на этом участке порозна, имеет толщину до 400 мкм и костномозговые ячейки диаметром до 200 мкм, заполненные костным мозгом. Ячейки отделены от костномозговой полости полоской костной ткани толщиной до 60 мкм. Примерно в середине I крестцового позвонка тонкая полоска волокнистой ткани начинает расширяться и достигает у каудального конца латеральных масс 400 мкм и далее здесь формируется связка, способствующая фиксации позвонков к подвздошной кости. В проекции этой связки поверхность позвонка покрыта хондроцитами столбчатой зоны на протяжении 100 мкм. При этом прилежащая к ней кортикальная пластинка становится плотной ввиду отсутствия костномозговых ячеек.

Хомяк. 4 мес. В области крестцово-подвздошно-го сочленения отмечено наличие участков синдесмоза у концов латеральных масс и синхондроза в

их средней части. Поверхность латеральных масс представлена ростковой пластинкой. Поверхность краниального конца подвздошной кости вначале представлена плотной кортикальной пластинкой, у места формирования крестцово-подвздошной связки кортикальная пластинка становится порозной и покрыта хрящевой тканью толщиной до 180 мкм. Она представлена округлыми хондроцитами, к ее основанию подходят многочисленные сосуды, прободающие кортикальную пластинку толщиной до 60 мкм, при ширине противоположной плотной кортикальной пластинки 400 мкм.

Хомяки. 5–7 мес. В зоне крестцово-подвздошного сочленения морфологическая картина его принципиально соответствует предыдущему сроку наблюдения. На участке 2,6 мм от его краниального конца между хрящевыми поверхностями лежит рыхлая волокнистая ткань с сосудами. Затем, на участке длиной 1,5 мм волокнистая ткань переходит в хрящевую, которая имеет толщину до 180 мкм с обеих сторон и представлена столбчатой зоной со стороны ростковой пластинки позвонков и напластованием хрящевой ткани со стороны подвздошной кости, при этом ее хондроциты уменьшаются в диаметре приближаясь к линии сочленения хрящей. У каудального конца сочленения длиной 1,2 мм между хрящевыми поверхностями вновь лежит рыхлая волокнистая ткань. Следует отметить, что синхондроз представлен узкой полосой соединения между латеральными массами и диафизом подвздошных костей.

Хомяки. 9–12 мес. В области подвздошно-крестцового сочленения отмечено уменьшение толщины хрящевой ткани латеральных масс до 120–130 мкм и кортикальной пластинки до 110–120 мкм. Между ними видны вытянутые клетки и коллагеновые волокна, что говорит о перестройке хрящевых поверхностей сочленения под воздействием физической активности животных. В зоне краниального конца подвздошных костей сохранена порозность кортикальной пластинки, что может говорить о ее необходимости, по-видимому, для питания хрящевых клеток основания суставного хряща сочленения.

Хомяки. 32–36 мес. Морфологическая картина сочленения говорит о дальнейшей редукции элементов хрящевых поверхностей сочленения. Толщина с обеих сторон его равна 100 мкм. Столбчатая зона латеральных масс выражена достаточно рельефно, пузарчатая — теряется между концами костных балочек позвонков. Ширина тела I крестцового позвонка 7 мм. Хрящевая ткань, лежащая на порозной кортикальной пластинке подвздошной кости, представлена плоскими и затем овальными клетками. На разных уровнях срезов между хрящевыми поверхностями сочленения встречаются пучки коллагеновых волокон, концы которых лежат в основании хрящевой ткани. Также отмечено наличие полоски соединительной ткани толщиной до 20 мкм, лежащей между хрящевыми полосками латеральных масс и краниальными концами подвздошных костей.

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Морфологическая картина развития элементов крестцово-подвздошного сочленения показывает, что оно начинает формироваться на основе анатомо-гистологических изменений I крестцового позвонка и затем последующих позвонков и прилежащих к ним краниальных концов подвздошных костей. Увеличение площади и прочности сочленения происходит за счет слияния хрящевых латеральных масс I крестцового позвонка с поперечными отростками нижележащих крестцовых позвонков и формирования остроконечных или овальных выступов у концов латеральных масс. На срезах позвоночника золотистых хомячков, сразу после их рождения, в зоне сочленения между латеральными массами I и II крестцовых позвонков и краниальным концом подвздошных костей лежит прослойка соединительной ткани, образованная перихондрием хрящевых моделей костей позвоночника и таза и частью соединительной ткани, прежде находящейся между сближающимися поверхностями этих костей. Последующая дифференцировка ткани в зоне сочленения и замена клеточно-волокнистой ткани хрящевой позволяет сформировать более жесткую конструкцию из костей позвоночника и таза. Это сопровождается истончением прослойки между хрящевыми моделями костей, образованием между ними синхондроза, что обеспечивает жесткость конструкции не только крестцово-подвздошного сочленения, но и прочность конструкции тазобедренного сустава. Участие подвздошной кости в формировании обоих суставов обеспечивает механосенситивность хряща [5]. Особенно это важно сохранить при развитии крыши ацетабулярной впадины, нарушения в которой могут сопровождаться ее недоразвитием и формированием врожденного вывиха бедра. Этому же может способствовать нарушение развития внутрикостных сосудов в области внутренней кортикальной пластинки краниального конца подвздошной кости и ее каудального конца, в области формирования костного ядра при росте кости и воздействии на нее физической нагрузки, увеличивающейся массы тела и мышечной силы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Емельяничук Ю.М. Влияние инфракрасного импульсного лазерного излучения на ранние этапы эмбриогенеза и формирования костного скелета крыс в эмбриональном периоде: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Тюмень, 1991. — 17 с.
2. Карлсон Б. Основы эмбриологии по Пэттену / Б. Карлсон; пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — Т. 2. — 390 с.
3. Пэттен Б.М. Эмбриология человека / Б.М. Пэттен; пер. с англ. — М.: Медгиз, 1959. — 768 с.
4. Тонков В.Н. Учебник нормальной анатомии человека / В.Н. Тонков. — Л.: Медгиз, 1953. — Т. 1. — 504 с.
5. Чертенкова Э.В. Механосенситивность хряща / Э.В. Чертенкова // Ортопедия, травматология, протезирование. — 2006. — № 3. — С. 124–129.