

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТУЩИХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ У ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ЛОКОМОЦИИ.

Житников А.Я.

Институт зоологии им. И.И.Шмальгаузена АН Украины, г. Киев

В зависимости от механических напряжений, каждая кость подвергается ряду характерных изменений, включающих дифференцировку хондроцитов ростковых хрящей и остеогенных клеток в зонах замещения хрящевой ткани костной. Значимость и удельный вес этих процессов при развитии скелетных элементов существенно разнятся, отражая их роль при становлении различных типов локомоции. В этой связи недостаточно исследовано развитие и рост скелетных закладок у позвоночных, отличающихся характерными движениями и позами поведения. Особенности их локомоторной активности в значительной мере определяют морфогенез, формообразование, структуру суставного, росткового хрящей и костной ткани.

Цель - изучить динамику формирования, структуру зон роста, особенности минерализации в ростковых хрящах и моделирование длинных костей животных с разными условиями развития (личиночные, яйцевые) и опорно-силовыми нагрузками на скелет.

Объектами являлись белые крысы различного возраста (от 17 суток эмбриогенеза до 2-х месяцев постнатального развития), 4-10- суточные кролики и домашние свиньи, эмбрионы летучих мышей (рыжая вечерница), новорожденные и 12-суточные. Проведено также гистологическое исследование развития длинных костей задних конечностей амфибий (лягушка травяная с 30 суток личиночного развития до наступления метаморфоза через 70 суток, сеголеток, 1- годичных). Эмбрионы кур разных стадий развития (от 7-суток до выклева) получали, инкубируя яйца при 37°C в лабораторных условиях. Птенцов до 1 месяца выращивали в виварии. Методами гистологии и морфометрии изучали структуру ростковых пластинок костей конечностей. Щелочную фосфомоноэстеразу определяли по методу Гомори, а минерализацию хряща и кости оценивали по реакции Косса на не декальцинированных срезах, изготовленных с использованием микротома-криотома МК-25. С этой же целью на 14 и 17 сутки инкубации в воздушную камеру яиц кур вводили ^{45}Ca в дозе 74 кБк/г массы тела на 1 и 72 ч. Через 1 ч остатки радиоактивного кальция удаляли физиологическим раствором, продолжая инкубацию в течение 72 ч. На гистологических препаратах скелетных элементов измеряли высоту каждой ростковой пластинки (по длинной оси закладки) и структурных зон (пролиферации, созревания и гипертрофии), соотношение клеток и гиалинового матрикса на эквивалентной площади, концентрацию эндохондральных трабекул в зонах замещения. Измеряли также диаметр росткового хряща в зоне гипертрофированных хондроцитов, костномозговой полости в центре диафиза и толщину компактной кости в этих участках. Определяли высоту, ширину и объем гипертрофированных хондроцитов. Скорость роста скелетных закладок оценивали по темпам приобретения хондроцитами, меченых ^3H -тимидином, морфологических признаков созревающих или гипертрофированных клеток через 1 и 4 суток после его введения, а также по изменению длины диафиза костей и костномозговой полости в процессе постнатального развития животных. Во всех экспериментах подопытных животных умерщвляли после эфирного наркоза, соблюдая все правила обращения с ними, согласно Европейской конвенции защиты позвоночных животных. Проведена статистическая обработка и дана оценка морфометрических результатов с использованием программы Statistica (Windows).

В растущей кости на уровне соединения эпифиза с тонкой костью диафиза в зоне эпифизарного хряща существенно снижена механическая прочность. Ее усиление в этих зонах большинства млекопитающих обеспечивается минерализованным матриксом, на основе которого формируются костно-хрящевые конструкции. Он может выполнять также роль индуктора остеогенной дифференцировки клеток, участвующих в периостальном и эндостальном остеогенезе. У бесхвостых амфибий матрикс ростковых хрящей, в котором

располагаются гипертрофированные хондроциты, не минерализован и на его основе не формируется эндохондральная кость. За счет чего у этих животных достигается механическая прочность растущих костей скелета конечностей? Этому способствует специфическая конфигурация эпифизарных хрящей: присутствие на всех этапах онтогенеза обширных зон с гипертрофированными хондроцитами внутри костного стержня диафиза. Их контакт с грубоволокнистой компактной костью диафиза обеспечивает растущей скелетной закладке необходимую механическую прочность в соответствии с увеличивающейся массой тела и локомоторной нагрузкой. В то же время не минерализованный матрикс хряща этой зоны растущего скелета конечностей земноводных полностью резорбируется хондрокластами, в результате чего постоянно увеличивается костномозговая полость. В их скелете отсутствует минерализованный хрящ, как основа для формирования эндохондральной кости в зонах замещения. В скелетных закладках птиц в течение значительного периода развития эмбрионов (до 17 суток) также сохраняются обширные зоны хряща с гипертрофированными хондроцитами. Однако в последующем в этом пространстве между врастающими кровеносными сосудами появляются очаги уже минерализованного хрящевого матрикса с группами гипертрофированных хондроцитов и на их основе формируется костная ткань. После выклева птиц кортикальная кость диафиза прогрессивно становится толще. При этом одновременно с биосинтезом субстратов костной ткани на фрагментах минерализованного хряща и на эндостальной поверхности диафиза происходит и ее резорбция, обеспечивая, тем самым, расширение костномозговой полости и ремоделирование кости в соответствии с действием механических сил. Костно-хрящевые трабекулы в зоне замещения это лабильные структуры и постоянно подвергаются коррекции в зависимости от уровня системного и локального контроля, локомоторных и механических нагрузок, действующих на скелетные закладки передних или задних конечностей. Рост костного диафизарного стержня в длину и увеличение толщины кости взаимосвязаны и обеспечиваются пролиферацией и дифференцировкой хондроцитов эпифизарных хрящей и остеобластов эндоста и периоста. Регуляторные механизмы этих процессов следует искать среди сложных взаимодействий эпифизарных хрящей с периостальным и эндохондральным остеогенезом. В этот период развития скелетных закладок клетки периоста и костной ткани также могут выделять факторы, которые ускоряют дифференцировку хондроцитов и обеспечивают минерализацию матрикса хряща в участках, граничащих с ними. Такая локальная кальцификация матрикса хряща наблюдалась нами при развитии скелетных элементов курицы.

Полученные данные позволяют предположить, что повышение локомоторной подвижности плодов и усиление механической и гравитационной нагрузки на скелет конечностей после рождения животных активируют локальные регуляторные системы в зонах его роста и моделирования, обеспечивая интенсивную минерализацию хряща с гипертрофированными хондроцитами и усиливая конструкцию костей за счет эндохондрального остеогенеза. Прочностные свойства и функциональные возможности длинных костей конечностей разных групп позвоночных животных достигаются в онтогенезе за счет усиления кальцификации матрикса хряща и увеличения относительного количества компонентов эндохондральной кости в зонах метафизов. Такая конструкция является важной составляющей при моделировании длинных костей, обеспечивая им достаточную прочность в зонах роста на границе эпифизов и диафиза (метафизы), где только начинает формироваться периостальная кость.

С позиций фундаментальной биологии и медицины, научные данные о возрастных особенностях формирования скелета у животных позволяют приблизиться к пониманию возникающих аномалий и пороков его развития, найти пути и способы их коррекции у человека.