

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО
КОМПОНЕНТА ОБЫЗВЕШТЛЯЮЩИХСЯ
ВИДОВ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ СКЕЛЕТА
У ЛЮДЕЙ ЗРЕЛОГО И СТАРЧЕСКОГО
ВОЗРАСТА**

Жилкин Б.А., Докторов А.А.,
Денисов-Никольский Ю.И.

*Научно-исследовательский и учебно-методический
центр биомедицинских технологий,
Москва*

Методами световой, сканирующей, трансмиссионной (ТЭМ) электронной микроскопии, криофрактографии, гистоморфометрического анализа изучали минерал в составе трабекул и кортикального слоя поясничных позвонков, а также гиалинового хряща рёбер и фиброзного хряща межпозвоночных дисков у людей зрелого (19-44 года, 62 случая) и старческого (75-89 лет, 56 случаев) возраста.

Наименьшими структурами минерального компонента разных видов обызвествлённой соединительной ткани являются кристаллы, достигающие в кости,

гиалиновом и фиброзном хрящах близких максимальных размеров (15-17×9-10×4 нм). Кристаллы минерала контактируют друг с другом, в результате чего формируются их копланарные объединения в виде пластин неправильной формы. Размеры копланарных объединений кристаллов приведены в таблице 1. У людей зрелого возраста наименьшие их размеры характерны для компактного вещества пластинчатой кости, а наибольшие для гиалинового хряща.

Структурными единицами кальцифицированного матрикса пластинчатой кости, гиалинового и фиброзного хрящей являются минерализованные матриксные везикулы (табл.2) и обызвествлённые коллагеновые фибриллы с окружающими их кальцифицированными участками основного вещества. В связи с этим выделено три основных пула минеральных частиц, в состав которых входят кристаллы и их объединения: внутривезикулярный, внутрифибрилярный и межфибрилярный. Слияние этих пулов обеспечивает непрерывность минерального компонента, как на тканевом, так и на органном уровнях.

Таблица 1. Размеры минеральных частиц в обызвествляющихся видах соединительной ткани скелета

Объект исследования	Возраст	Материал, исследованный методом ТЭМ	Размеры минеральных частиц, нм		
			Длина	Ширина	Толщина
Компактное вещество пластинчатой кости	Зрелый	отдельные минеральные частицы	24,65 ±1,21	14,42 ±0,63	3-4
		платино-углеродные реплики	23,35 ±0,83	14,69 ±0,70	—
	Старческий	отдельные минеральные частицы	30,69 ±0,95	16,84 ±0,51	3-4
		платино-углеродные реплики	28,76 ±1,11	17,20 ±0,83	—
Губчатое вещество пластинчатой кости	Зрелый	отдельные минеральные частицы	30,12 ±1,22	15,06 ±0,58	3-4
		платино-углеродные реплики	26,63 ±1,22	16,98 ±0,70	—
	Старческий	отдельные минеральные частицы	35,12 ±1,39	18,66 ±0,86	3-4
		платино-углеродные реплики	35,52 ±1,74	20,23 ±0,70	—
Гиалиновый хрящ	Зрелый	отдельные минеральные частицы	34,57 ±0,83	18,93 ±0,57	3-4
		платино-углеродные реплики	33,00 ±1,03	18,41 ±0,73	—
	Старческий	отдельные минеральные частицы	30,24 ±0,76	16,01 ±0,57	3-4
		платино-углеродные реплики	28,84 ±1,00	17,28 ±0,80	—
Фиброзный хрящ	Зрелый	отдельные минеральные частицы	31,52 ±1,21	16,96 ±0,76	3-4
		платино-углеродные реплики	28,91 ±1,08	15,88 ±0,83	—
	Старческий	отдельные минеральные частицы	20,96 ±0,88	12,26 ±0,57	3-4
		платино-углеродные реплики	20,59 ±0,63	12,14 ±0,45	—

Распределение внутривезикулярных минеральных частиц определяет округлая форма везикул матрикса. При этом образуются минеральные глобулы, в которых ориентированные в разных направлениях кристаллы и их объединения плотно прилегают друг другу. Внутрифибриллярно минеральные образования организованы в виде преимущественно параллельных спирально закрученных пластов, контактирующих между собой при помощи отдельных объединений кристаллов.

В межфибриллярных промежутках кристаллы и их объединения формируют околофибриллярные минеральные манжетки, окружающие коллагеновые фибриллы. Манжетки соседних фибрилл связаны между собой посредством переходных участков, имеющих вид плотных групп минеральных частиц. В таких группах кристаллы и их объединения плотно прилегают одно к другому, а сами группы ориентированы под разными углами относительно близлежащих коллагеновых фибрилл.

Таблица 2. Диаметр минерализованных глобулярных образований в обызвествляющихся видах соединительной ткани скелета

Объект исследования	Возраст	Матриксные везикулы, нм	Минерализованные конгломераты, нм	Калькосфериты, мкм
Пластинчатая кость	Зрелый	165-284	—	—
	Старческий	145-611	—	—
Гиалиновый хрящ	Зрелый	99-351	153-1250	0,9-3,3
	Старческий	76-1041	242-1091	1,1-3,3
Фиброзный хрящ	Зрелый	83-316	229-649 (только в территориальном матриксе)	0,7-2,0 (только в территориальном матриксе)
	Старческий	114-211	206-767 (только в территориальном матриксе)	0,9-1,9 (только в территориальном матриксе)

Обызвествлённые везикулы матрикса, коллагеновые фибриллы и прилежащие к ним участки основного вещества в кости и интертерриториальном матриксе фиброзного хряща входят в состав минерализованных коллагеновых волокон, располагающихся в виде пучков. В гиалиновом хряще и территориальном матриксе фиброзного хряща они образуют округлые минерализованные конгломераты (табл.2), объединяющиеся в калькосфериты (табл.2). Контакты пучков минерализованных коллагеновых волокон и/или калькосферитов между собой обуславливают появление минерализованных зон в обызвествляющихся видах соединительной ткани. Кроме того, сформированные участки костной поверхности покрывает особый пул минеральных частиц, представленный наслаивающимися друг на друга пластами кристаллов и их объединений.

В старческом возрасте общие закономерности структурной организации минерального компонента в рассматриваемых видах соединительной ткани не изменены. Максимальные размеры кристаллов минерала остаются прежними. Линейные параметры объединений кристаллов в пластинчатой кости увеличены, а в гиалиновом и фиброзном хряще уменьшены в длину и ширину при неизменной толщине (табл.1). Особенностью гиалинового хряща людей старческого возраста, являются крупные обызвествлённые матриксные везикулы, разделённые на ряд сегментов. Кроме того, определяется продвижение минерализованных зон гиалинового и фиброзного хрящей в сторону их неминерализованных областей.

Таким образом, строение минерального компонента обызвествлённых видов соединительной ткани скелета отличается от такового в зрелом возрасте, что может быть связано с целым рядом причин. Так, отдельные указания на увеличение размеров кристаллов в пластинчатой кости при старении [6] можно связать с выявленным в нашей работе увеличением длины и ширины копланарных объединений кристаллов. Это может быть обусловлено снижением количества формирующихся участков костной поверхности, включающих в свой состав новообразованные, меньшие по размерам объединениями кристаллов [8]. В работе [9] отмечено снижение содержания воды и органических веществ в межклеточном веществе кости при старении. При этом освободившееся пространство могут заполнять растущие кристаллы, что приводит к повышению содержания минерального компонента в костном матриксе [2].

Обнаруженное нами у лиц старческого возраста уменьшение размеров минеральных частиц гиалинового хряща в длину и ширину может быть связано с тем, что у данной группы лиц наблюдается продвижение зоны минерализации в сторону неминерализованного хряща. Это, очевидно, способствует появлению более мелких новообразованных частиц минерала.

В матриксе гиалинового хряща людей старческого возраста наблюдается ряд биохимических изменений, которые теоретически могут влиять на размеры минеральных частиц. Это сдвиг соотношения белков матрикса гиалинового хряща в сторону преобладания

низкомолекулярных форм [1], снижение длины богатой хондроитин-сульфатом области агрегирующих протеогликановых мономеров, уменьшение числа мономеров в составе агрегата и доли мономеров, участвующих в агрегации [5], изменение соотношения различных форм протеогликанов с возрастанием их полидисперсности и увеличением относительного содержания гиалуроновой кислоты: от 0,5 до 6% (за 100 % взято содержание гликозаминогликанов в ткани) [1], а также усиление связи протеогликановых агрегатов с коллагеновой сетью [7].

Появление в везикулах матрикса гиалинового хряща ряда сегментов может быть обусловлено существованием групп везикул, в которых они плотно прилегают друг к другу, либо размещения в них более мелких везикул. Так, авторами работы [3] были выявлены мелкие матриксные везикулы, входящие в состав более крупных везикул и высвобождающиеся после разрыва мембран последних. У лиц старческого возраста полного разрыва мембран везикул или разделения их групп, возможно, не происходит из-за ускоренного обызвествления окружающего межклеточного вещества. Это может обуславливать появление крупных минерализованных матриксных везикул с сегментами.

Обнаруженные в ходе нашего исследования уменьшенные размеры объединений кристаллов фибринозного хряща у лиц старческого возраста хорошо согласуются с нашими данными и сведениями авторов [4] о расширении минерализованной зоны волокнистого хряща в процессе старения. Вероятно, уменьшение размеров таких минеральных частиц связано с увеличением среди них доли растущих, не до конца сформированных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабак С.Л., Фещенко С.П., Аниськова Е.П. Костно-суставная система. Морфологические и биохимические аспекты формирования. – 1990. – Минск. – Наука і тэхніка. – 181 с.
2. Колосова Н.Г., Куторгин Г.Д., Сафина А.Ф. Особенности минерализации костной ткани преждевременно стареющих крыс ОХУС. / Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 2002. – Т. 133. – № 2. – С. 203-206.
3. Akisaka T. Ultrastructural characteristics of freeze-substituted epiphyseal cartilage. / J. Electron. Microsc. – 1986. – V. 35. – Suppl. № 4. – P. 3055-3056.
4. Benjamin M., Evans E.J. Fibrocartilage. / J. Anat. – 1990. – V. 171. – P. 1-15.
5. Buckwalter J., Roughley P., Rosenberg L. Age-related changes in cartilage proteoglycans: quantitative electron microscopic studies. / Microsc. Res. Tech. – 1994. – V. 28. – № 5. – P. 398-408.
6. Chatterji S., Jeffery J. Changes in structure of human bone with age. / Nature. – 1968. – V. 219. – № 153. – P. 482-484.
7. Lapiere C., Nusgens B., Pierard G. Interaction between collagen type I and type III in conditioning bundles organization. / Connect. Tissue Res. – 1977. – V. 5. – № 1. – P. 21-29.
8. Riggs B., Melton III L. (Риггз Б., Мелтон III Л.) Остеопороз. – Пер. с англ. – СПб. – ЗАО Издательство БИНОМ, Невский диалект. – 2000. – 560 с.

9. Robinson R. Cristal-collagen-water relationships in bone matrix. / Clin. Orthopaed. – 1960. – V. 17. – № 1. – P. 69-76.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ТКАНИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ КРИОДЕСТРУКЦИИ

Иголкина Л.А., Новочадов В.В., Горячев А.Н.
ГУ Поволжский научный центр РАМН,
Волгоград

Одной из актуальных проблем современной хирургии является лечение острого панкреатита, о чем свидетельствуют статистические данные о смертности среди больных данной патологией. Такая ситуация обусловлена большим риском послеоперационных осложнений, таких, как массивные кровотечения, панкреатические свищи, изъязвление послеоперационных анастомозов, диабет. Все это заставляет искать более эффективные пути хирургического лечения острого панкреатита.

Одним из наиболее перспективных методов в лечении острого панкреатита является криодеструкция некротических зон поджелудочной железы. К преимуществам данного метода следует отнести малую травматичность и низкую частоту послеоперационных осложнений.

Работа выполнена на 20 белых беспородных крысах. Животным моделировали острый панкреатит путем введения в проток поджелудочной железы каловой взвеси в количестве 0,1 мл. Далее у животных производилось ушивание дефекта брюшной полости. Через сутки у 10 животных опытной группы производилась повторная лапаротомия и коагуляция некротических зон поджелудочной железы путем контакта последней с металлическим криодеструктором, охлажденным в жидком азоте до температуры $-195,6^{\circ}\text{C}$ в течение 15 сек. Площадь соприкосновения криодеструктора с тканью железы составляла приблизительно 0,1-0,4 мм. После криодеструкции производили ушивание брюшной полости. Десяти животным контрольной группы производилась ложная операция. Выведение животных из эксперимента осуществлялось на 5-е сутки эксперимента передозировкой нембутала. На секции осуществляли забор ткани поджелудочной железы, приготовление парафиновых блоков. С каждого блока получали серийные срезы толщиной 5-7 мкм, окрашенные гематоксилином и эозином.

При морфологическом исследовании поджелудочной железы у животных контрольной группы отмечено острое гнойное воспаление, характеризующееся обильной воспалительной инфильтрацией, причем среди инфильтрата преобладали преимущественно нейтрофильные клетки. Инфильтрация затрагивала в основном междольковую и прикапсулярную межучточную ткань. В строме самих долек было отмечено появление лишь мелких клеточных инфильтратов. Кроме того, была отмечена реакция стромальных элементов, заключающаяся в увеличении размеров ядер фибробластов. В клетках долек отмечались дистрофические и некробиотические изменения, пре-