

## Лекция №4

**Волокнистые соединительные ткани. Происхождение, морфология и функции клеток рыхлой волокнистой соединительной ткани. Понятия об иммунокомпетентных клетках (Т- и В-лимфоциты, макрофаги, тучные клетки, гранулоциты, НК-клетки). Ткани со специальными свойствами. Источники развития. Скелетные ткани. Общая характеристика, классификация, гистогенез. Хрящевая ткань, виды, трофика. Возрастные изменения. Костная ткань. Кость как орган. Возрастные изменения и физиологическая регенерация. Посттравматическая регенерация.**

Актуальность. Признаки дисплазии соединительной ткани: гипермобильность суставов, воронкообразная грудная клетка, сколиоз, косолапость и другие. Диагноз часто не выставляется. Гипермобильность диагностируется у 13 – 25 %.

Врожденные деформации грудной клетки - у 1 % населения. Сколиотическая болезнь 40—60 % детей школьного возраста.

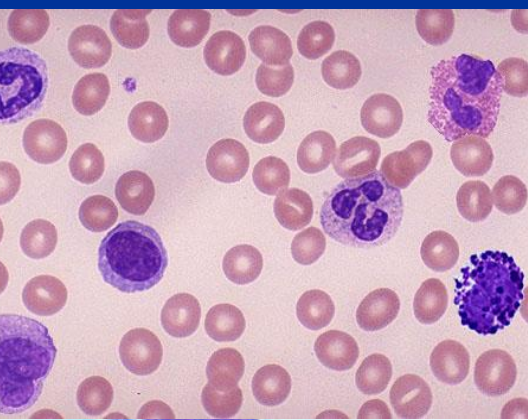
Косолапость — деформация стоп с подвывихом таранной кости — выявляется в 0,5—1 % случаев.

Все эти заболевания, связаны с нарушением развития соединительной ткани и они отлично «маскируют» данный диагноз.

Все болезни	730,5	743,7	780,0	796,9	793,9	799,4
из них:	2000 г	2005 г	2010	2011	2012	2013
некоторые инфекционные и паразитарные болезни	44,3	37,3	32,8	32,4	32,1	30,9
новообразования	8,4	9,5	10,8	11,1	11,6	11,4
болезни крови, кроветворных органов и нарушения, вовлекающие иммунный механизм	3,8	4,5	4,9	4,7	4,7	4,7
болезни эндокринной системы, и нарушения обмена веществ	8,5	9,6	10,2	10,3	10,6	10,6
болезни нервной системы	15,3	15,3	16,4	16,5	16,3	16,5
болезни глаза и его придаточного аппарата	31,9	33,6	33,0	33,3	35,2	35,0
болезни уха и сосцевидного отростка	21,9	24,1	27,1	27,8	28,2	28,0
болезни системы кровообращения	17,1	23,0	26,1	26,6	26,6	29,9
болезни органов дыхания	317,2	294,4	324,0	338,8	330,9	338,4
болезни органов пищеварения	32,3	35,4	33,4	33,3	34,8	35,2
болезни кожи и п/к клетчатки	44,0	49,7	48,2	47,5	48,0	47,0
болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	30,6	33,3	33,5	33,6	33,2	32,3

## ОБЩИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

- В норме не имеют контакта с внешней средой
- Отсутствие полярности (клеток)
- Развитое межклеточное вещество
- Разнообразиие клеточного состава
- Имеются подвижные клетки
- Общий источник развития в онтогенезе – мезенхима





# Мезенхима

Источники образования мезенхимы

## Различные участки мезодермы

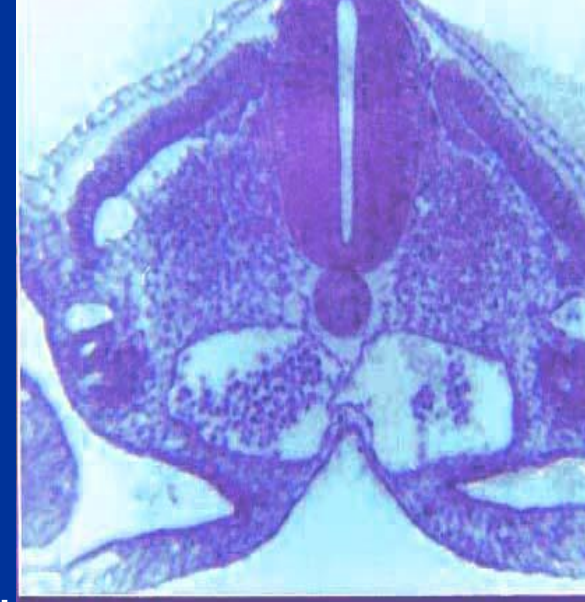
Дерматом

Склеротом

Висцеральный листок спланхнотома

Нейромезенхима (эктомезенхима)

Нервный гребень (Ганглиозная пластинка)



## Гетерогенность мезенхимы

Обусловлена различием источников своего происхождения и неодинакова по своим дифференцировочным потенциям

## Направления дифференцировки :

Эндотелий

Все виды тканей внутренней среды

Гладкая мышечная ткань внутренностного (висцерального) типа

Глиальные макрофаги (клетки микроглии) нервной ткани

# Классификация соединительных тканей

```
graph TD; A[Классификация соединительных тканей] --> B[КРОВЬ И ЛИМФА]; A --> C[ВОЛОКНИСТЫЕ (СОБСТВЕННО СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ)]; A --> D[СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ]; A --> E[СКЕЛЕТНЫЕ];
```

**КРОВЬ И  
ЛИМФА**

**СКЕЛЕТНЫЕ**

**СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ  
СВОЙСТВАМИ**

**ВОЛОКНИСТЫЕ  
(СОБСТВЕННО СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ)**

# Классификация волокнистых соединительных тканей

**ВОЛОКНИСТЫЕ  
(СОБСТВЕННО  
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ  
ТКАНИ)**

**Рыхлая  
волокнистая  
неоформленная**

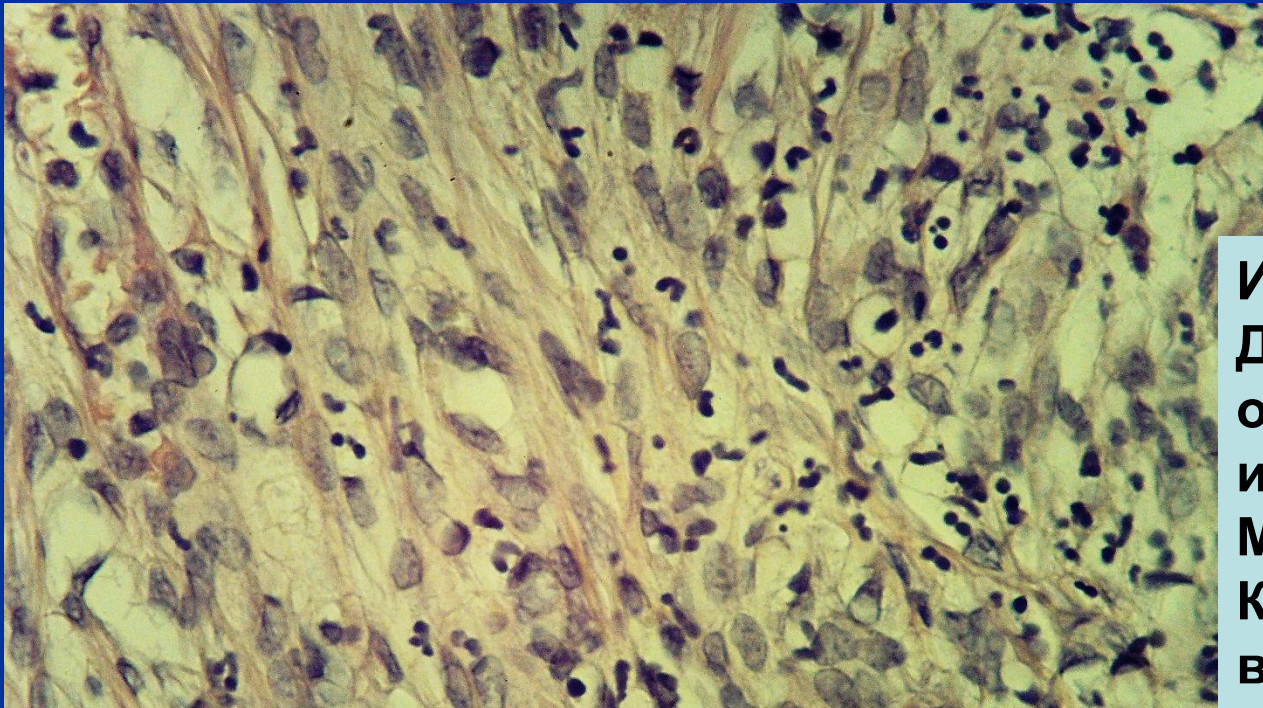
**Плотная  
волокнистая  
неоформленная**

**Плотная  
волокнистая  
оформленная**

## **Рыхлая волокнистая неоформленная**

**Особенности: много клеток, мало межклеточного вещества (волокон и аморфного вещества), волокна не упорядочены**

**Локализация: стенки многих органов, адвентиция сосудов, собственная пластинка слизистых оболочек, подслизистая основа, между мышечными слоями.**



**Из диссертации  
Д. Горяинова - врач-онколог, ФГБНУ "РОНЦ им. Н.Н. Блохина",  
Москва, выполнена в КГМУ, защищена в КГМУ в 2014 году.**



**Фибробласты (юные, зрелые, фиброциты, миофибробласты, фиброкласты) NB!!!! МЕХАНОЦИТЫ**

**Макрофаги. Образуются из моноцитов крови. Функции – эндоцитоз, представление антигена, выработка БАВ.**

**Тучные клетки. В гранулах – гепарин, серотонин, гистамин, химаза, трипаза. Функции – высвобождение содержимого гранул, вторичное поглощение и синтез БАВ.**

**Адвентициальные клетки, перициты, эндотелиальные клетки, пигментные клетки, жировые клетки, лейкоциты (из сосудов).**

**Плазматические клетки (образуются из В-лимфоцитов). Функция – выработка антител.**

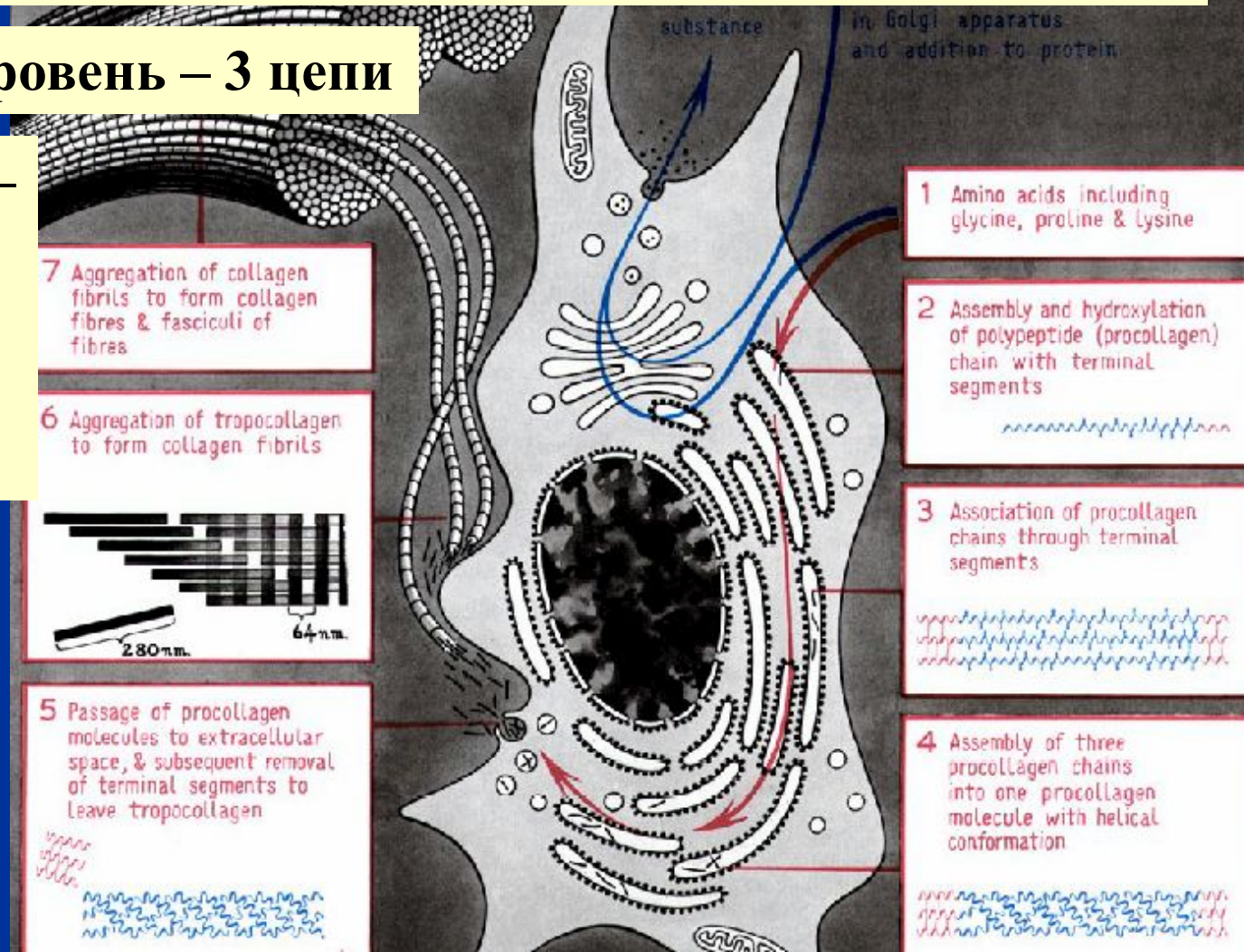
# Межклеточное вещество. Коллагеновые волокна (4 уровня организации).

Полипептидная цепь (пролин, лизин, глицин +любая другая) – субмолекулярный уровень.

Молекулярный уровень – 3 цепи

Микрофибрилла – несколько молекул, сшитые ковалентными связями

Фибрилла

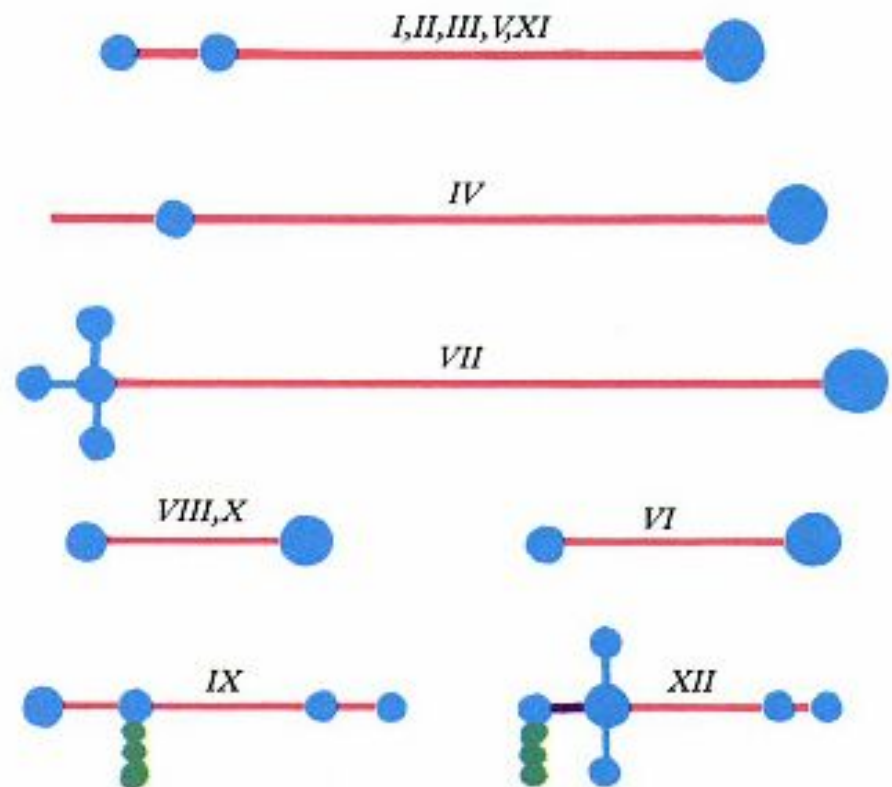


**В зависимости от аминокислотного состава, количества поперечных связей, присоединенных углеводов и степени гидроксирования – до 28 типов коллагена.**

**Спирализованные молекулы**

**Глобулярные части молекулы**

**Кислые гликозамингликаны**



**Эластические волокна – снаружи микрофибриллы, а внутри – белок эластин.**

**Ретикулярные волокна – разновидность коллагеновых волокон. Хорошо окрашиваются солями серебра – отсюда термин «аргирофильные» волокна.**

**Основное (аморфное) вещество:**

**Гликозамингликаны (ГАГ) (несульфатированные и сульфатированные) – гиалуроновая кислота.**

**Протеогликаны (ГАГ + белок) – хондроитин-4-сульфат, хондроитин-6-сульфат, дерматан-сульфат, гепаран-сульфат, гепарин.**

**Гликопротеины – фибронектин, ламинин др.**

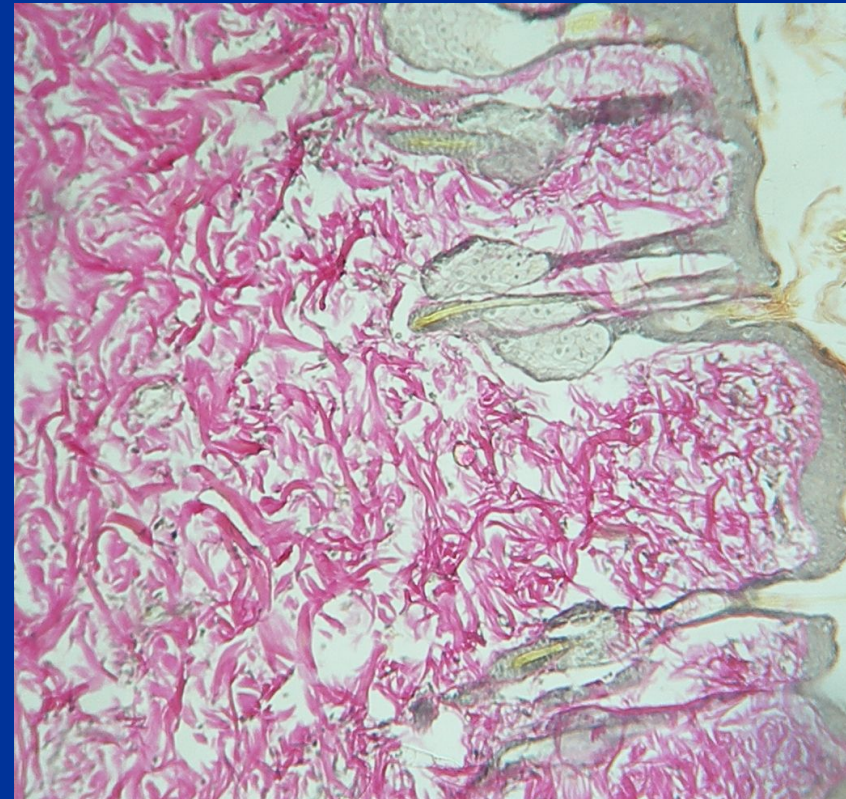
**Консистенция аморфного вещества – желеобразная.**



## Плотная волокнистая неоформленная

Особенности: мало клеток, много волокон и волокна не упорядочены

Локализация: сетчатый слой кожи, надкостница, надхрящница.

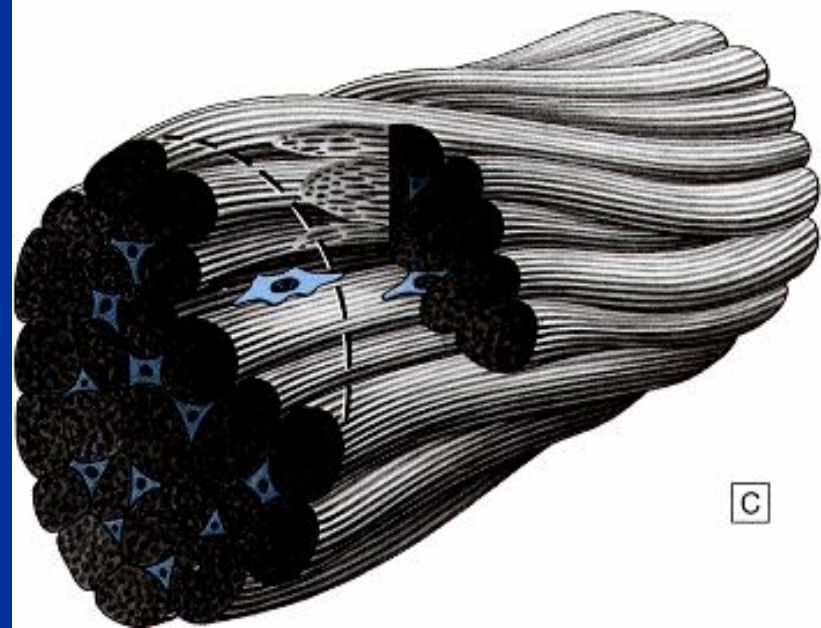
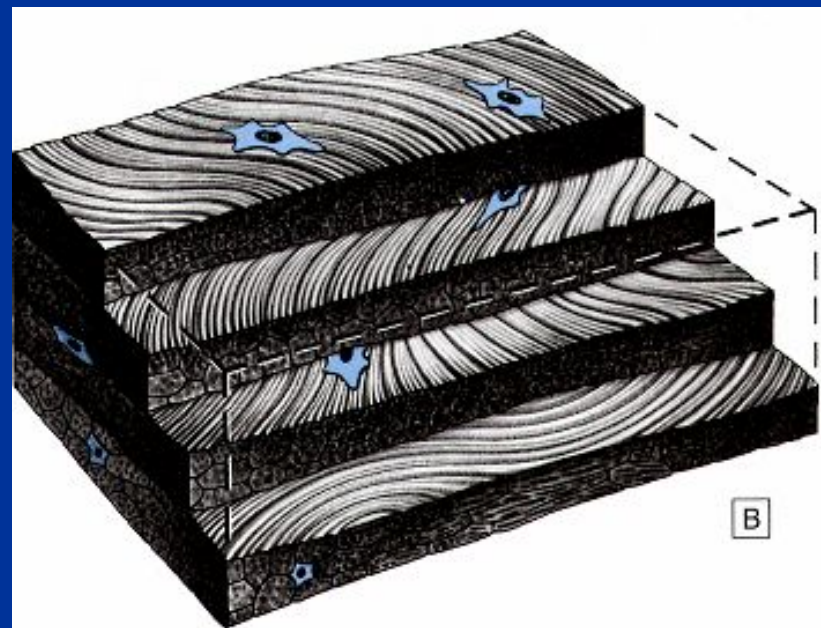
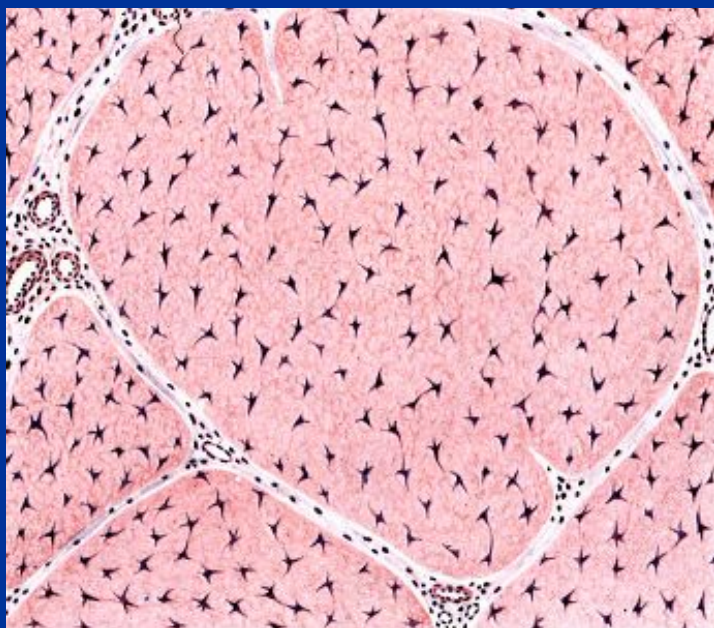




## Плотная волокнистая оформленная

**Особенности: мало клеток,  
много волокон и волокна  
собраны в пучки  
(упорядочены)**

**Локализация: сухожилия,  
связки, капсулы, фасции,  
фиброзные мембраны.**



# Классификация соединительных тканей

СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ  
СВОЙСТВАМИ

Жировая ткань

Пигментная ткань

Студенистая соединительная ткань

Ретикулярная ткань

# **Жировая ткань**

## **локализация**

**Белая жировая ткань**

**Присутствует везде**

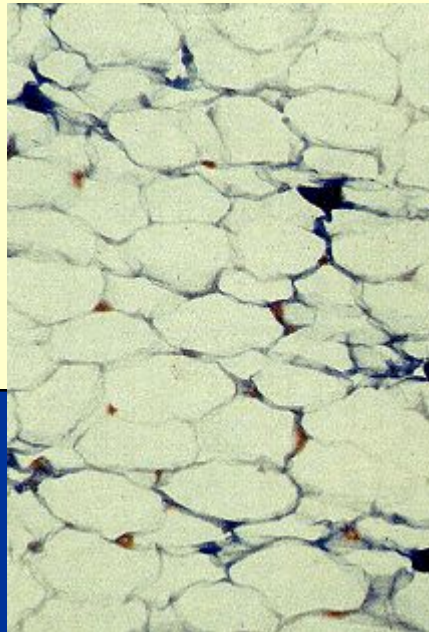
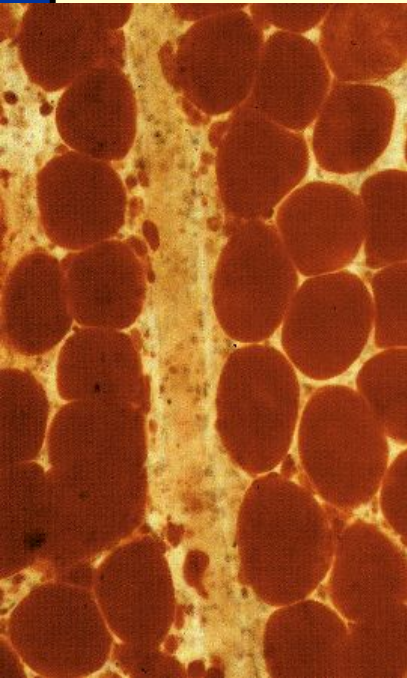
**Бурая жировая ткань**

**Между лопатками, около почек и щитовидной железы. Много у плода. После рождения ее количество сильно уменьшается**



## КЛЕТКИ

**В цитоплазме – одна большая капля жира. Ядро и органеллы оттеснены к периферии. Между группами адипоцитов – прослойки рыхлой неоформленной волокнистой с.тк.**

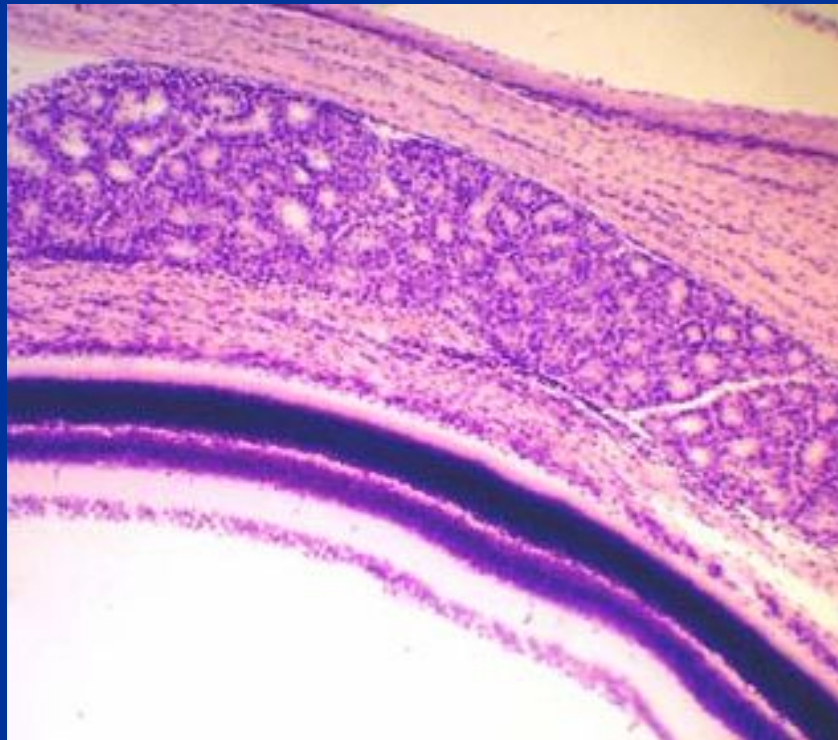


**В цитоплазме – много маленьких капель жира. Ядро и органеллы расположены в центре клетки. Много митохондрий. Но энергия не запасается в виде АТФ а рассеивается в виде тепла. Поэтому функция – терморегуляция. Бурый цвет обусловлен наличием цитохромов (железосодержащий пигмент).**

## Пигментная ткань

Обычная рыхлая или плотная соединительная ткань, содержащая большое количество пигментных клеток.

Локализация: сосудистая оболочка глаза, кожа в области сосков молочной железы, родимые пятна, невусы.



## **Ретикулярная ткань**

**Образует мягкую строму органов кроветворения и иммунитета.**

**Клетки: ретикулярные клетки (разновидность фибробластов), образующие сеть с помощью отростков. Могут присутствовать макрофаги, тучные клетки, плазматические клетки и адипоциты.**

**Межклеточное вещество – ретикулярные волокна – разновидность коллагеновых волокон, хорошо окрашиваются солями серебра. Основное вещество – тканевая жидкость.**

## Студенистая соединительная ткань

**Особенности: мало клеток и волокон, много аморфного вещества.**

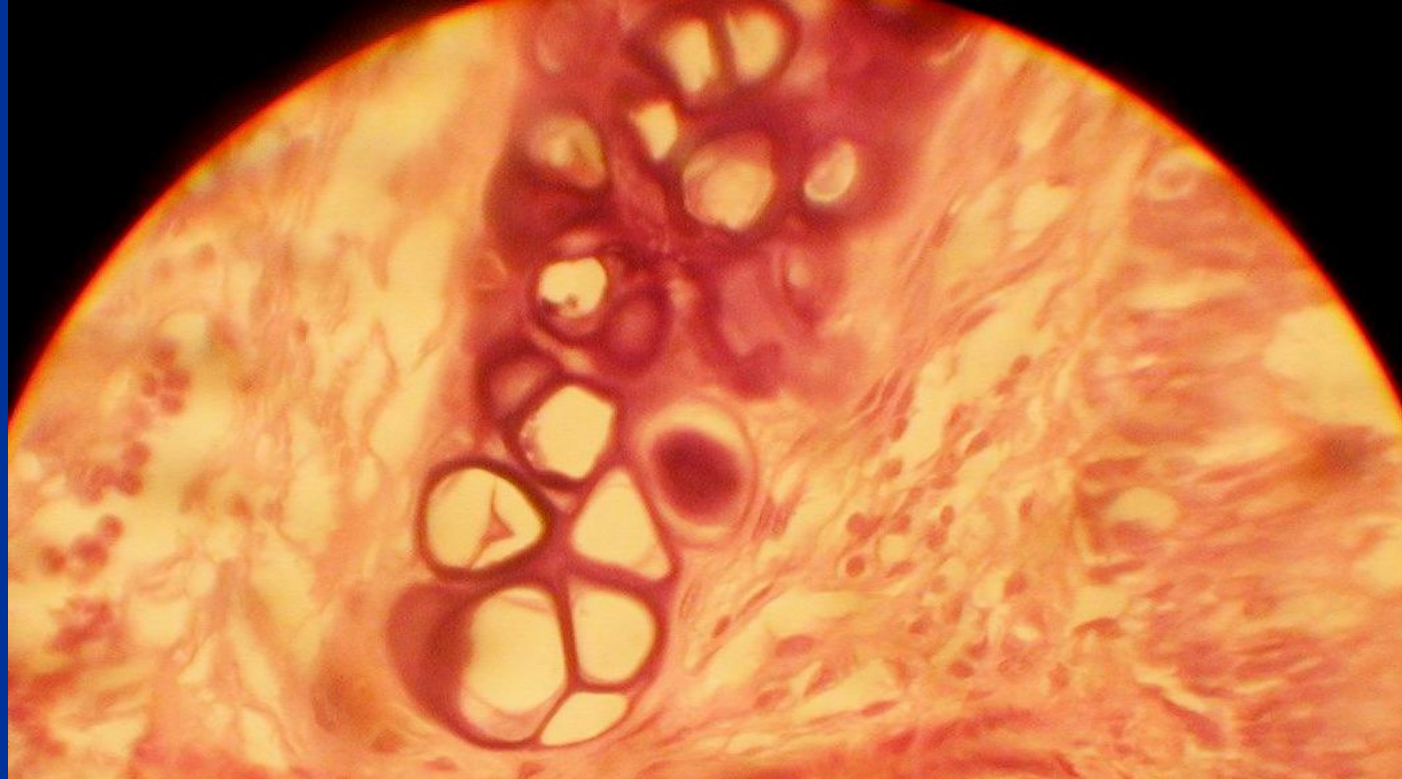
**Локализация: пупочный канатик (Вартонов студень)**

**Клетки: малодифференцированные фибробласты в небольшом количестве.**

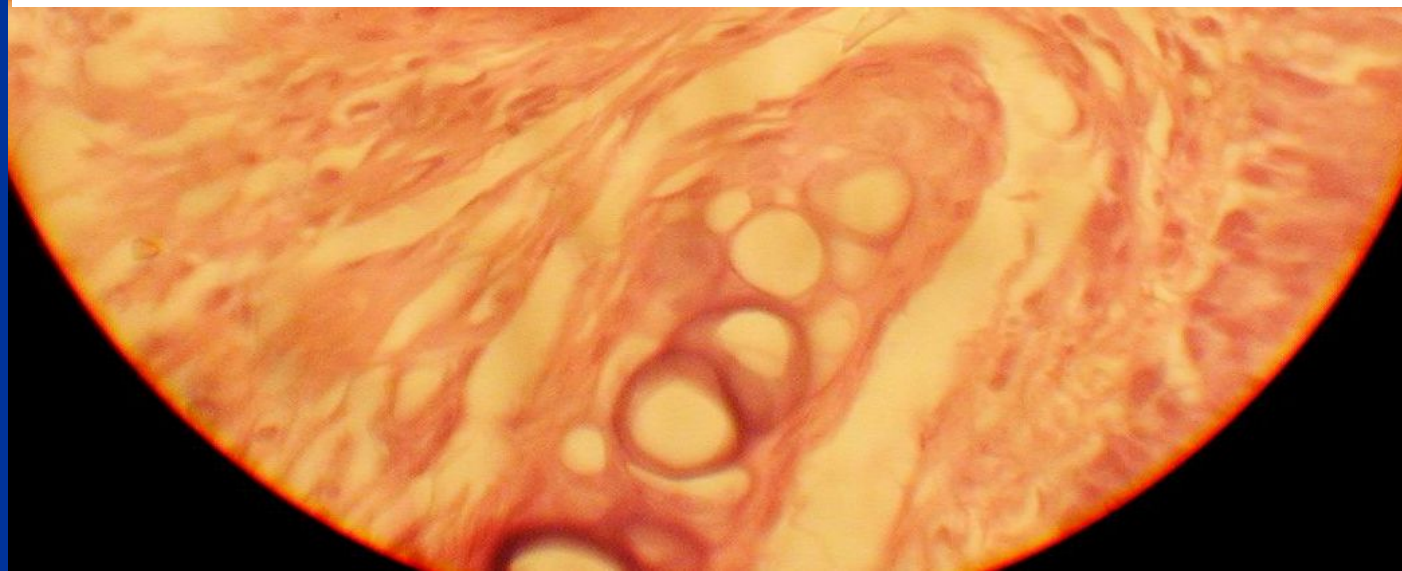
**Межклеточное вещество – мало тонких коллагеновых волокон. В основном веществе главным образом гиалуроновая кислота.**







**ГИСТОФИЗИОЛОГИЯ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ**

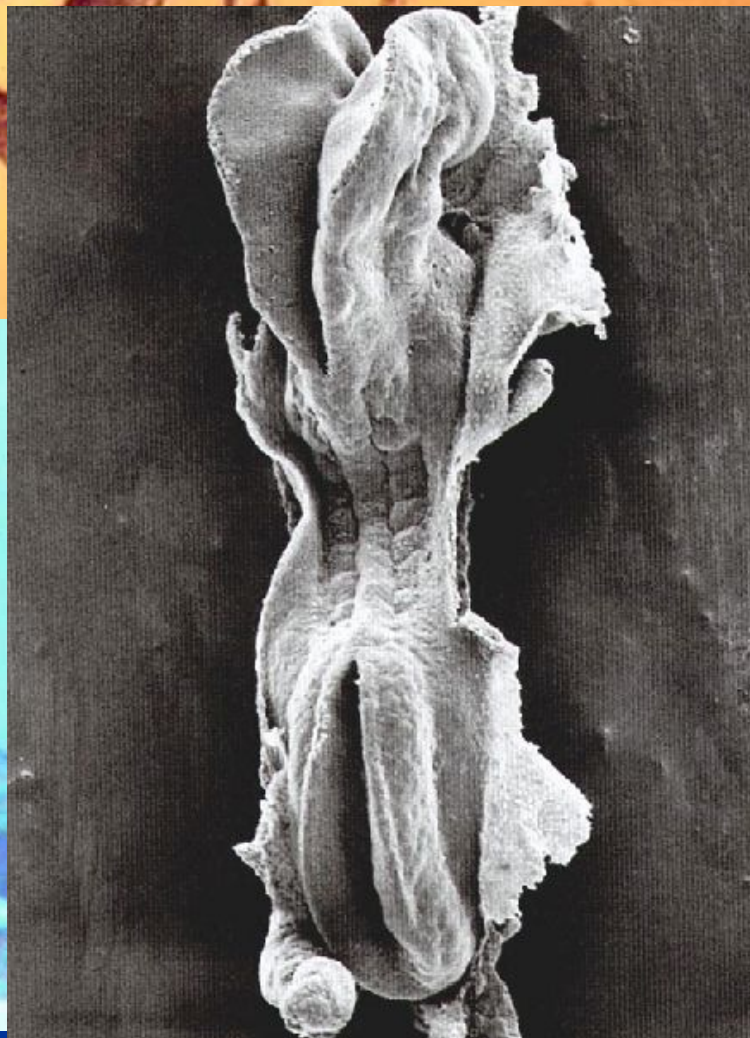


**В группу скелетных соединительных тканей  
входят Хрящевая и Костная ткани**

**Эти ткани выполняют:**

- механические и обменные функции:**
- участвуют в создании опорно-двигательного аппарата,**
- защищают внутренние органы от повреждений,**
- участвуют в обмене минеральных веществ (кальция и фосфатов).**
- хрящевые ткани играют формообразующую роль в процессе эмбриогенеза и последующего развития: на месте многих костей вначале образуется хрящ.**
- Способность выполнять перечисленные функции определяется особой природой межклеточного вещества данных тканей.**
- Как и все прочие ткани внутренней среды организма, скелетные ткани развиваются из мезенхимы, клетки которой выселяются из сомитов и спланхнотомов**

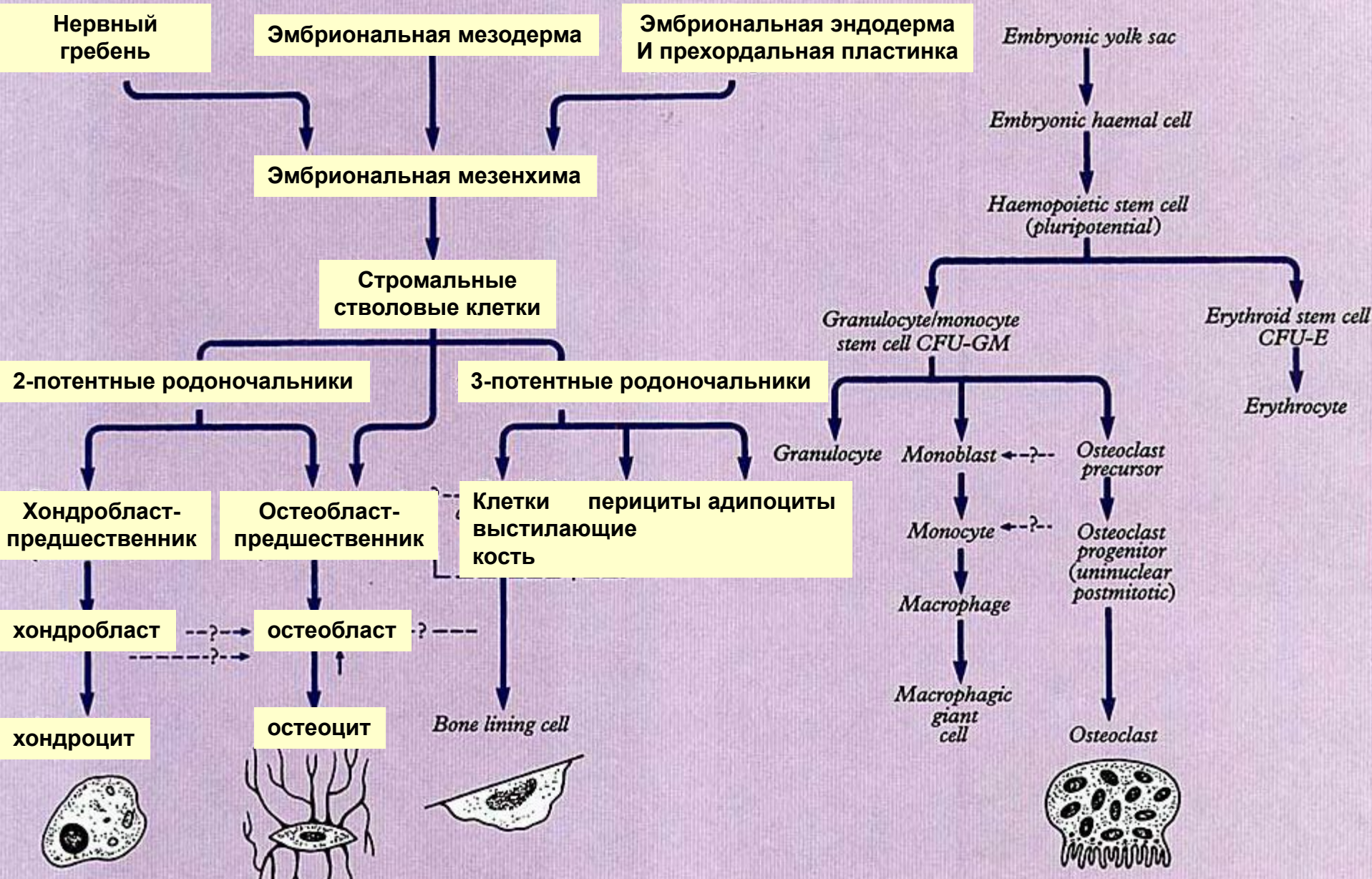






# HYPOTHETICAL BONE CELL LINEAGE

# HYPOTHETICAL OSTEOCLAST LINEAGE



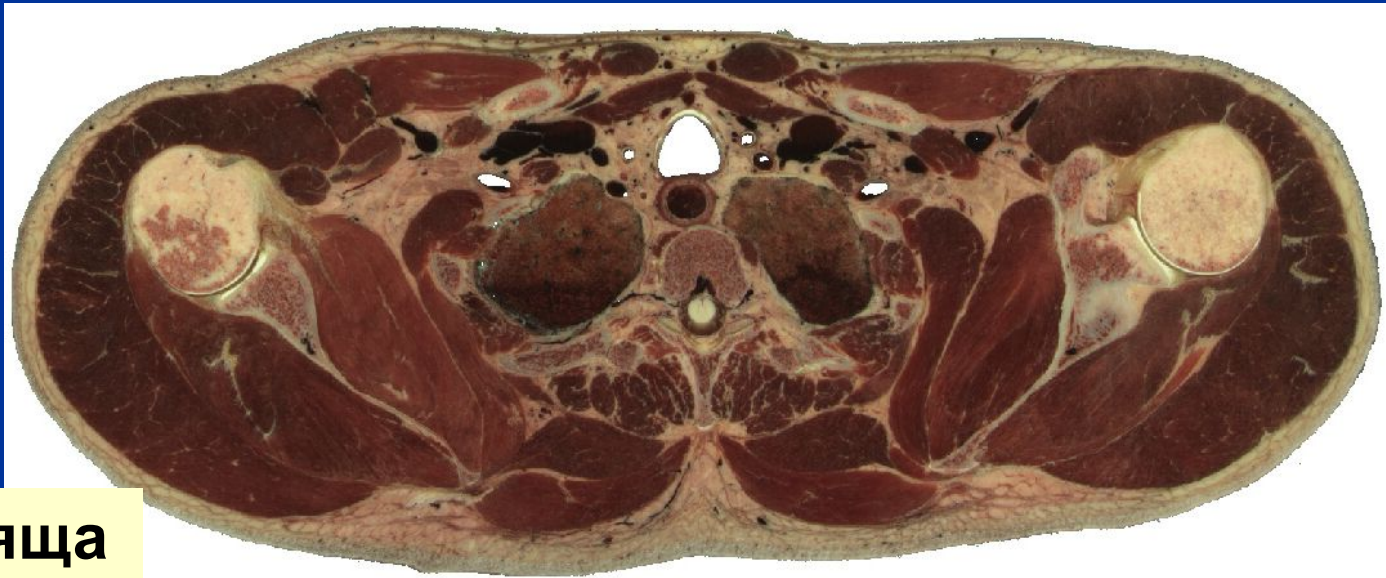


**Физические свойства.** Межклеточное вещество данных тканей придаёт им два важнейших свойства: **упругость** и **прочность**.

**Локализация.** Благодаря этим свойствам, хрящевые ткани используются как "строительный материал" в следующих местах: в области суставов (покрывая суставную поверхность относительно узким слоем), в метафизах (т.е. между эпифизом и диафизом) трубчатых костей, в межпозвонковых дисках, в передних отделах рёбер, в стенке дыхательных органов (гортани, трахеи, бронхов).

**Надхрящница** Во многих случаях хрящ покрыт надхрящницей - волокнистой соединительной тканью, которая участвует в росте и питании хряща. В ряде случаев надхрящницы нет – например, у суставных хрящей, поскольку поверхность последних должна быть гладкой. Здесь питание осуществляется со стороны синовиальной жидкости и со стороны подлежащей кости.

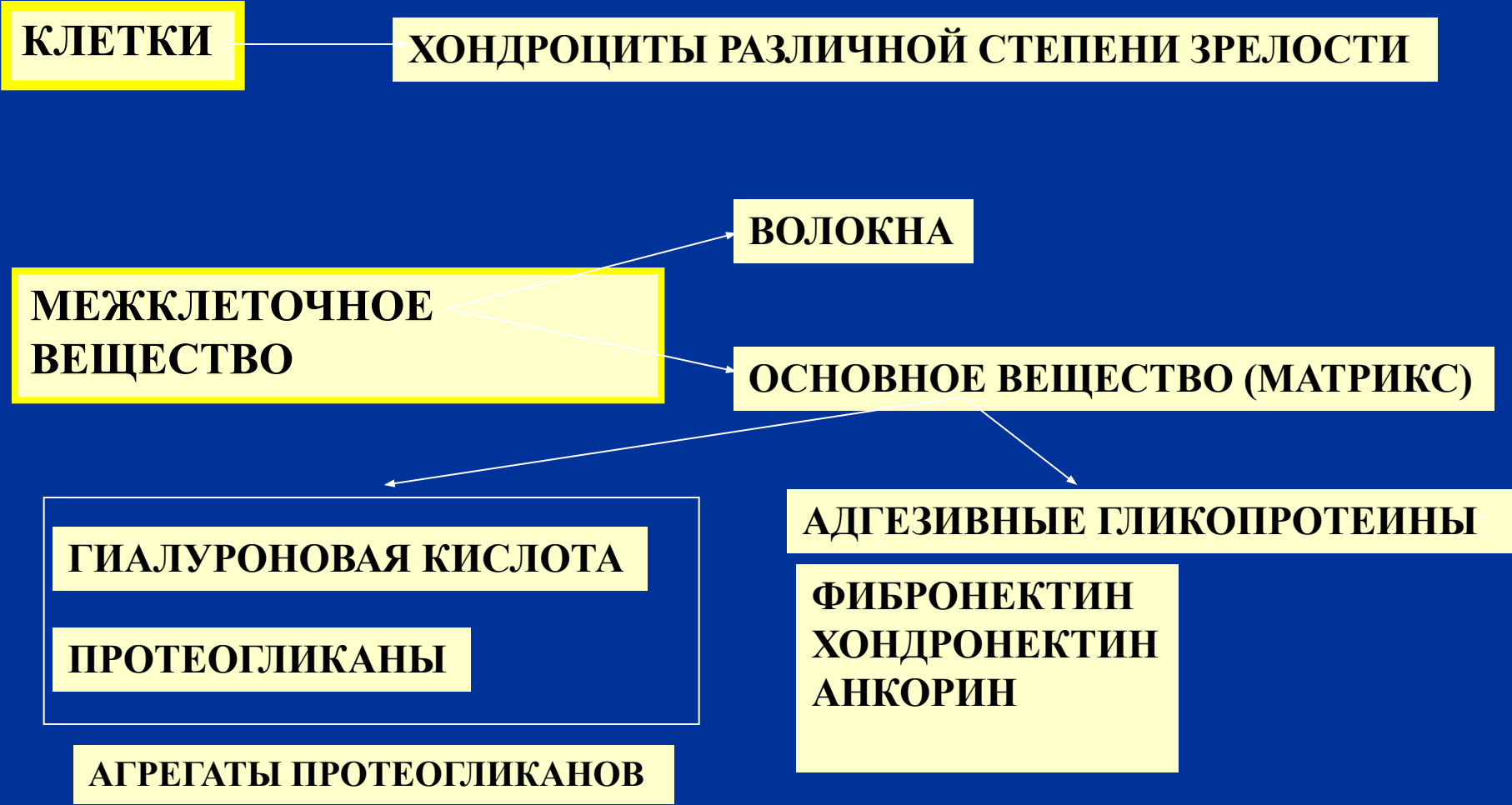
Ещё одна важная особенность хрящевых тканей - **отсутствие кровеносных сосудов**. Поэтому питательные вещества поступают в хрящ **путём диффузии** из перечисленных выше образований (сосудов надхрящницы, синовиальной жидкости, подлежащей кости).



### Пересадка хряща

При пересадке хряща **практически не развивается реакция отторжения** - из-за отсутствия в нём сосудов и непроницаемости межклеточного вещества для крупномолекулярных белков. И то, и другое препятствует контакту с пересаженным хрящом иммунокомпетентных клеток и антител.

# ТИПИЧНЫЕ СТРУКТУРЫ И КОМПОНЕНТЫ ХРЯЩЕЙ



# КЛАССИФИКАЦИЯ ХРЯЩЕВЫХ ТКАНЕЙ

ВИД ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ	ЛОКАЛИЗАЦИЯ	ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
<b>ГИАЛИНОВАЯ</b>	Суставы, передние части ребер, крупные хрящи гортани, хрящи трахеи и крупных бронхов	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ коллагеновые волокна из коллагена II, VI, IX, X, XI типов;</li> <li>□ обилие гидрофильного межклеточного вещества;</li> <li>□ прочность к сжатию</li> </ul>
<b>ЭЛАСТИЧЕСКАЯ</b>	Надгортанник, мелкие хрящи гортани, хрящи мелких бронхов, хрящ ушной раковины	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ преобладание в межклеточном веществе эластических волокон (на эластин до 90%);</li> <li>□ Коллаген II типа в виде фибрилл, не объединенных в волокна;</li> <li>□ меньший относительный объем межклеточного вещества;</li> <li>□ прочность к изгибам</li> </ul>
<b>ВОЛОКНИСТАЯ (ФИБРОЗНАЯ)</b>	Симфизы, фиброзные кольца межпозвоночных дисков	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ коллагеновые волокна из коллагена преимущественно I типа, одинаково ориентированы;</li> <li>□ преобладание волокон;</li> <li>□ одиночное расположение клеток;</li> <li>□ прочность к растяжению</li> </ul>

## Межклеточное вещество

**В межклеточном веществе - много волокнистых структур: коллагеновых фибрилл или (в волокнистом хряще) волокон, а в эластическом хряще - ещё и эластических волокон.**

**Основное аморфное вещество содержит: воду (70-80 %), минеральные вещества (4-7 %), органический компонент (10-15 %), представленный протеогликановыми агрегатами и гликопротеинами.**

**Агрегаты обладают высокой гидрофильностью; поэтому связывают большое количество воды и обеспечивают тем самым высокую упругость хряща.**

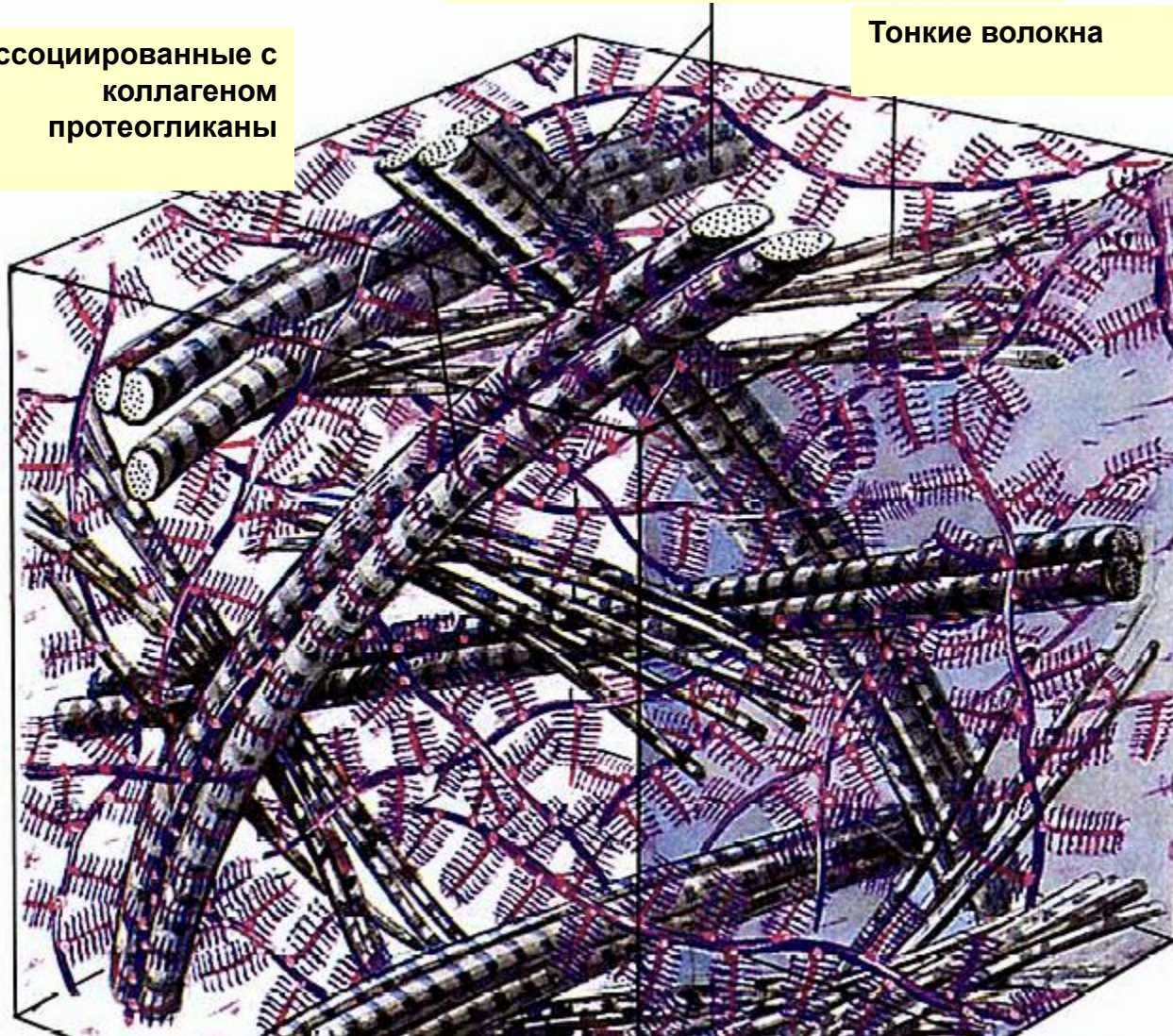
**При этом они сохраняют проницаемость для низкомолекулярных метаболитов.**



Толстые пучки коллагеновых волокон

Тонкие волокна

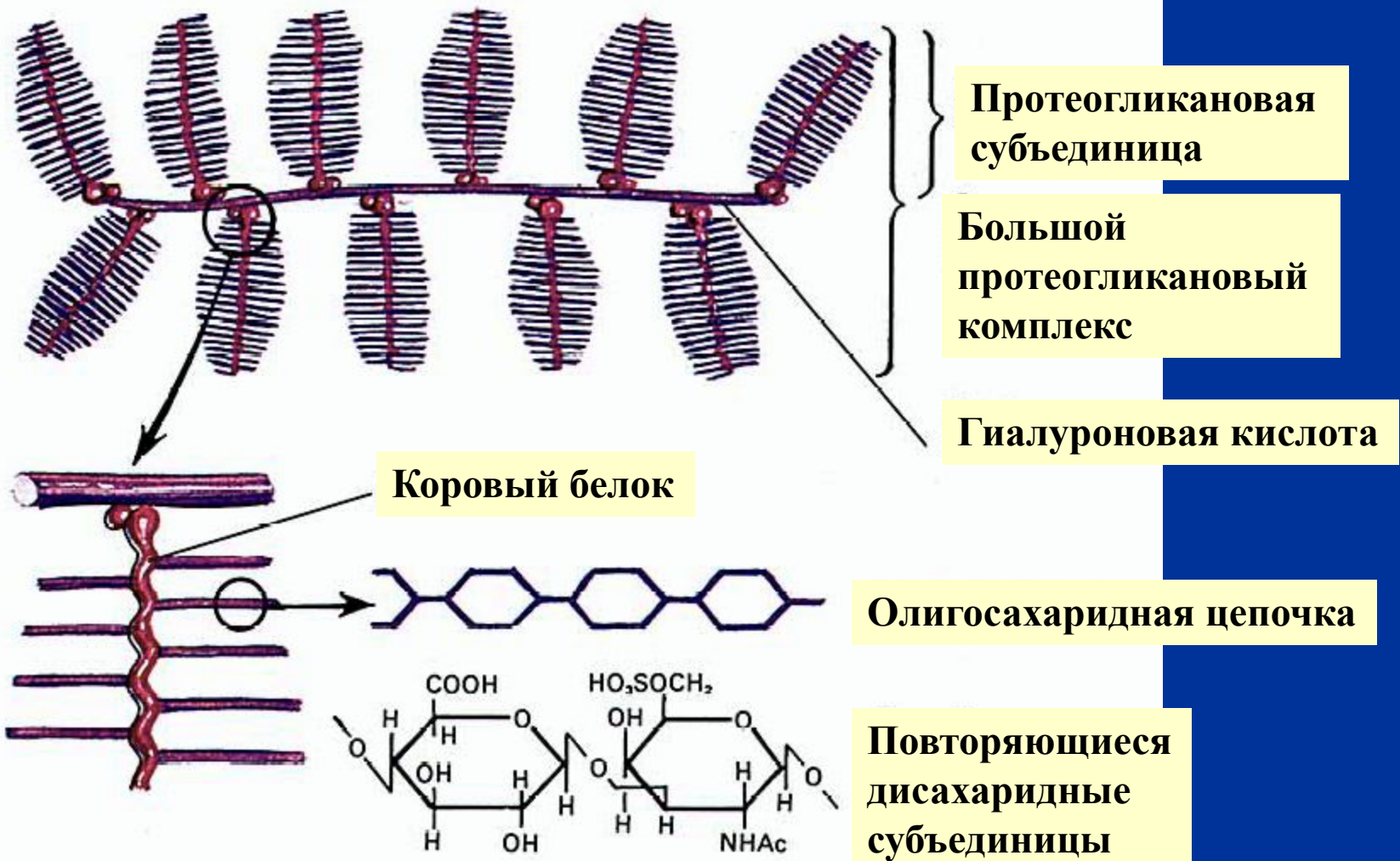
Ассоциированные с коллагеном протеогликаны



J.A.H.

Большие свободные протеогликаны

**Схема организации гиалинового хряща.  
Пучки коллагеновых волокон (2-тип).  
Ассоциированные и свободные  
протеогликановые комплексы**



**Протеогликановый агрегат содержит 4 компонента. В основе агрегата - длинная нить гиалуроновой кислоты. С помощью глобулярных связующих белков с этой нитью связаны линейные (фибриллярные) пептидные цепи т.н. корового (сердцевинного) белка. В свою очередь, от последних отходят олигосахаридные ветви.**



**Гликозаминогликаны подразделяются на семь основных типов. Шесть из них структурно сходны — в их полисахаридных цепях чередуются дисахаридные звенья, состоящие из остатков сульфатированных аminosахаров (N-ацетилглюкозамина и N-ацетилгалактозамина) и гексуроновых кислот (D-глюкуроновой или L-идуроновой). Это:**

**гиалуроновые кислоты**

**хондроитин-4-сульфат**

**хондроитин-6-сульфат**

**дерматансульфат**

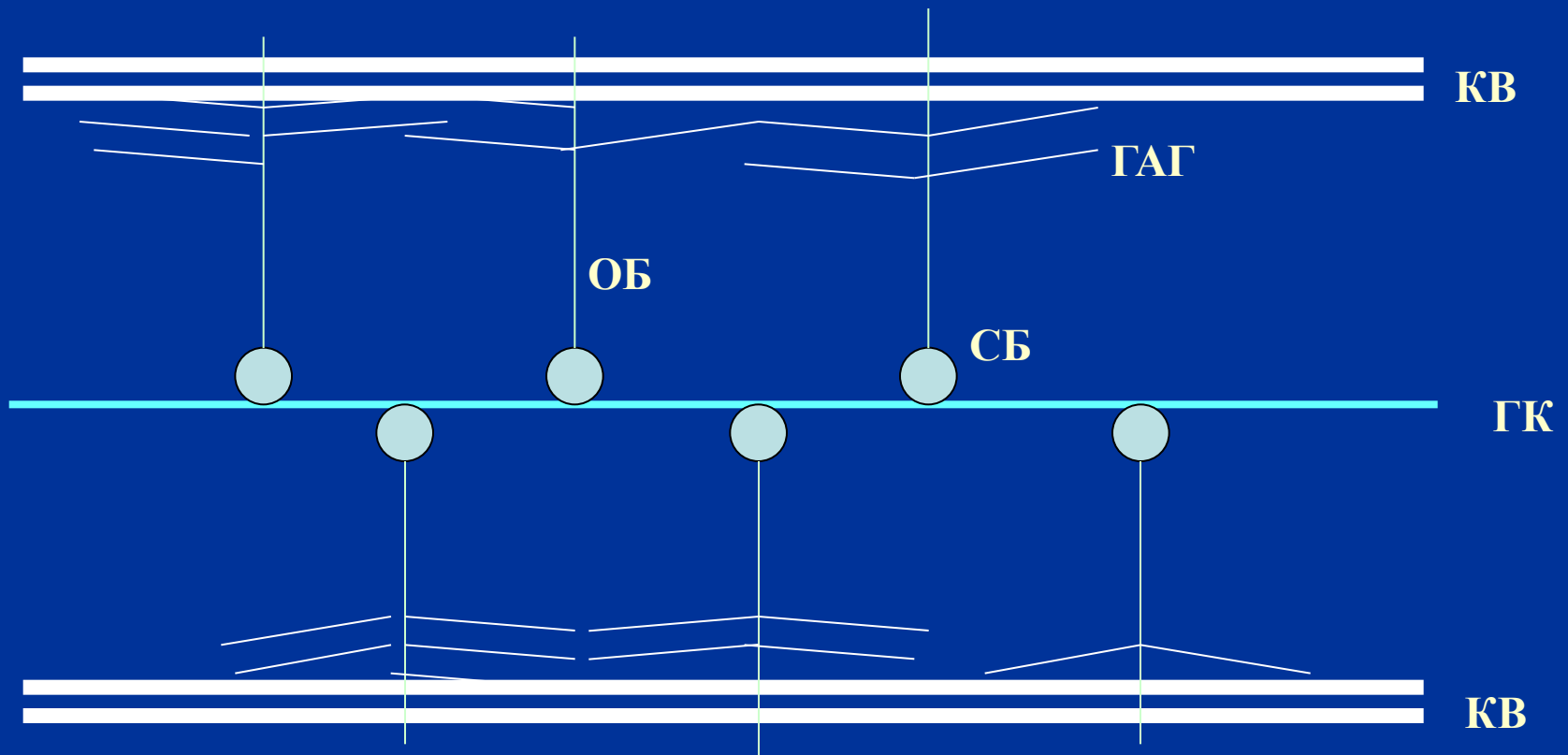
**гепарин**

**гепарансульфат**

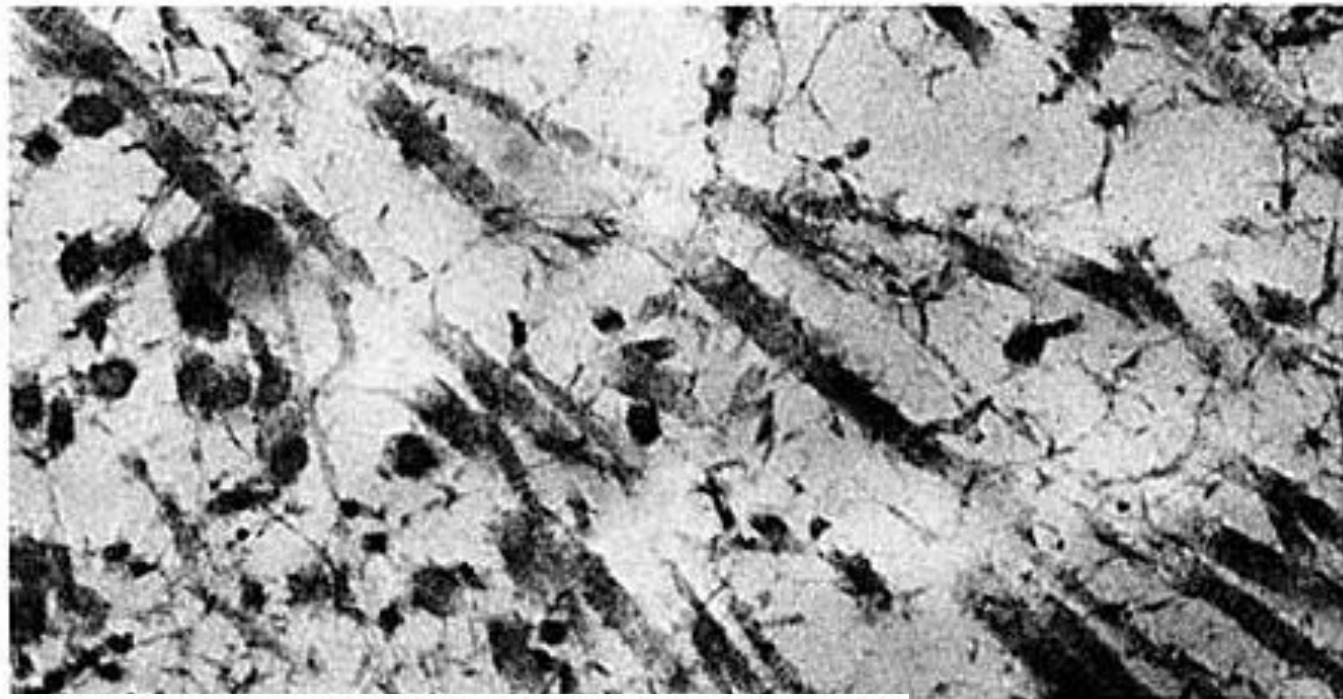
**В гликозаминогликанах седьмого**

**типа — кератансульфате, или кератосульфате, в дисахаридных звеньях — вместо уроновых кислот находится D-галактоза.**

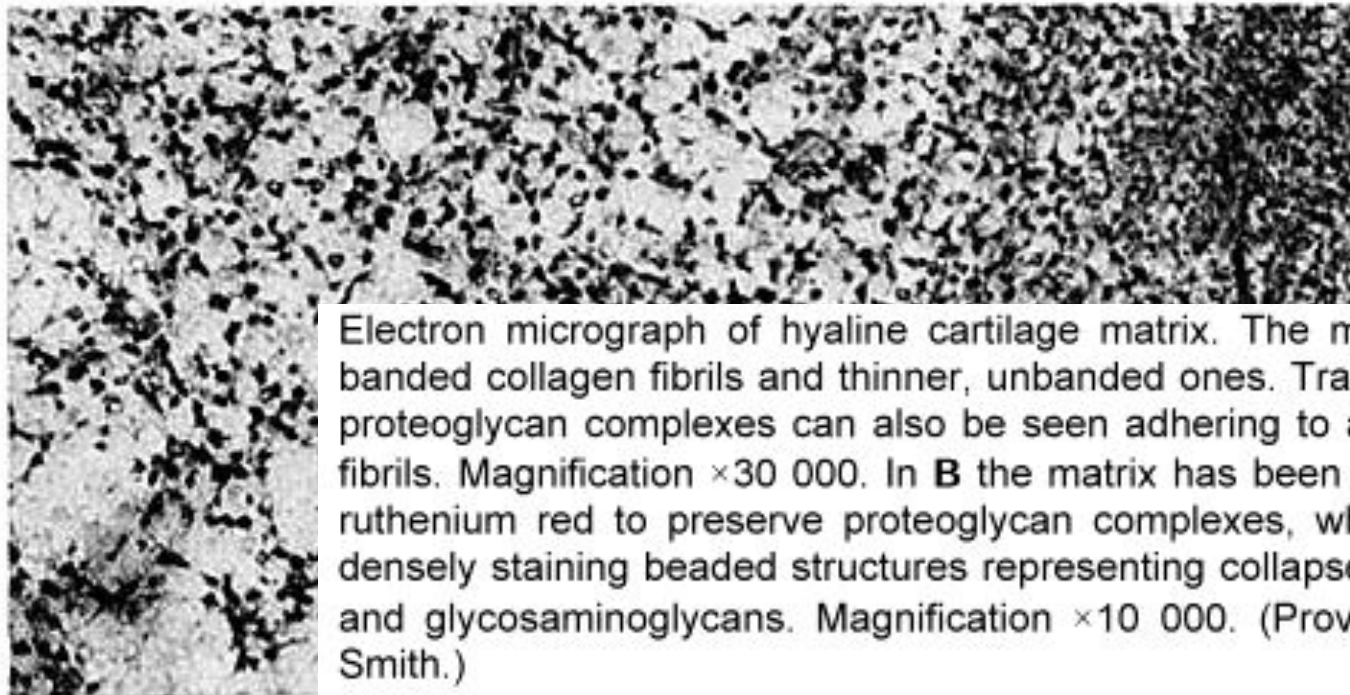
# СТРУКТУРА АГРЕГАТОВ ПРОТЕОГЛИКАНОВ И СВЯЗЬ С КОЛЛАГЕНОВЫМИ ВОЛОКНАМИ







A



B

Electron micrograph of hyaline cartilage matrix. The matrix in **A** shows thick, banded collagen fibrils and thinner, unbanded ones. Traces of finely filamentous proteoglycan complexes can also be seen adhering to and connecting collagen fibrils. Magnification  $\times 30\,000$ . In **B** the matrix has been fixed in the presence of ruthenium red to preserve proteoglycan complexes, which are here visible as densely staining beaded structures representing collapsed assemblies of protein and glycosaminoglycans. Magnification  $\times 10\,000$ . (Provided by Moya Meredith Smith.)

**Небольшие уплощённые клетки, способные к пролиферации (в отличие от зрелых фибробластов) и синтезу компонентов межклеточного вещества хряща.**

## **Клетки Хондробласты**

**Предшественниками хондробластов являются стволовые клетки соединительной ткани и прехондробласты.**

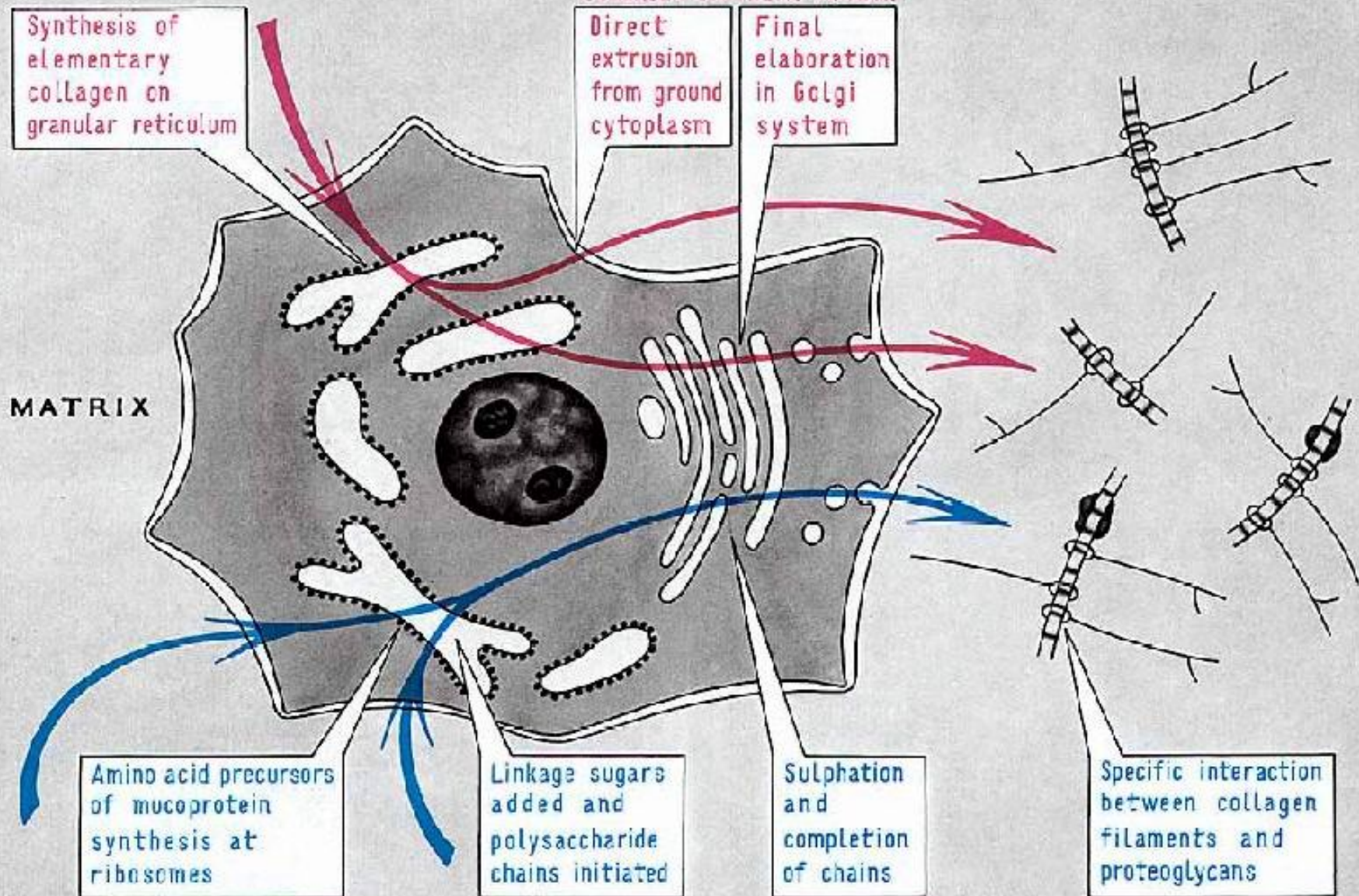
**В свою очередь, сами хондробласты, выделяя компоненты межклеточного вещества, "замуровывают" себя в нём и превращаются в хондроциты. Он реализуется, главным образом, в эмбриогенезе и при регенерации.**





# COLLAGEN SYNTHESIS

ALTERNATIVE VIEWS OF  
COLLAGEN SYNTHETIC PATHWAY



# PROTEOGLYCAN SYNTHESIS

**В настоящее время описано 28 типов коллагена, которые кодируются более чем 40 генами. Они отличаются друг от друга по аминокислотной последовательности, а также по степени модификации — интенсивности гидроксирования или гликозилирования. Общим для всех коллагенов является существование 1 или более доменов, содержащих тройную спираль и присутствие их во внеклеточном матриксе.**

**Более 90 % всего коллагена высших организмов приходится на коллагены I, II, III и IV типов.**



Разновидности коллагена	Типы
Фибриллярные коллагены	I, II, III, V, XI, XXIV, XXVII
Фибрилл-ассоциированные коллагены (FACIT)	IX, XII, XIV, XVI, XIX, XX, XXI, XXII
Коллагены, формирующие филаменты-бусины (beaded filament forming)	VI
Сетеобразующие коллагены	IV, VIII, X
Коллаген, формирующий якорные фибриллы	VII
Трансмембранные коллагены	XIII, XVII, XXIII, XXV/CLAC-P
Другие коллагены	XXVIII, XV, XVIII

	<b>Органы</b>	<b>Ассоциированные болезни</b>
<b>I</b>	Повсеместно в мягких и твёрдых тканях, в коже, костях, роговице глаза, в склере, в стенке артерий и др.	Синдром Элерса-Данлоса, остеогенез, ревматизм, синдром Марфана, дисплазии
<b>II</b>	Гиалиновые и фиброзные хрящи, стекловидное тело, роговица	Коллагенопатия II и XI типа, синдром Стиклера, ахондрогенез
<b>III</b>	Дерма кожи плода, стенки крупных кровеносных сосудов, ретикулярные волокна органов кроветворения	Синдром Элерса-Данлоса, фибромышечная дисплазия, аневризма аорты
<b>IV</b>	Базальные мембраны, капсула хрусталика	Синдром Альпорта, синдроме Гудпасчера
<b>V</b>	Мягкие ткани, плацента, сосуды, хорион	Синдром Элерса-Данлоса
<b>VI</b>	Микрофибриллы в мягких тканях и хрящах	Миопатия Ульриха, миопатия Бэтлема,

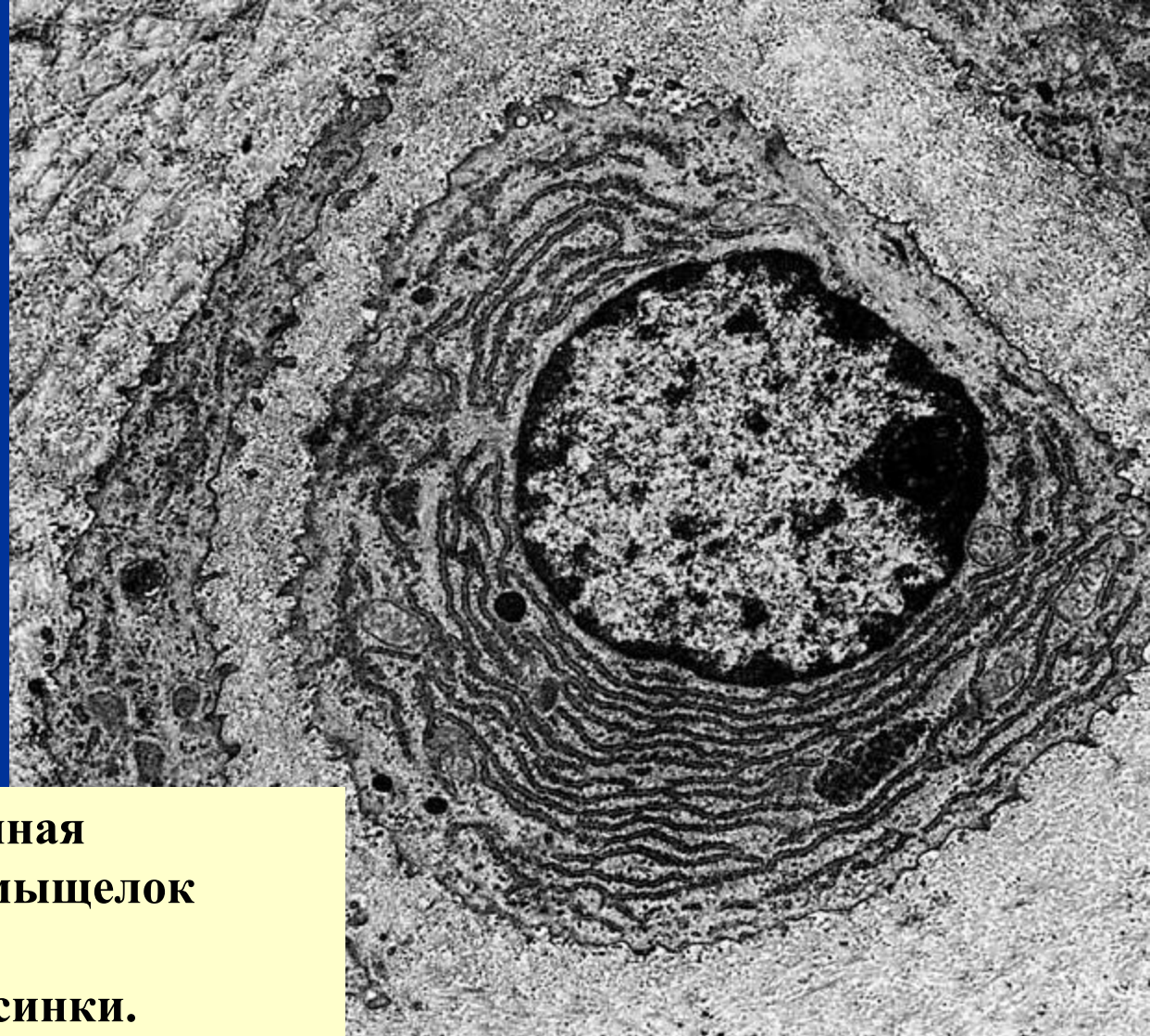
	<b>Органы</b>	<b>Ассоциированные болезни</b>
<b>I</b>	Повсеместно в мягких и твёрдых тканях, в коже, костях, роговице глаза, в склере, в стенке артерий и др.	Синдром Элерса-Данлоса, остеогенез, ревматизм, синдром Марфана, дисплазии
<b>II</b>	Гиалиновые и фиброзные хрящи, стекловидное тело, роговица	Коллагенопатия II и XI типа, синдром Стиклера, ахондрогенез
<b>III</b>	Дерма кожи плода, стенки крупных кровеносных сосудов, ретикулярные волокна органов кроветворения	Синдром Элерса-Данлоса, фибромышечная дисплазия, аневризма аорты
<b>IV</b>	Базальные мембраны, капсула хрусталика	Синдром Альпорта, синдроме Гудпасчера
<b>V</b>	Мягкие ткани, плацента, сосуды, хорион	Синдром Элерса-Данлоса

	<b>Органы</b>	<b>Ассоциированные болезни</b>
<b>VI</b>	Микрофибриллы в мягких тканях и хрящах	Миопатия Ульриха, миопатия Бэтлема, atopический дерматит
<b>VII</b>	Якорные фибриллы в связке кожи и эпидермиса	Буллезный эпидермолиз
<b>VIII</b>	Роговица, эндотелий	Дистрофия роговицы
<b>IX</b>	Хрящи, стекловидное тело	Синдром Стиклера, остеоартрит, эпифизарная дисплазия
<b>X</b>	Гипертрофическая зона области роста	Метафизарная дисплазия Шмида
<b>XI</b>	Хрящи, стекловидное тело	Коллагенопатия II и XI типов, остеопороз
<b>XII</b>	Мягкие ткани	Повреждения сухожилий
<b>XIII</b>	Поверхность клеток, эпителиальные клетки	
<b>XIV</b>	Мягкие ткани	
<b>XV</b>	Эндотелиальные клетки	Карцинома



	<b>Органы</b>	<b>Ассоциированные болезни</b>
<b>XVI</b>	Повсеместно	
<b>XVII</b>	Поверхность эпидермальных клеток	Буллезный эпидермиолиз, пузырчатка
<b>XVIII</b>	Эндотелиальные клетки	
<b>XIX</b>	Повсеместно	Меланома, карцинома
<b>XX</b>	Выделен из куриного эмбриона	
<b>XXI</b>	Кровеносные сосуды	
<b>XXII</b>	Только в местах мышечно-сухожильных соединений	
<b>XXIII</b>	Опухолевые клетки	
<b>XXIV</b>	Формирующиеся кости	Остеохондроз
<b>XXV</b>	Атеросклеротические бляшки	Болезнь Альцгеймера
<b>XXVI</b>	Половые органы	
<b>XXVII</b>	Мягкие ткани	
<b>XXVIII</b>	Нервная система	

**Клетки  
Хондроциты**



**Трансмиссионная электронная  
микроскопия. Бедренный мышечлок  
кролика. Ув. X 14.500**

**Множественные микроворсинки.**

**Эухроматин**

**Цистерны ГрЭПС**

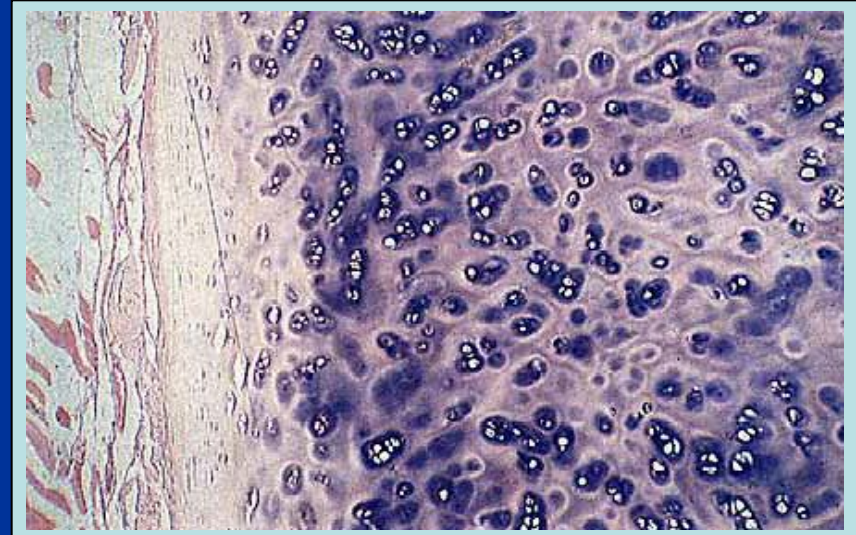
**Митохондрии, лизосомы и гранулы  
гликогена.**

## Клетки Хондроциты

**Хондроциты - главный тип клеток хряща. Они имеют больший по сравнению с хондробластами размер и овальную форму.**

**Хондроциты лежат в особых полостях межклеточного вещества (лакунах) и часто образуют изогенные группы (из 2-6 клеток), происходящие из одной клетки.**

**В отличие от фиброцитов, некоторые хондроциты сохраняют способность к делению, а другие активно синтезируют компоненты межклеточного вещества. За счёт деятельности хондроцитов происходит увеличение массы хряща изнутри - интерстициальный рост.**

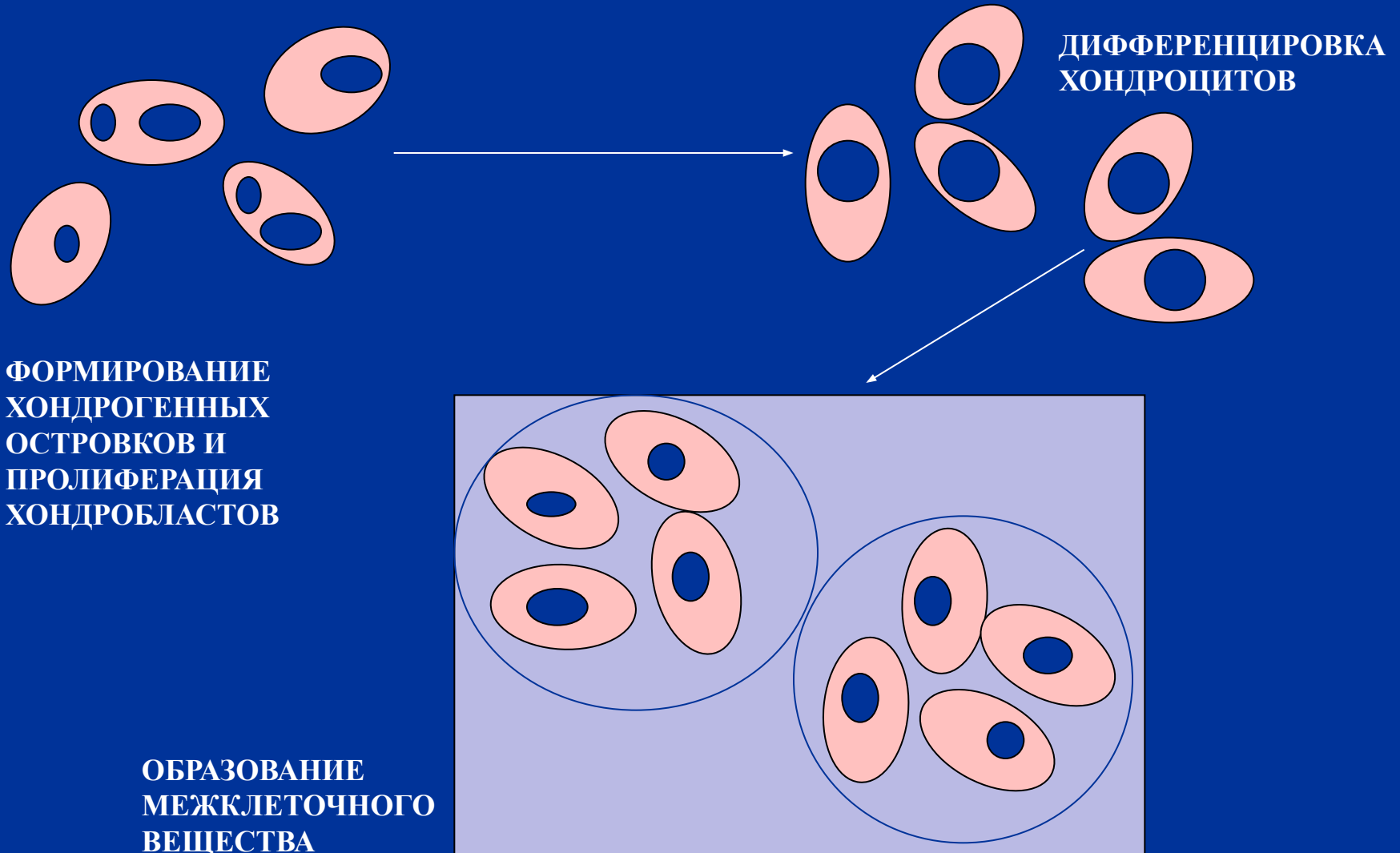


# 3 типа хондроцитов:

1 тип	2 тип	3 тип
<p><b>Высокий ядерно-цитоплазматический коэффициент</b></p> <p><b>Много митохондрий и свободных рибосом, вакуолей в комплексе Гольджи</b></p>	<p><b>Снижен ядерно-цитоплазматический коэффициент, снижение синтеза ДНК и повышен синтез РНК</b></p> <p><b>Развиты ГрЭПС и комплекс Гольджи</b></p>	<p><b>Самый низкий ядерно-цитоплазматический коэффициент, снижение синтеза ДНК и повышен синтез РНК</b></p> <p><b>Сильно развита и упорядочена ГрЭПС</b></p>
<p><b>Нередки митозы</b></p> <p><b>Много в молодом хряще</b></p>	<p><b>Синтез ГАГ и протеогликанов</b></p>	<p><b>Типичен синтез белка но снижен синтез ГАГ</b></p>
<p><b>Функция:- источник пополнения популяции зрелых хондроцитов.</b></p>	<p><b>Функция: синтез аморфного межклеточного вещества</b></p>	<p><b>Функция: синтез волокнистого компонента межклеточного вещества</b></p>



# РАЗВИТИЕ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ



# РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ

**Влияние на пролиферацию, дифференцировку и синтетическую активность**

**Факторы: внешние, ауто-, пара- и эндокринные**

**СТИМУЛЯТОРЫ: гормоны роста (через соматомедины), тироксин, андрогены.**

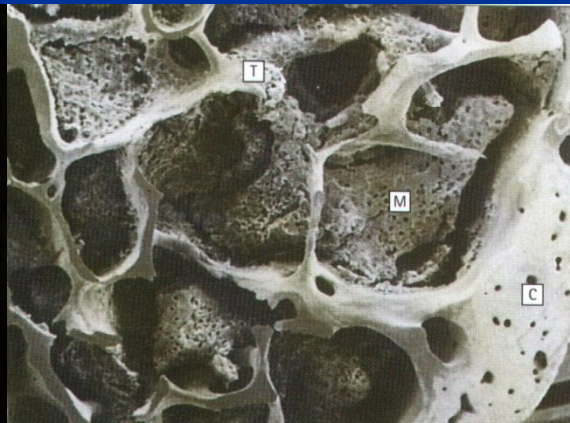
**Факторы – ЭФР, ФРФ.**

**СУПРЕССОРЫ: кортикостероиды и эстрогены**

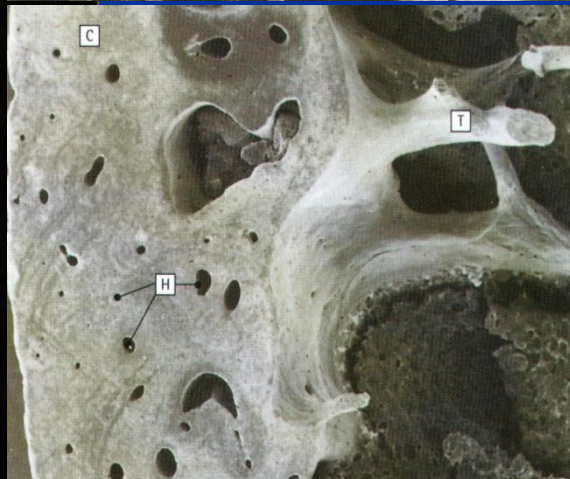
**NB! Половой диморфизм – разное содержание хрящевой ткани, ее устойчивость к повреждению – разная частота заболеваний.**

**СТРОЕНИЕ, РАЗВИТИЕ  
И РЕГЕНЕРАЦИЯ  
КОСТНОЙ ТКАНИ**

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУР КОСТИ



**ТРАБЕКУЛЯРНАЯ  
(ГУБЧАТАЯ)  
КОСТЬ (ВЕЩЕСТВО)**



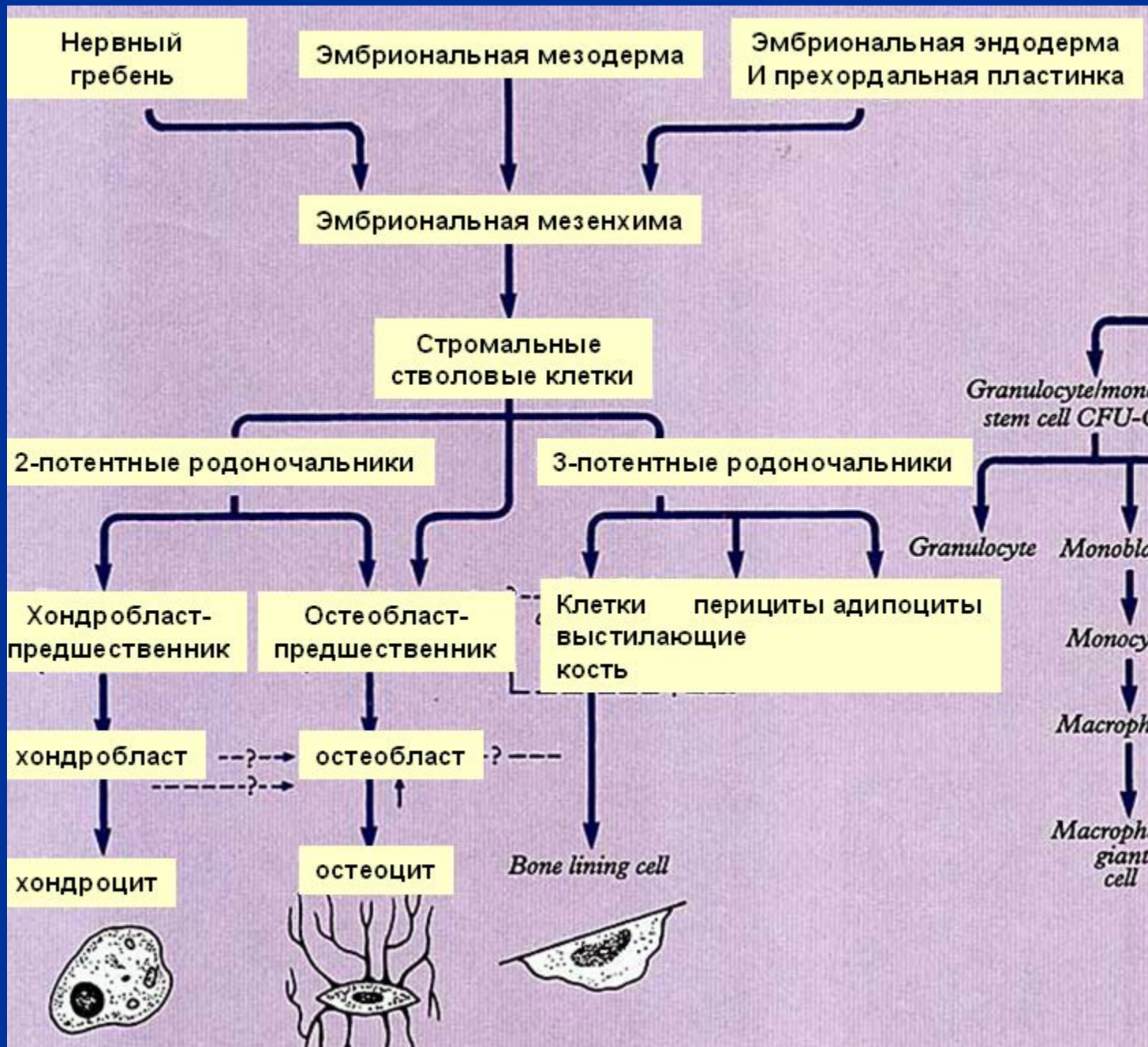
**КОМПАКТНАЯ КОСТЬ**

**ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ**

**□ ГРУБОВОЛОКНИСТАЯ (РЕТИКУЛОФИБРОЗНАЯ)**

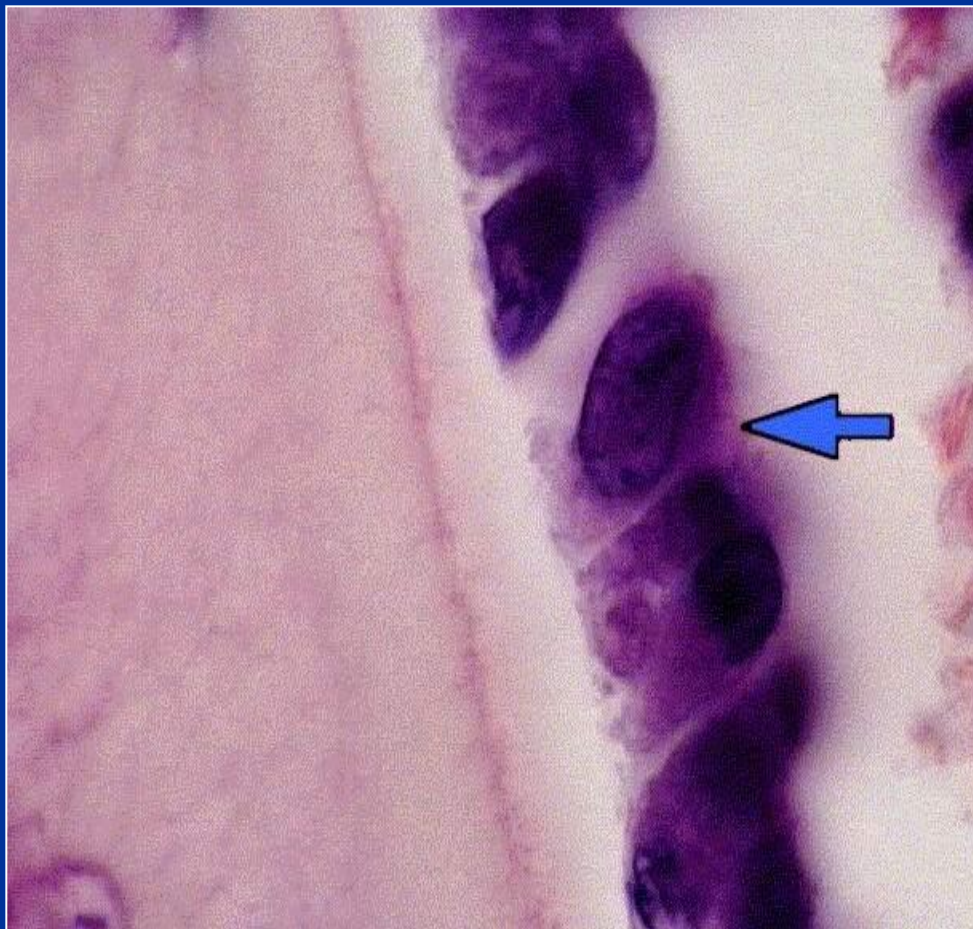
**□ ПЛАСТИНЧАТАЯ**



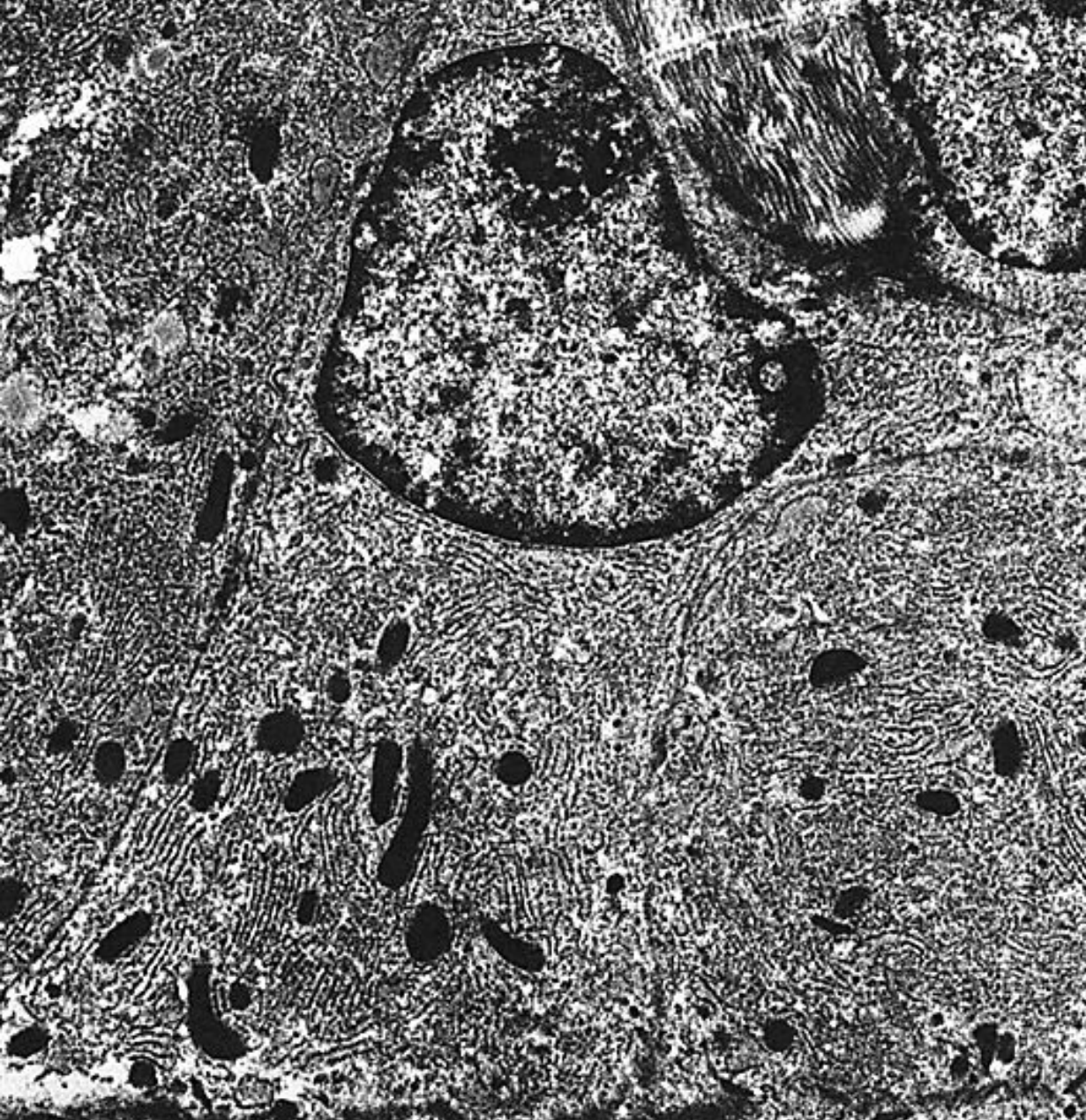




# ОСТЕОБЛАСТЫ



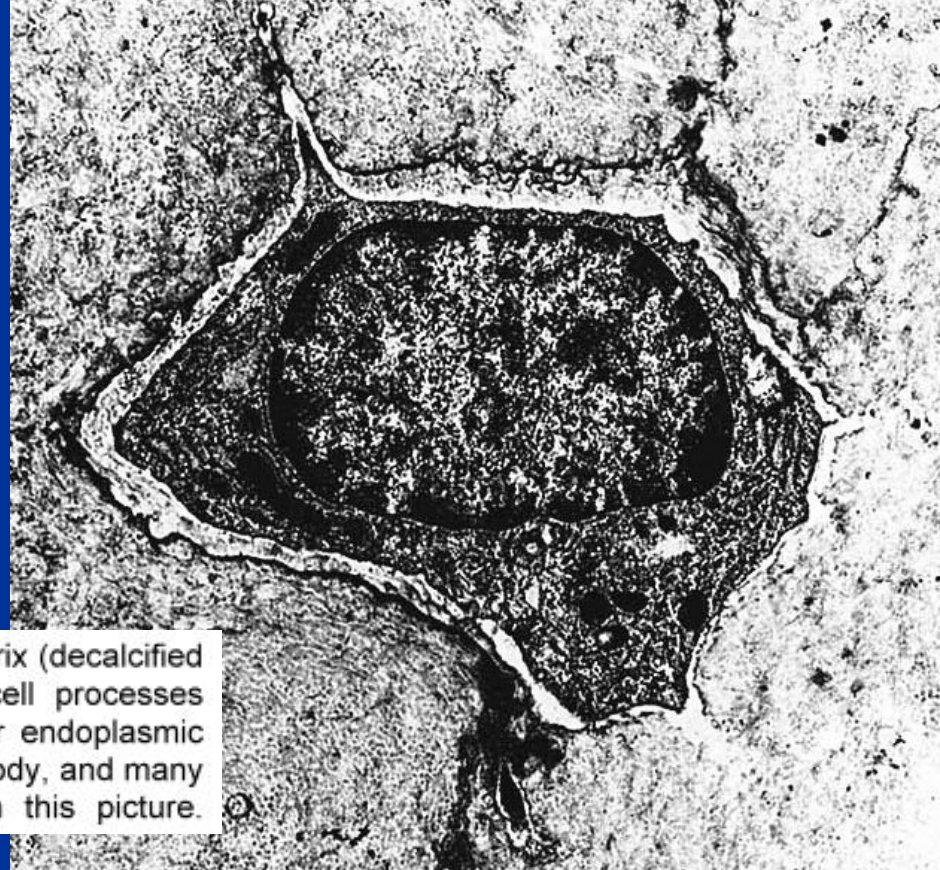




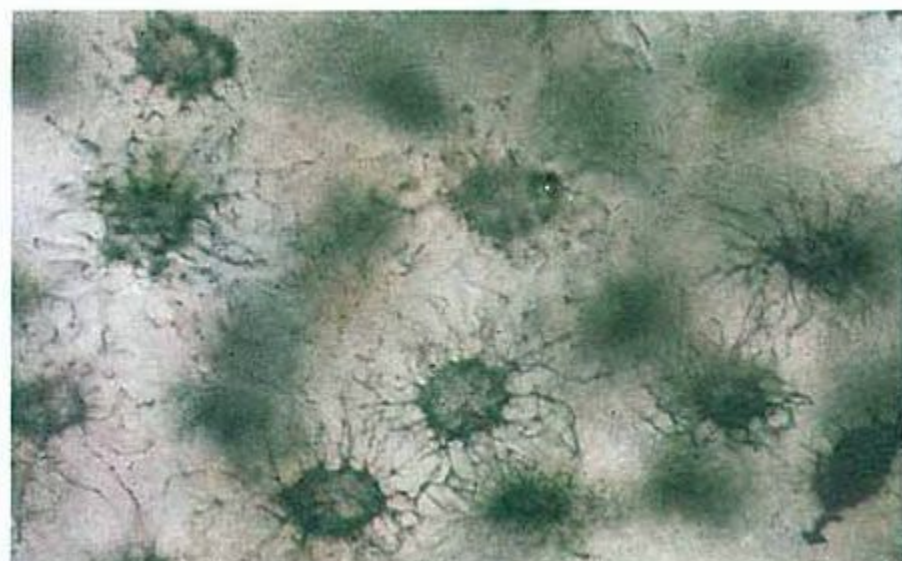
Остеобласты на поверхности растущей кости.  
Гранулярная ЭПС. Пучки коллагеновых волокон.



# ОСТЕОЦИТЫ

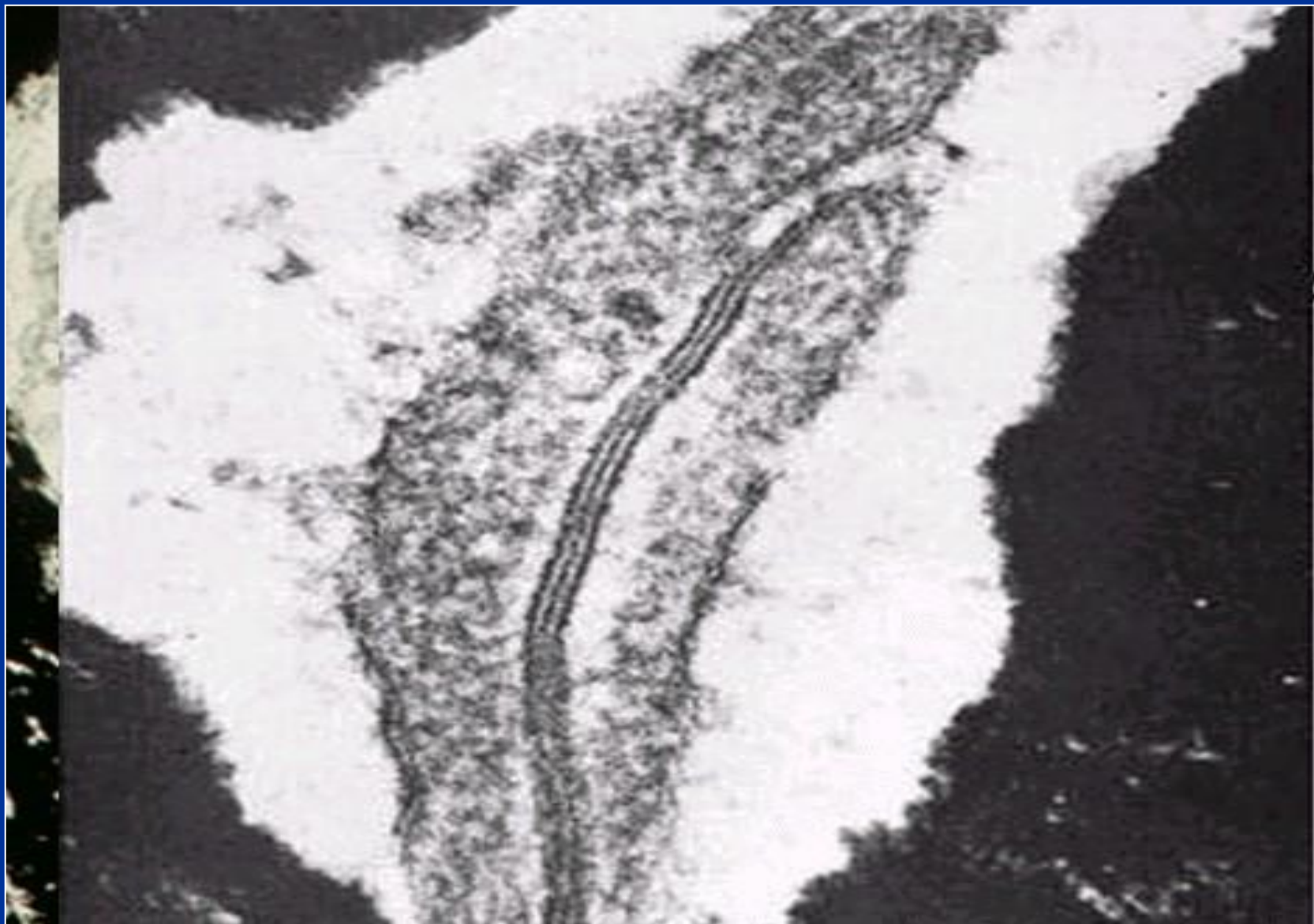


Electron micrographs **A** shows a young osteocyte within bone matrix (decalcified during processing for microscopy). Visible are the bases of cell processes extending within the canaliculi, the cell body containing granular endoplasmic reticulum, the lacuna with less dense matrix surrounding the cell body, and many collagen fibres in the matrix, mainly sectioned transversely in this picture.

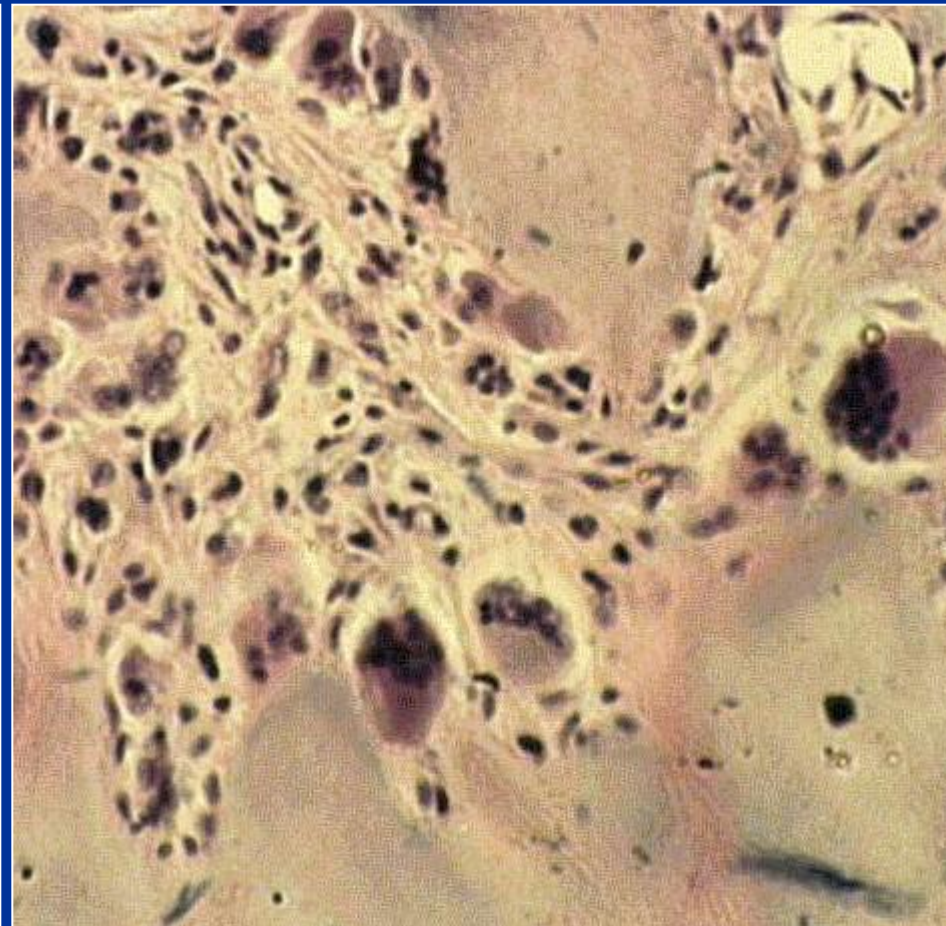
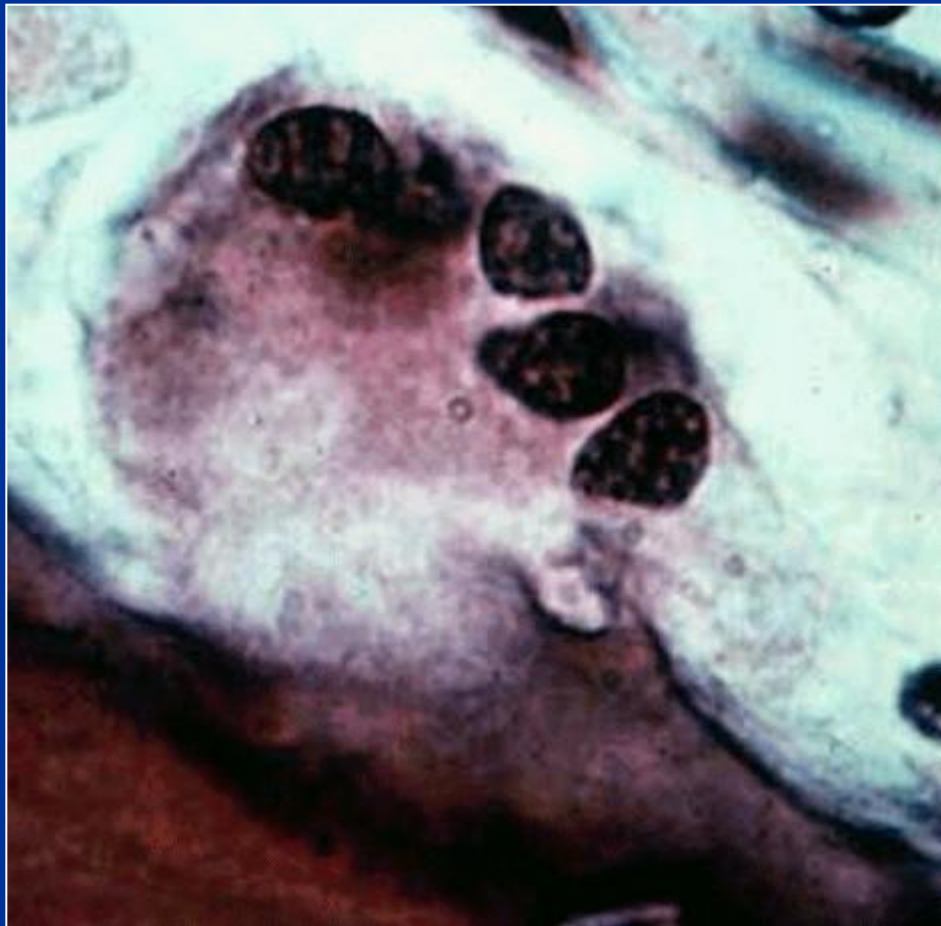




# КОНТАКТ ОТРОСТКОВ ОСТЕОЦИТОВ В КАНАЛЬЦЕ

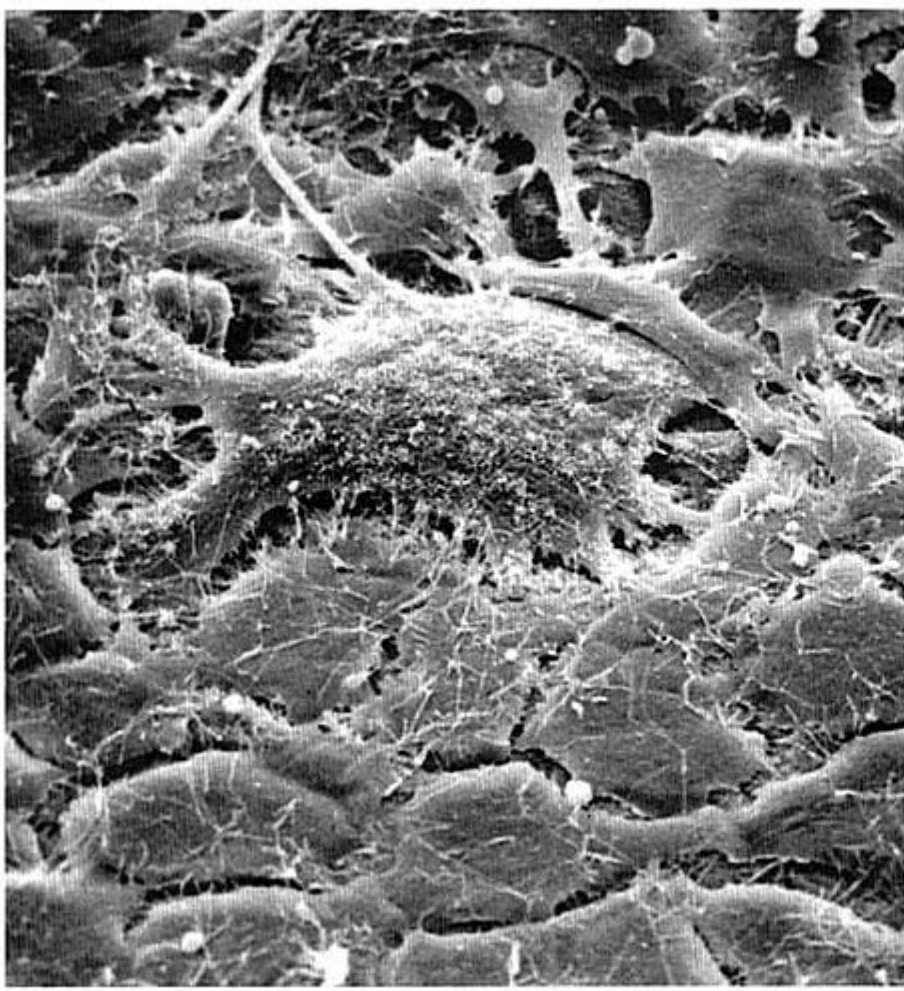
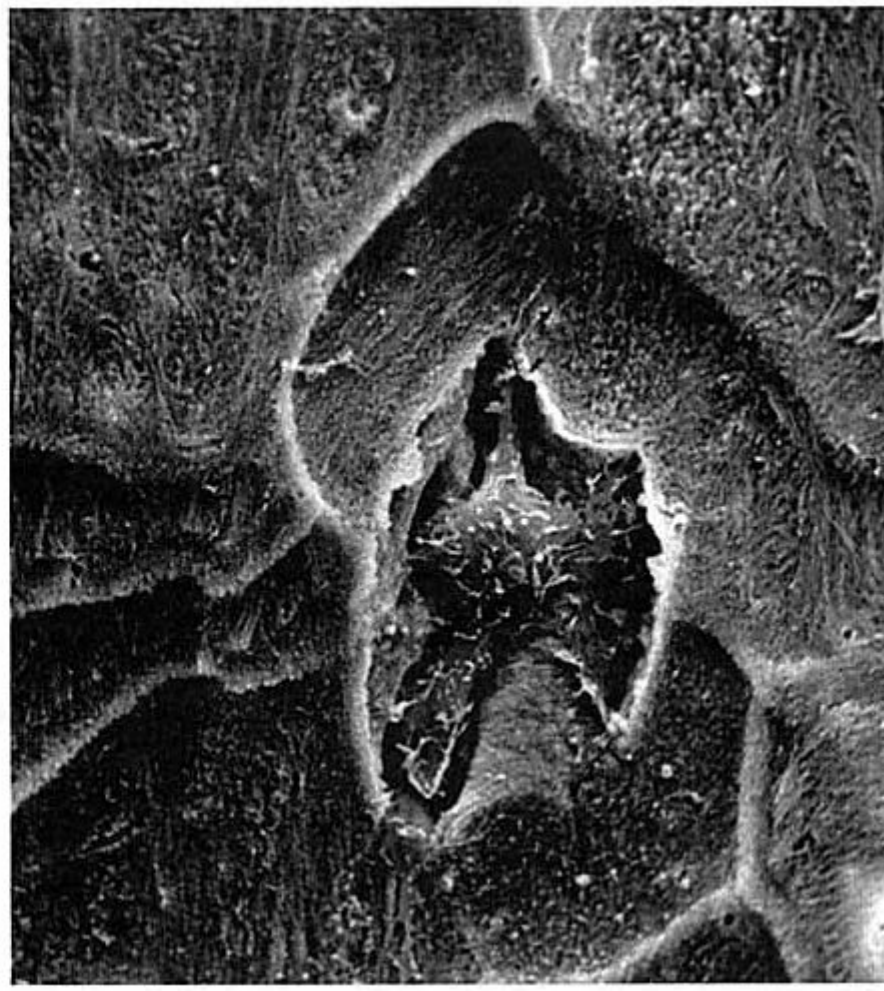


## ОСТЕОКЛАСТЫ



Происхождение (моноциты), локализация, функция



**A****B**

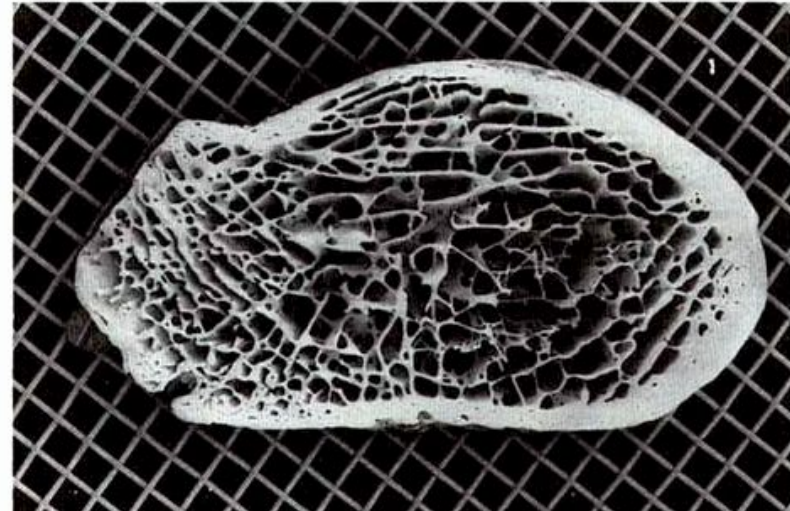
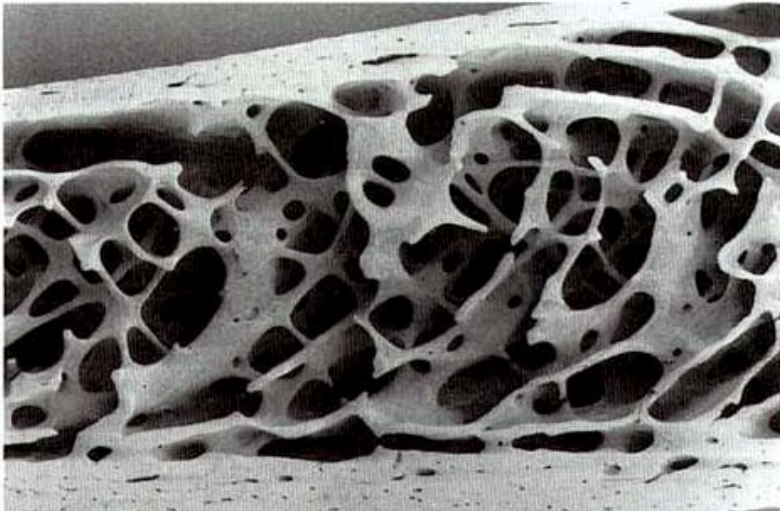
**A.** An osteoclast (the largest cell) lies amongst osteoblasts on endocranial surface of rat calvarium. The osteoblasts form a continuous layer, one cell thick, over the bone (crevices between cells occurred during drying the specimen). Filopodia contact adjacent cells; SEM, field width = 68  $\mu\text{m}$ . **B.** Endosteal surface of rabbit tibia showing an osteocyte within its lacuna exposed by osteoclastic resorption of surrounding bone; SEM, field width = 34  $\mu\text{m}$ .

## Пластинчатая костная ткань

**NB! Пластинчатая костная ткань может иметь губчатую и компактную организацию.**

	Губчатое костное вещество	Компактное костное вещество
Локализация	Из губчатого вещества состоят: эпифизы трубчатых костей, внутренний слой (примыкающий к костномозговому каналу) диафизов трубчатых костей, губчатые кости, внутренняя часть плоских костей.	Компактную структуру имеют большая часть диафизов трубчатых костей и поверхностный слой плоских костей.

Отличительная черта

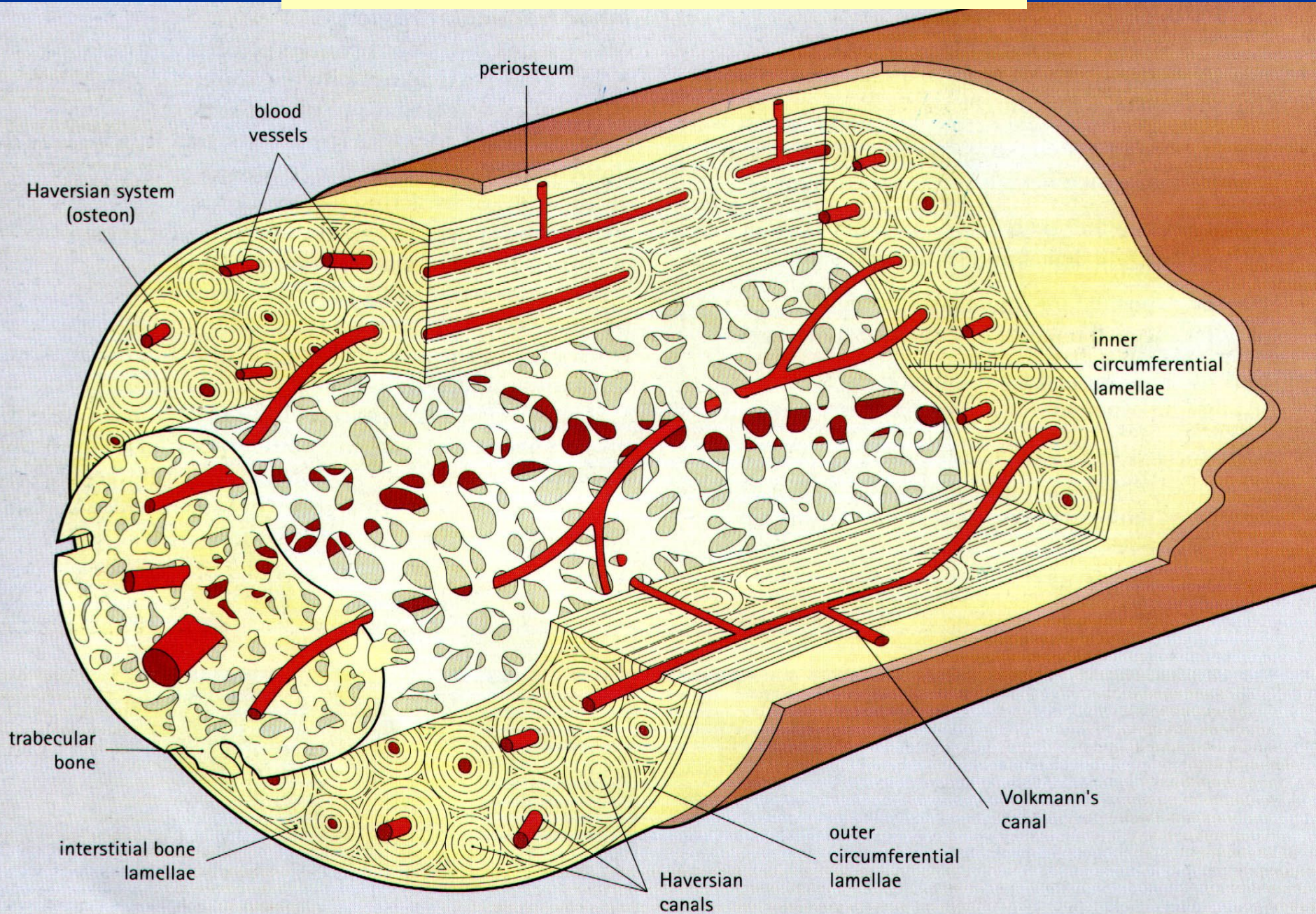




	Губчатое костное вещество	Компактное костное вещество
Костный мозг	В ячейках губчатого вещества содержатся сосуды, питающие кость, и красный костный мозг - кроветворный орган	Костномозговая полость диафизов трубчатых костей у взрослых содержит жёлтый костный мозг - жировую ткань.
Строение	И губчатое, и компактное костное вещество состоит из костных пластинок.	
	<p>При этом пластинки губчатого вещества обычно ориентированы вдоль направления костных балок, а не вокруг сосудов, как в остеонах компактного вещества.</p> <p>Правда, в достаточно толстых балках остеоны всё-таки могут встречаться.</p>	<p>В компактном же веществе имеются пластинки 3-х типов: <b>общие (генеральные)</b> - окружают всю кость, <b>остеонные</b> - лежат концентрическими слоями вокруг сосуда, образуя т.н. остеоны; <b>вставочные</b> - находятся между остеонами</p>
	единицей строения губчатого вещества принято считать <b>костные пластинки</b>	единицей строения компактного вещества считаются <b>остеоны</b> .



# СТРУКТУРА ДИАФИЗА ТРУБЧАТОЙ КОСТИ





# Эмбрион человека. Окраска ализариновым красным по Доусону.



Хрящевая «модель» диафизов трубчатых костей конечностей. Пример непрямого остеогенеза.

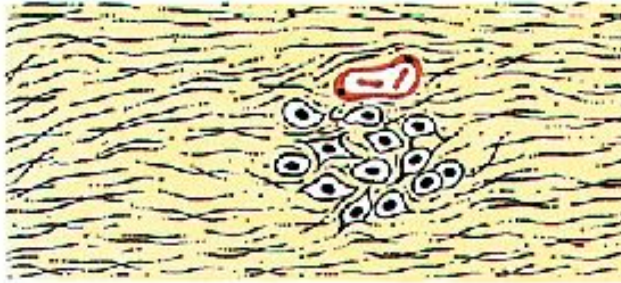
Костные трабекулы в области центров окостенения теменной кости и чешуи лобной кости. Пример прямого остеогенеза.

## Развитие кости

Остеогенез:	ПРЯМОЙ	НЕПРЯМОЙ
<b>ИСТОЧНИК</b>	<b>МЕЗЕНХИМА</b>	<b>ХРЯЩЕВАЯ МОДЕЛЬ</b>
<b>ФОРМИРУЕМЫЕ КОСТИ</b>	<b>ПЛОСКИЕ, КОСТИ ЧЕРЕПА</b>	<b>ТРУБЧАТЫЕ КОСТИ</b>
<b>СТАДИИ</b>	<b>ОСТЕОГЕННОГО ОСТРОВКА</b>	<b>ХРЯЩЕВАЯ МОДЕЛЬ</b>
	<b>ОБРАЗОВАНИЕ ОСТЕОИДА</b>	<b>ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРИХОНДРАЛЬНОЙ КОСТНОЙ МАНЖЕТКИ</b>
	<b>МИНЕРАЛИЗАЦИЯ</b>	<b>ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРВИЧНОГО (ДИАФИЗАРНОГО) ЦЕНТРА ОКОСТЕНЕНИЯ</b>
	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	<b>ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ (ЭПИФИЗАРНЫХ) ЦЕНТРОВ ОКОСТЕНЕНИЯ</b>
		<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ</b>



A



На месте будущей кости вначале происходят размножение мезенхимных клеток и васкуляризация (образование кровеносных сосудов). Тем самым формируется скелетогенный островок.

B



В островке появляются костные клетки: остеобласты и остециты - из остеогенных клеток, остеокласты - из моноцитов крови. При этом остеобласты активно осуществляют синтез органической матрицы кости, или оссеомукоида (коллагеновых волокон, гликопротеидов). Такая (ещё не минерализованная) закладка кости называется остеидом.

C



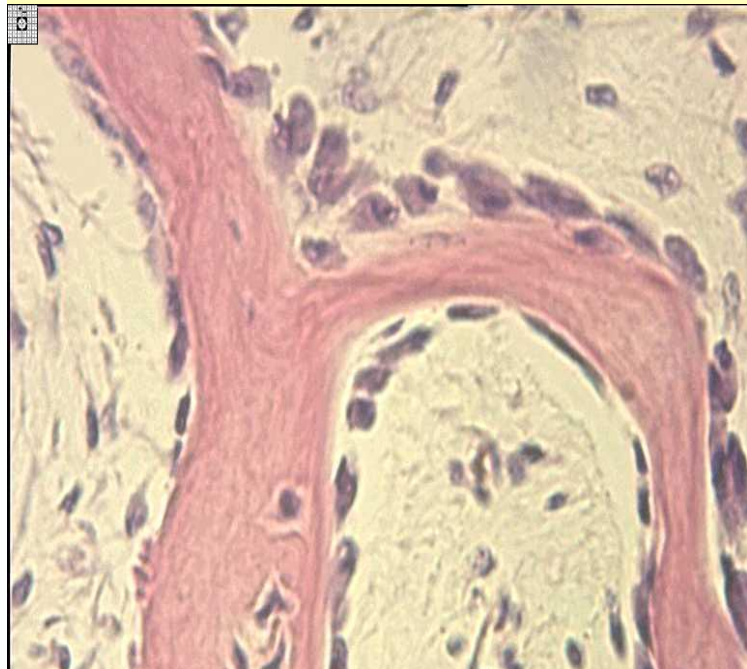
**МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ИНКОРПОРАЦИЯ СОСУДОВ**

D



**МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ**

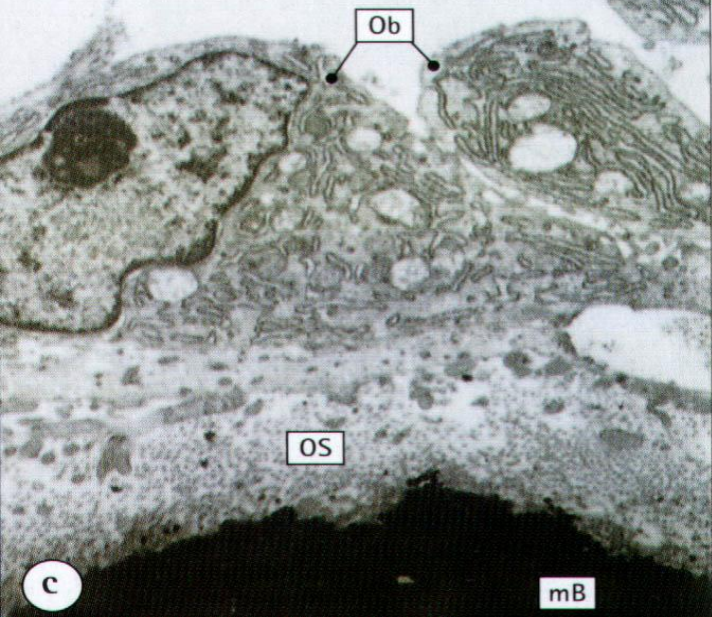
На третьей стадии в межклеточном веществе появляются (видимо, отпочковываясь от остеобластов) т.н. матричные пузырьки, сходные с лизосомами. Они накапливают кальций и (за счёт щелочной фосфатазы) неорганический фосфат. При разрыве пузырьков происходит минерализация межклеточного вещества, т.е. отложение кристаллов гидроксиапатита на волокнах и в аморфном веществе. В результате, образуются костные трабекулы (балки) - минерализованные участки ткани, содержащие все 3 типа костных клеток - с поверхности - остеобласты и остеокласты, а в глубине - остециты. Сосудов в трабекулах ещё нет; они имеются в окружающей мезенхиме. Образовавшаяся костная ткань является грубоволокнистой (лишена пластинчатой организации) и формирует т.н. первичную губчатую кость.



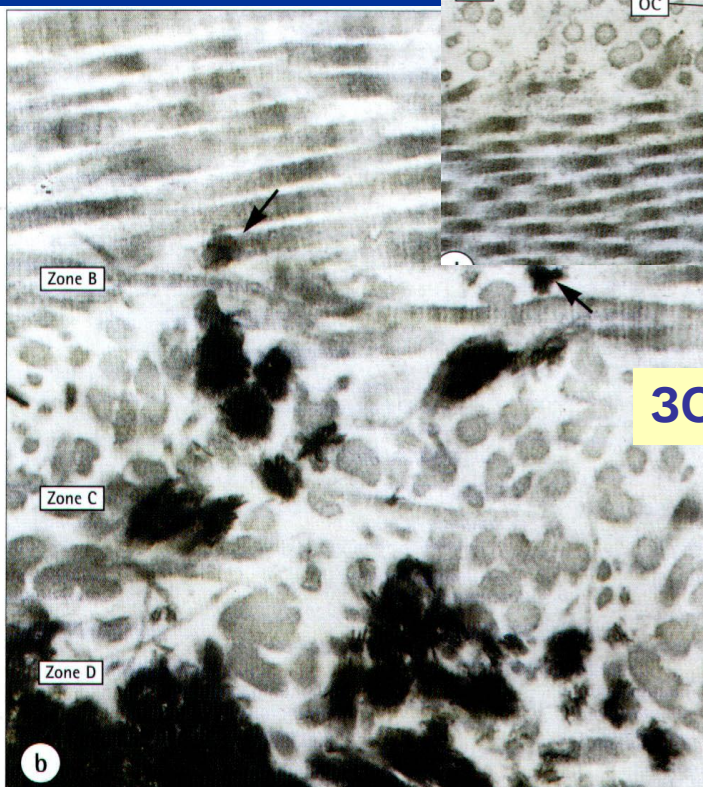
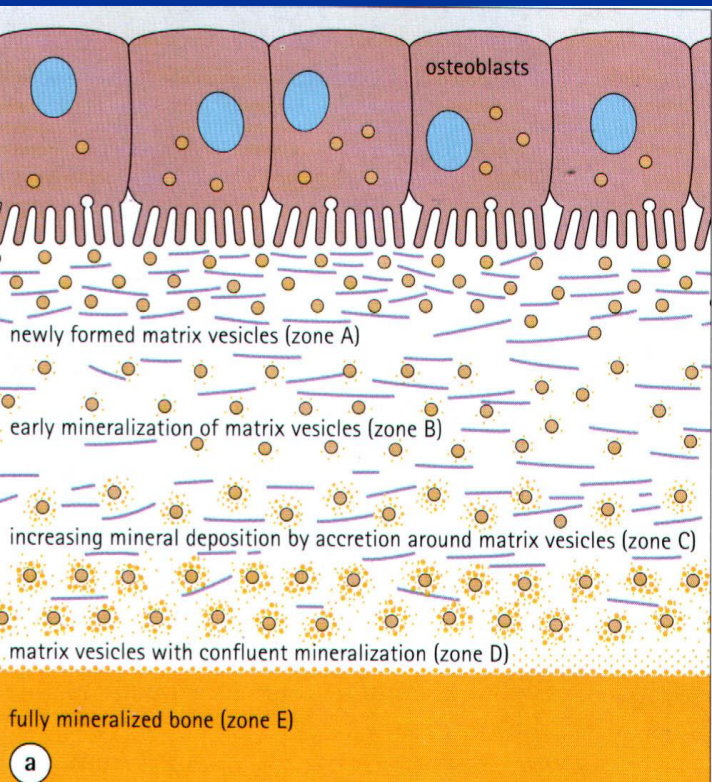
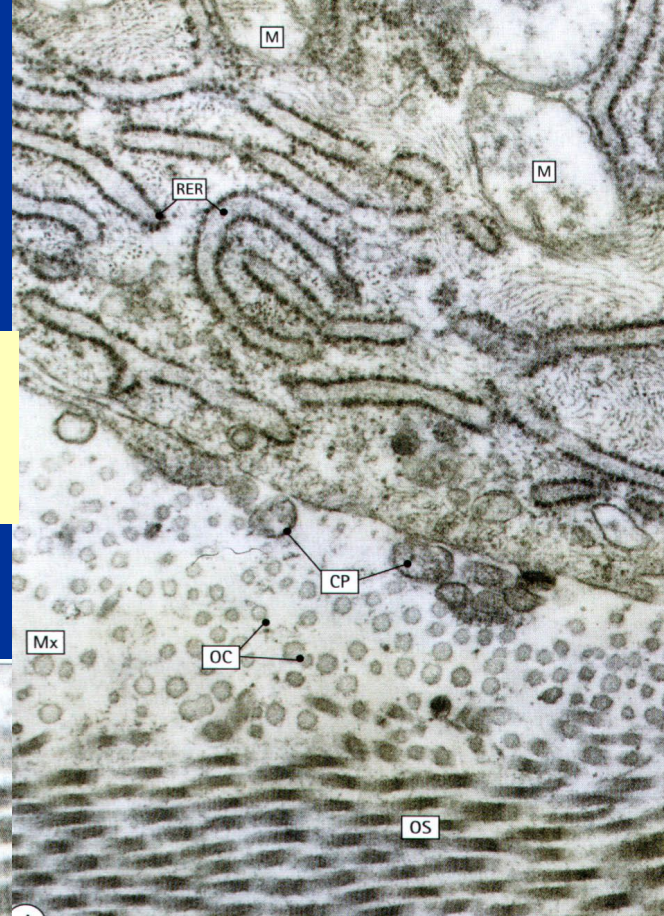
**МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ИНКОРПОРАЦИЯ СОСУДОВ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ**





## МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕЖКЛЕТОЧНОГО ВЕЩЕСТВА



## ЗОНА ОСТЕОИДА

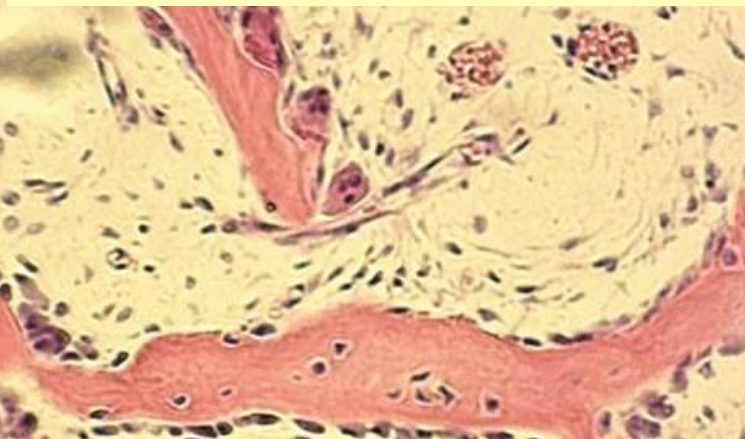


Во внутренней части плоской кости первичная губчатая ткань замещается на вторичную, которая построена уже из костных пластинок, ориентированных по ходу балок, а в наружном слое образуются генеральные пластинки (окружающие кость) и первичные остеоны.

Большую роль в этой перестройке играют остеокласты (частично разрушающие трабекулы) и сосуды, подрастающие к трабекулам.

Вокруг сосудов костное вещество формируется в виде концентрических костных пластинок, составляющих первичные остеоны.

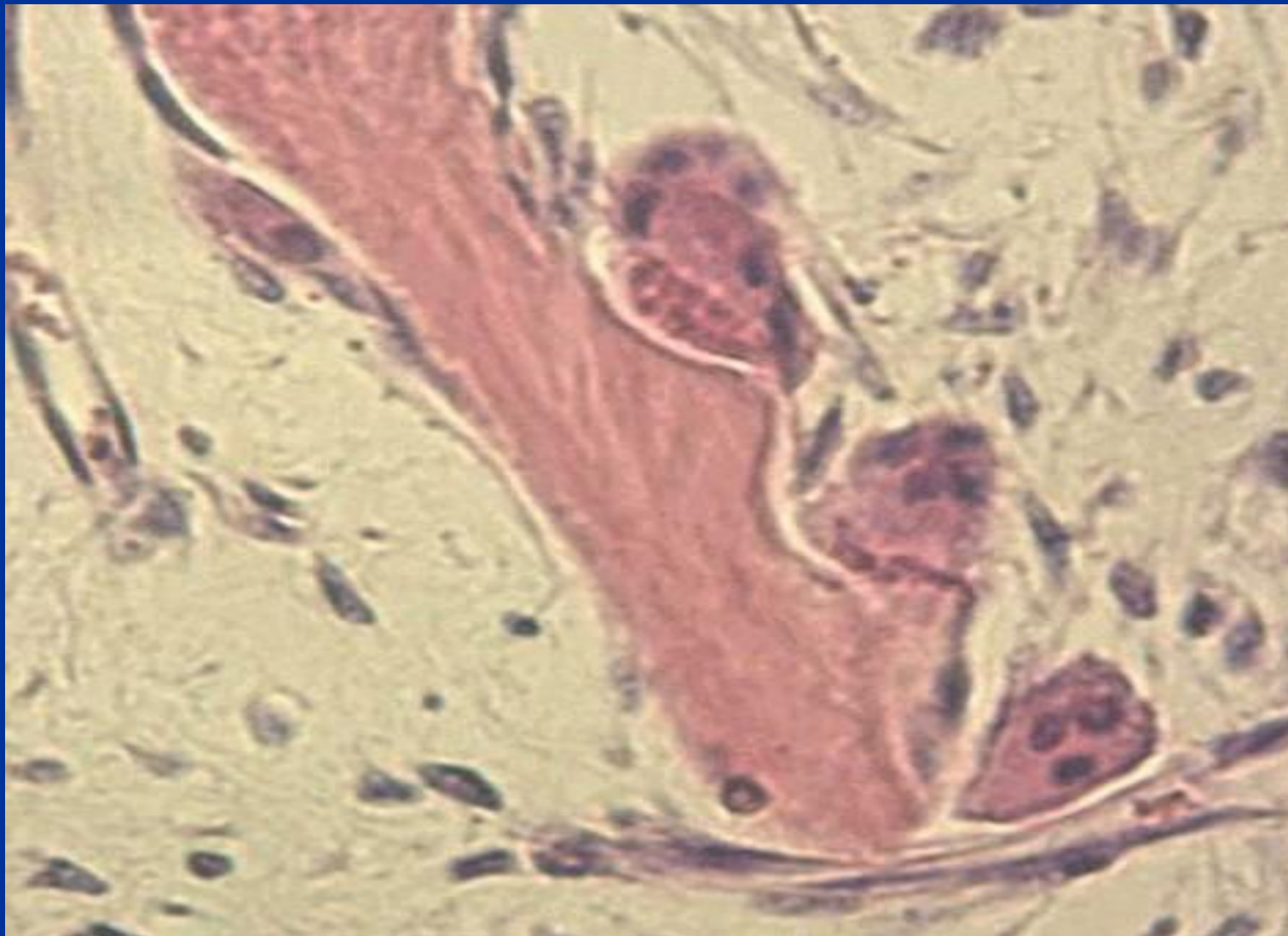
В разных участках формирующейся кости развитие может находиться на разных этапах. Поэтому могут соседствовать: мезенхимные скелетогенные островки, остеонидные участки и обызвествлённые трабекулы грубоволокнистой костной ткани.



**МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ**



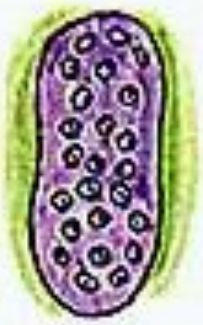
## РЕЗОРБЦИЯ КОСТНОЙ БАЛКИ ОСТЕОКЛАСТАМИ



## ФОРМЫ РЕЗОРБЦИИ КОСТИ

<b>КЛЕТОЧНЫЕ</b>	<b>АУТОЛИТИЧЕСКИЕ</b>
<b>ОСТЕОКЛАСТИЧЕСКАЯ</b>	<b>ГЛАДКАЯ РЕЗОРБЦИЯ</b>
<b>ПЕРИОСТЕОЦИТАРНАЯ</b>	<b>ПАЗУШНОЕ РАССАСЫВАНИЕ</b>
<b>НЕСПЕЦИФИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ</b>	<b>ПЕРИКАНАЛИКУЛЯРНАЯ</b>

# Непрямой остеогенез



**A**

*Cartilage model*



**B**

*Hypertrophy of central cells*



**C**

*Calcification of matrix in primary centre and formation of periosteal collar of bone*

**ХРЯЩЕВАЯ МОДЕЛЬ**

**ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРИХОНДРАЛЬНОЙ КОСТНОЙ МАНЖЕТКИ**





**D**

*Invasion of primary centre by vascular osteogenic buds*



**E**

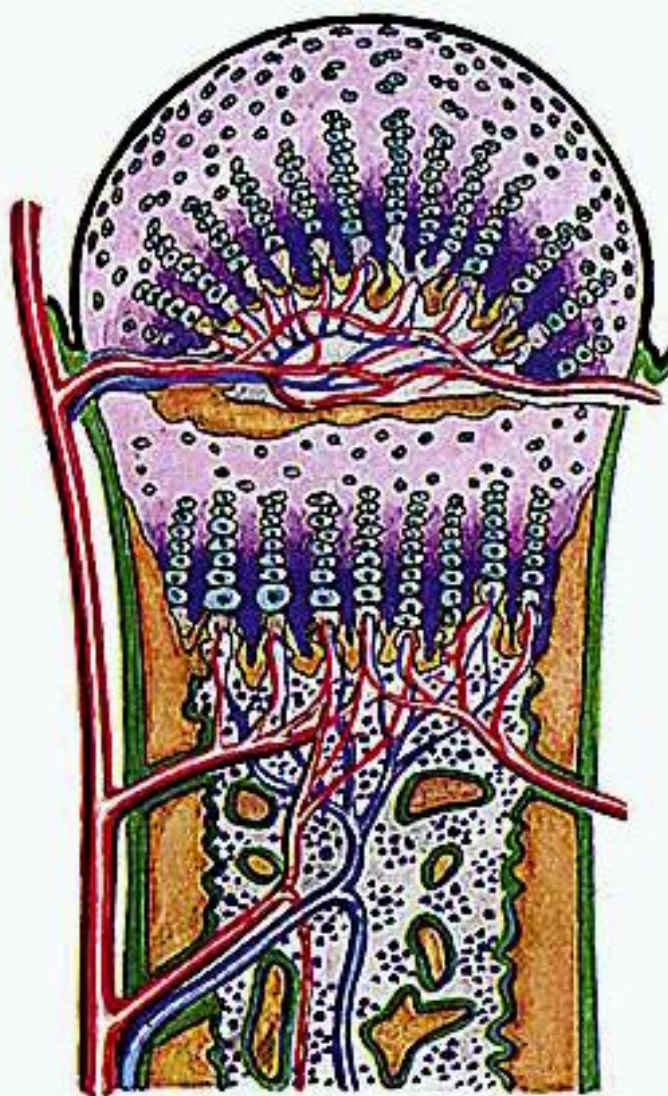
*Primary bone laid down on calcified cartilage remnants; secondary centre of ossification appears and becomes vascularised*

**ОБРАЗОВАНИЕ  
ПЕРВИЧНОГО  
(ДИАФИЗАРНОГО) ЦЕНТРА  
ОКОСТЕНЕНИЯ**

---

**ОБРАЗОВАНИЕ  
ВТОРИЧНЫХ  
(ЭПИФИЗАРНЫХ) ЦЕНТРОВ  
ОКОСТЕНЕНИЯ**





**F**

*Continued growth of cartilage of 'epiphyseal' plate and epiphysis; proliferation of red bone marrow*



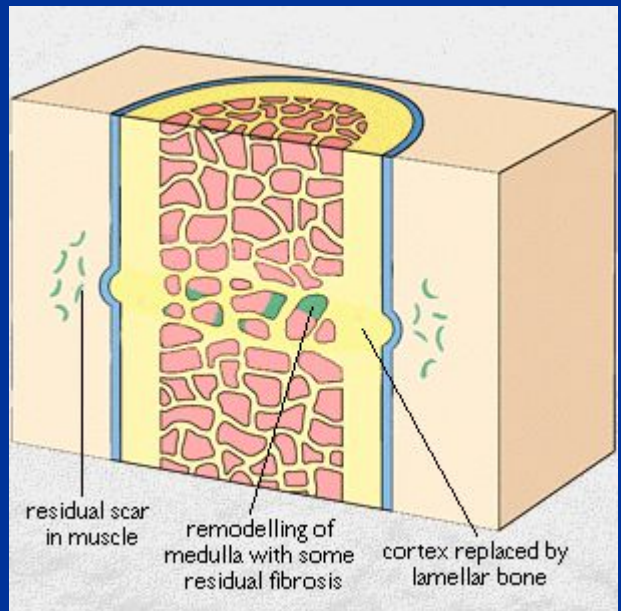
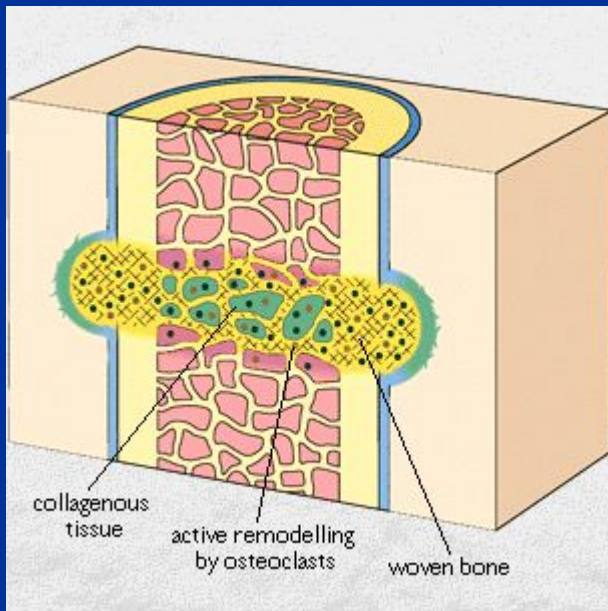
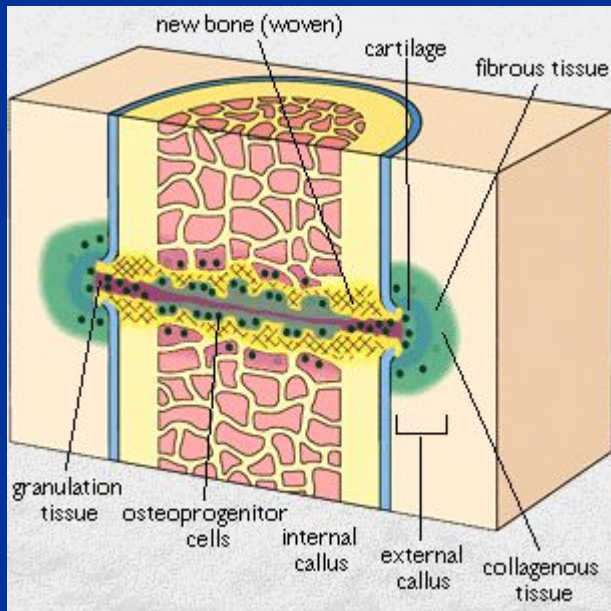
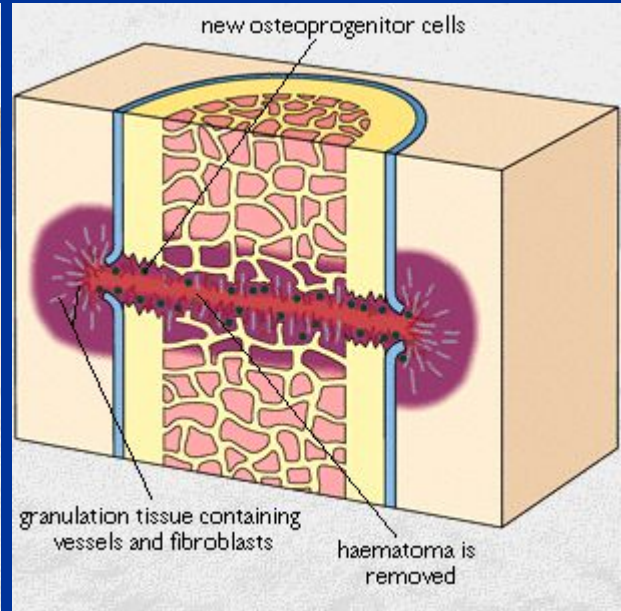
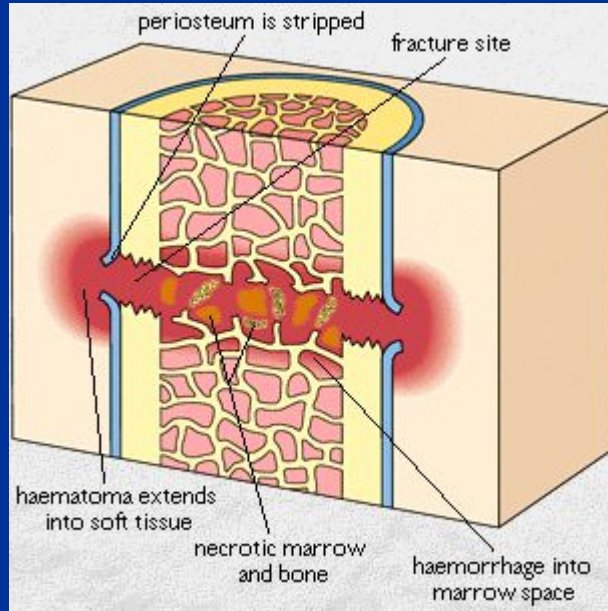
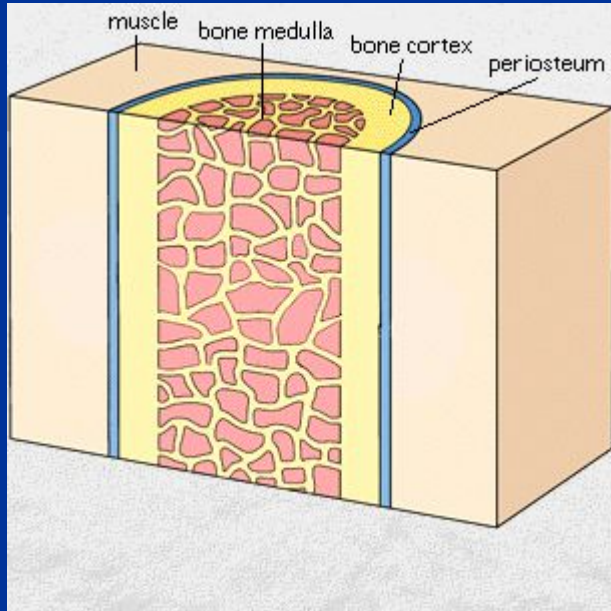
**G**

*Cessation of cartilage growth and complete ossification of 'epiphyseal' plate, (fusion of the epiphysis). Replacement of red bone marrow with yellow, adipose marrow (as in all long bones of the adult, except proximal humeral and femoral epiphyses)*

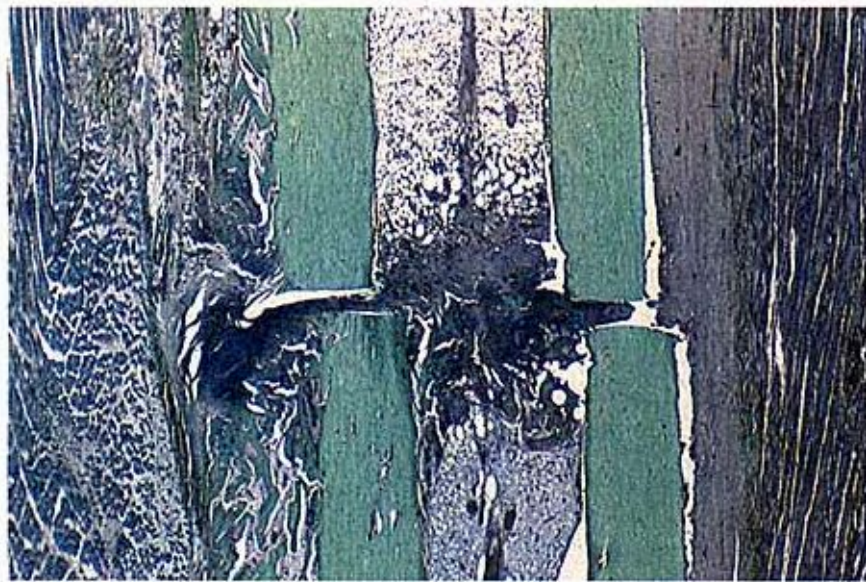
**МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ**



# ОСНОВНЫЕ СТАДИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ СРАЩЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ



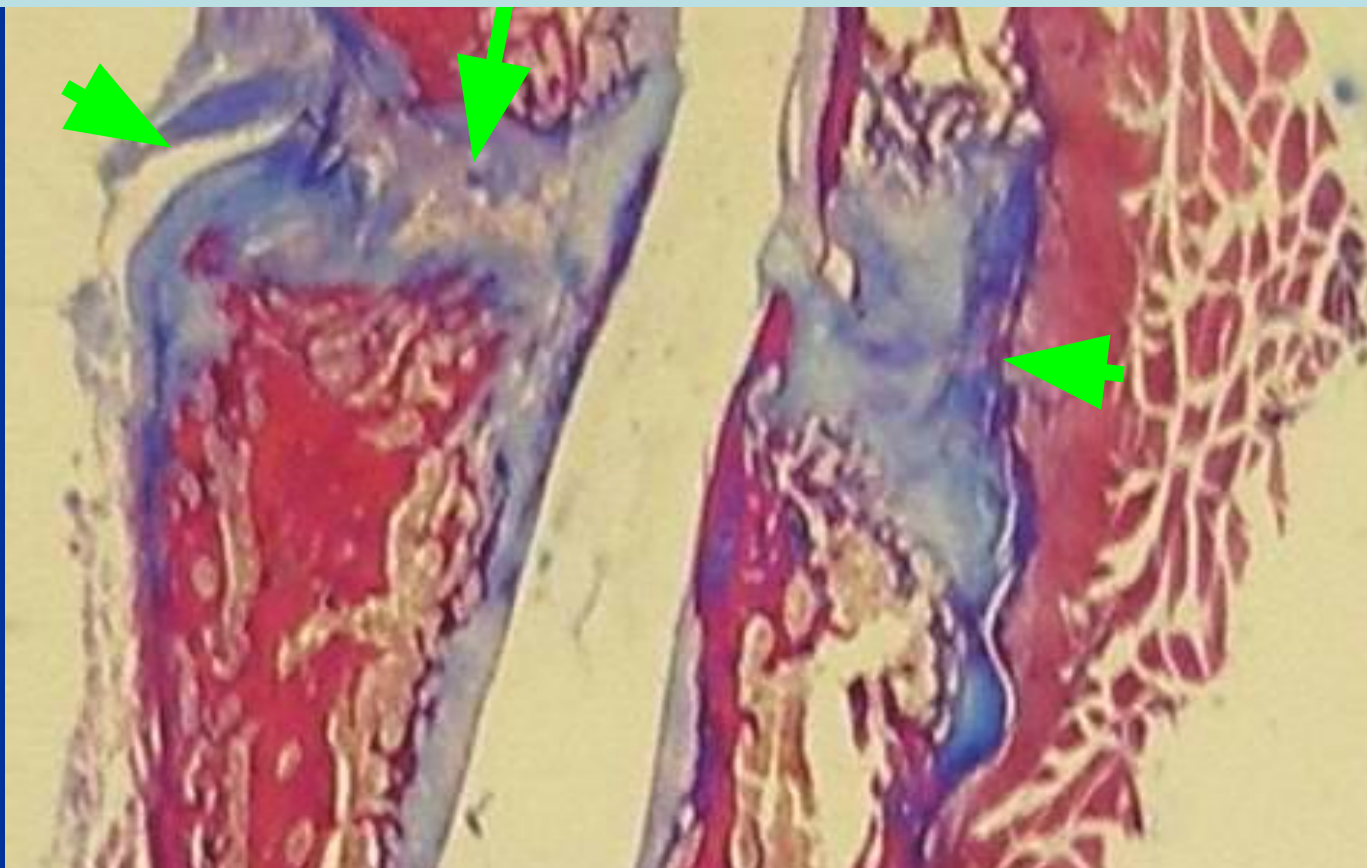




Midsagittal sections through the repairing fracture site of the lower tibia of a rabbit, held rigidly in an external fixator. Movat's hexachrome stain: undifferentiated blastemal tissue = grey; cartilage = turquoise; bone = pale green. (Sections provided by R. Brueton, Orthopaedic Research Department, Rayne Institute, St Thomas's Hospital, London; photographed by Kevin Fitzpatrick.) **A.** 2 weeks after injury. A distinct fracture gap separates adjacent fragments of cortex. The mainly adipose marrow contains patches of blastemal tissue. External soft callus contains patches of cartilage; a few bone trabeculae and some cartilaginous areas are present endosteally. **B.** 4 weeks after injury. A thin layer of bone lies in the fracture gap. Endosteal soft callus unites the posterior cortical fragments. Periosteal soft callus is present posteriorly, but is not yet confluent across the gap, while anteriorly only fibrous tissue is present.

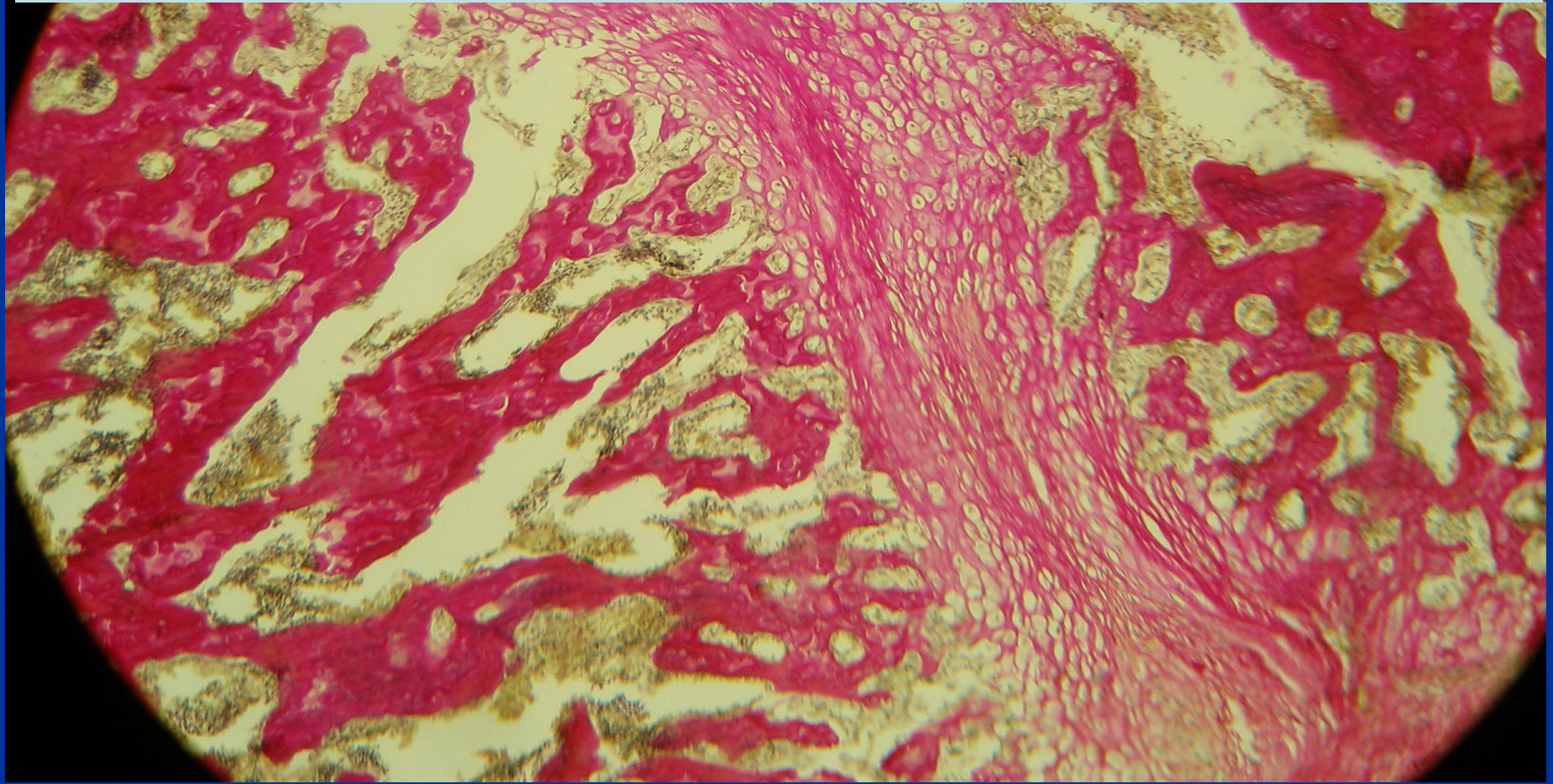


**Из диссертации Чен Чи Хсяннга - associate professor in Medical school, in faculty of Anatomy, Histology and Embryology, Putian University, Fu Jian Province, China. Выполнена в КГМУ, защищена в Санкт-Петербурге в 2010 году.**



**Состояние костной мозоли в четвертой (введение перфторана в межотломковую зону) группе животных на 30-е сутки после моделирования перелома. Окраска по Маллори Макросъемка препарата**

**Из диссертации Чен Чи Хсиянга - associate professor in Medical school, in faculty of Anatomy, Histology and Embryology, Putian University, Fu Jian Province, China. Выполнена в КГМУ, защищена в Санкт-Петербурге в 2010 году.**



**Состояние костной мозоли в группе животных с интрамедуллярным введением перфторана на 30-е сутки после моделирования перелома. Окраска по Ван-Гизон. Ув. X200**



Из диссертации Чен Чи Хсяянга

Зона хряща

Зона ново-  
образованной  
кости

Зона пролиферирующих  
остеогенных клеток

