

# **Скелетные ткани. Хрящевые ткани**

**Скелетные ткани** – это разновидность соединительных тканей с выраженной опорной, механической функцией, обусловленной наличием плотного межклеточного вещества.

*К ним относятся:*

- 1. Хрящевые ткани;*
- 2. Костные ткани;*
- 3. Дентин и цемент зуба.*

# Различают три вида хрящевых тканей:

Виды хрящевой ткани	Локализация
<b>Гиалиновая хрящевая ткань</b>	стенка воздухоносных путей, суставные поверхности, скелет эмбриона, в зона роста формирующихся трубчатых костей
<b>Эластическая хрящевая ткань</b>	ушные раковины, стенка наружного слухового прохода, надгортанник, стенка бронхов средних калибров
<b>Волокнистая хрящевая ткань</b>	межпозвоночные диски, лонный симфиз, зоны прикрепления связок и сухожилий к костям

Хрящевые ткани имеют следующий  
общий план строения:

1. Гистогенный дифферон включает в себя следующие клетки:
  - Стволовые клетки;
  - Полустволовые клетки (прехондробласты);
  - Хондробласты;
  - Хондроциты I типа
  - Хондроциты II типа
  - Хондроциты III типа

# Гистогенный диферон: **Стволовые клетки**

Округлой формы, имеют высокое значение  
ядерно-цитоплазматического отношения.  
Органеллы цитоплазмы развиты слабо.

# Гистогенный дифферон: **Прехондробласты**

Представляют собой не дифференцированные клетки веретеновидной формы. Обладают высокой митотической активностью. Цитоплазма слабо базофильна, органелл мало. В цитоплазме увеличивается количество рибосом, появляются мембраны эндоплазматической сети гранулярного типа. Ядро гиперхромное.

Функционально не активны, дифференцируются в хондробласты.

Гистогенный диферон:

## **Хондробласты;**

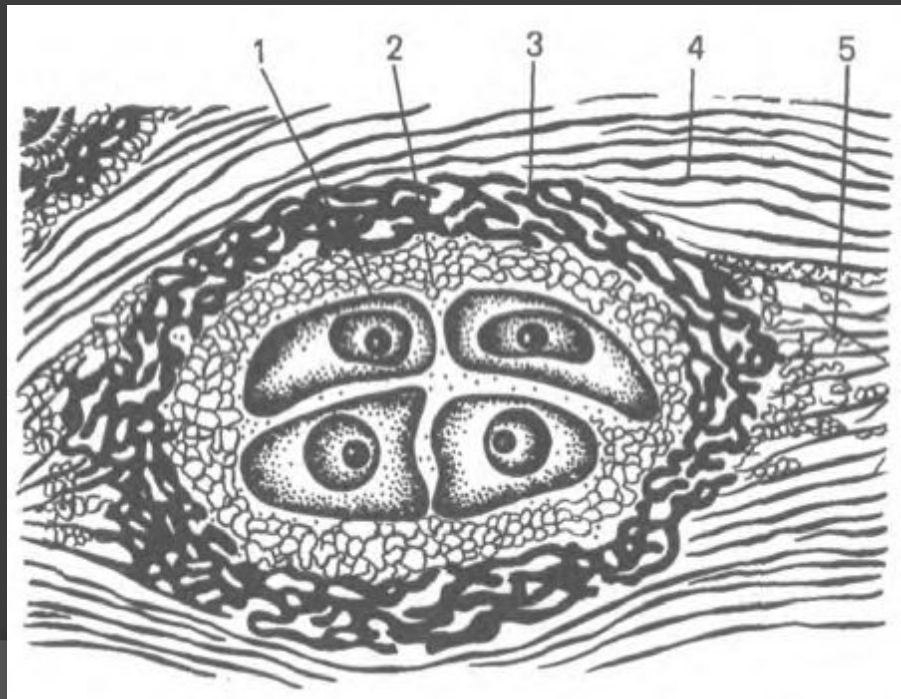
Малодифференцированные клетки уплощенной формы. Обладают средней митотической активностью. Цитоплазма имеет хорошо развитую гранулярную и агранулярную эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи.

Секретируют небольшое количество гликозаминов (гиалуроновую кислоту, гепарин) и неофибрилярных белков (протеогликаны).

# Гистогенный дифферон: **Хондроциты**

Основной вид клеток хрящевой ткани. Бывают овальными округлыми или полигональными — в зависимости от степени дифференцировки. Располагаются в лакуннах по одиночке или изогенной

группой. В изогенной группа различают три типа клеток, отличающихся по степени дифференцированности



1 — хондроцит; 2 — матрикс клеточной территории, состоящий из петливой сети неколлагеновых белков и протосогликанов; 3 — коллагеновые волокна, образующие стенку лакуны; 4 — межтерриториальный участок хряща; 5 — протеогликаны в межтерриториальном матриксе



# Гистогенный дифферон:

## Хондроциты

<b>Хондроциты I типа</b>	Характеризуются высоким значением ядерно-цитоплазматического индекса развитием вакуолярных элементов пластинчатого комплекса, наличием митохондрий и свободных рибосом в цитоплазме. В этих клетках нередко наблюдаются картины деления, что позволяет рассматривать их как источник репродукции изогенных групп клеток. Данный тип клеток преобладает в молодом развивающемся хряще.
<b>Хондроциты II типа</b>	Отличаются снижением ядерно-цитоплазматического отношения, ослаблением синтеза ДНК, сохранением высокого уровня РНК, интенсивным развитием гранулярной эндоплазматической сети и всех компонентов аппарата Гольджи, которые обеспечивают образование и секрецию гликозаминогликанов и протеогликанов в межклеточное вещество.
<b>Хондроциты III типа</b>	Отличаются самым низким ядерно-цитоплазматическим отношением, сильным развитием и упорядоченным расположением гранулярной эндоплазматической сети. Эти клетки сохраняют способность к образованию и секреции белка, но в них снижается синтез гликозаминогликанов.

2. Гематогенный дифферон:

Включает в себя клетки хондрокласты.

# Гематогенный дифферон:

## **Хондроциты**

### **Морфологические особенности**

- Неудерживаемые клетки различной формы (в т.ч. амебовидной)
- Цитоплазма «пенистая» (много фагосом), базофильная
- Развиты органеллы СФАК внутриклеточного пищеварения и дезинтоксикации, опоры и передвижения, внутриклеточного транспорта, энергетического обеспечения
- Ядро гипохромное полиплоидное, может быть несколько ядер

### **Функции**

Специализированная макрофагическая:

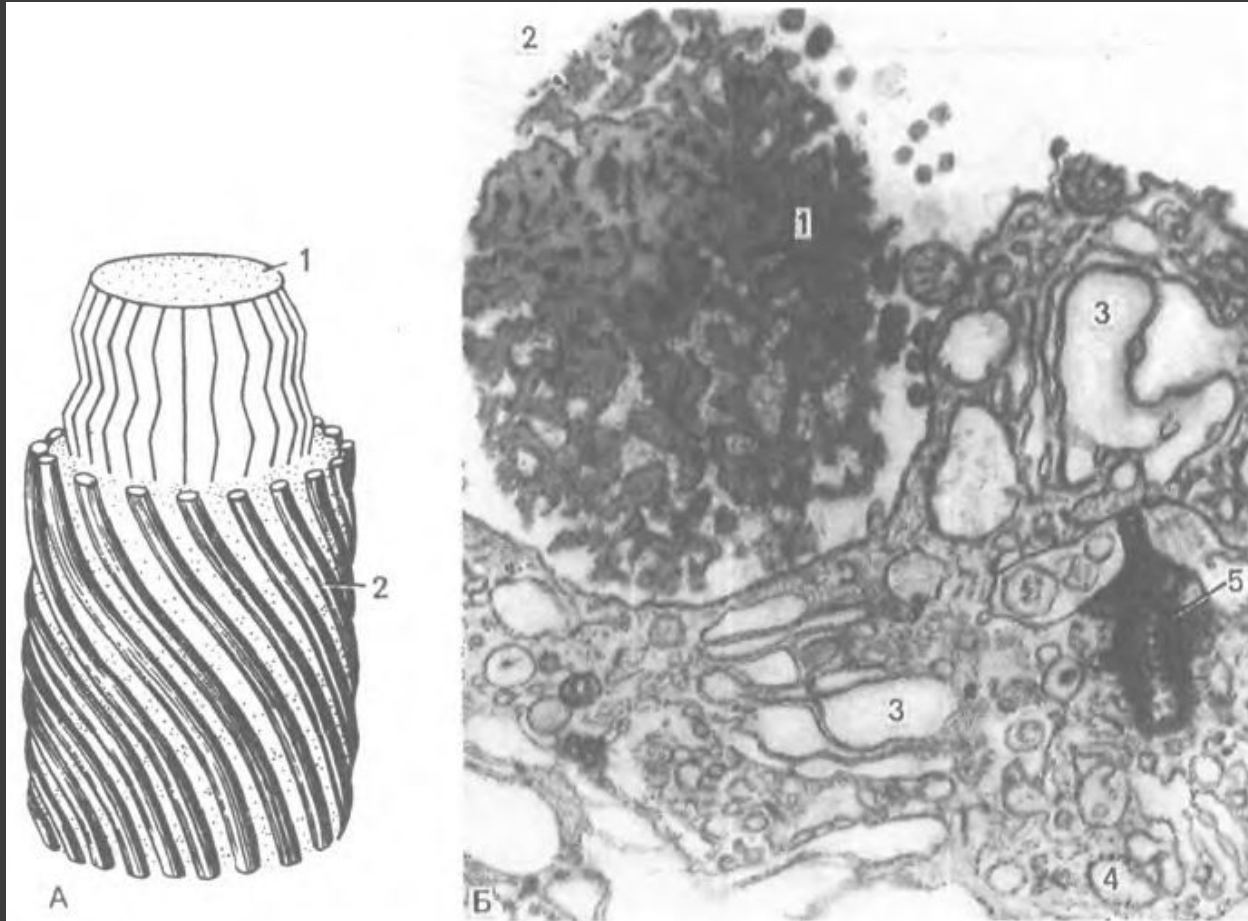
- резорбция стареющей хрящевой ткани в процессе её физиологической и репаративной регенерации
- резорбция минерализованной хрящевой ткани

### 3. Волокна:

Включает в себя следующие типы волокон:

1. Колагеновые волокна;
2. Эластические волокна.

# 3. Волокна: Эластические волокна



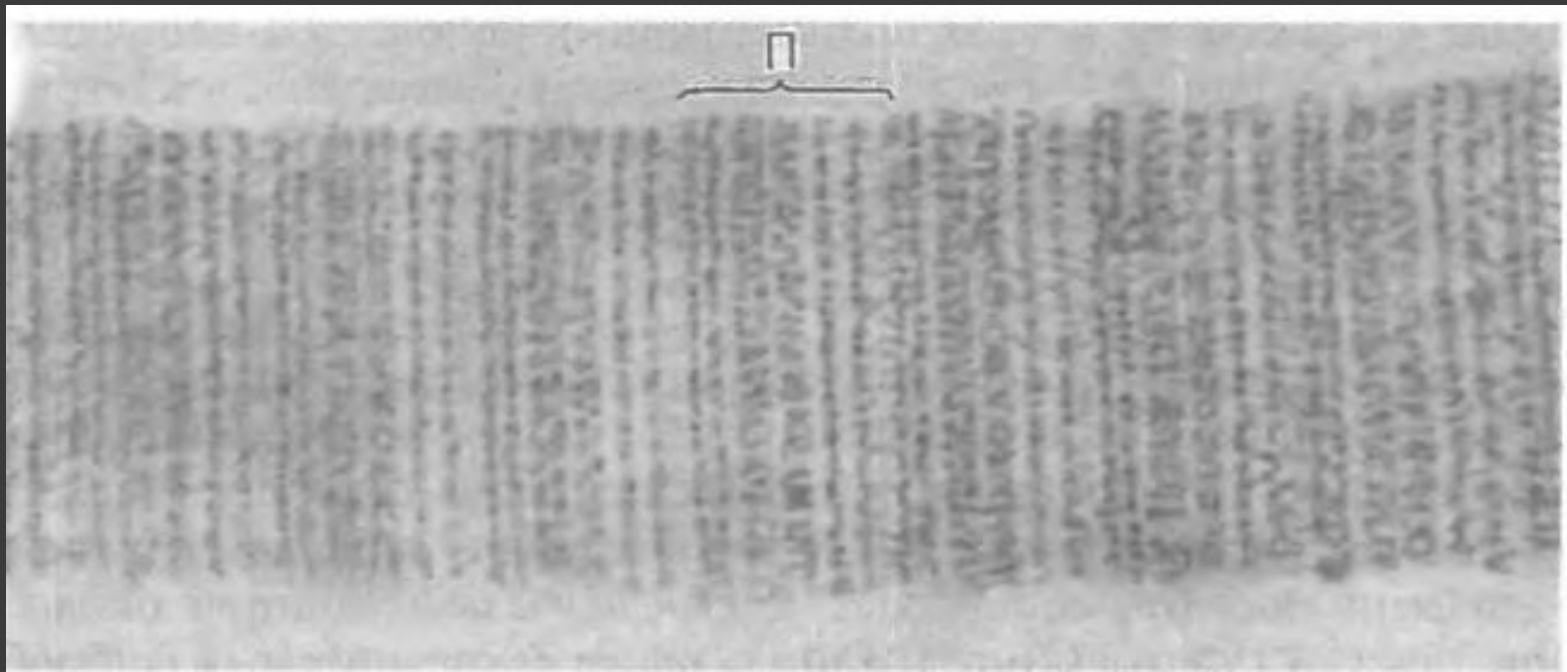
Имеют четырехуровневую спиральную организацию белка эластина. Пучков не образуют, анастомозируют между собой. Обладают растяжимостью, эластичностью.

А — схема: 1 — центральная гомогенная часть; 2 — микрофибриллы (по Ю.И.Афанасьеву);  
Б — электронная микрофотография, х 45 000 (препарат В.П.Слюсарчука): 1 — центральная гомогенная часть; 2 — микрофибриллы на периферии волокна; 3 — аппарат Гольджи фибробласта; 4 — эндоплазматическая сеть, 5 — центриоль.

### 3. Волокна:

## Коллагеновые волокна

Имеют четырехуровневую спиральную организацию белка коллагена. Расположены в ткани неанастомозирующими пучками. Обладают прочностью, упругостью, нерастяжимостью



Коллагеновая фибрилла. Электронная микрофотография. (препарат Н.П. Омеляненко).

П — период.

## 4. Аморфный матрикс:

### **Консистенция**

Плотный упругий гель. Может размягчаться (действие микрофлоры, авитаминозы). Может минерализоваться (у некоторых хрящевых тканей)

### **Химический состав:**

- связанная («интерстициальная») вода (80%)
- протеогликаны (нефибрилярные белково – углеводные соединения)
- несulfатированные (гиалуроновая к-та) и sulfатированные хондромукоиды, гепарин), гликозамины
- микроэлементы , электролиты

*Соотношение органических/неорганических в-в 3 : 1*

## **Функции хрящевых тканей:**

1. Опорно-мобильная и амортизационная,
2. Защитная (механическая),
3. Участие в водно-минеральном обмене,
4. Формообразующая,
5. Участие в гистогенезе костной ткани



# Надхрящница – перихондр (perichondrium) :



соединительнотканная оболочка хряща (за исключением хряща суставных поверхностей костей). Надхрящница обильно иннервирована и васкуляризирована, из её кровеносных сосудов питательные вещества проникают в хрящ путём диффузии. Надхрящница служит для роста и репарации хрящевой ткани. В процессе остеогенеза надхрящница преобразуется в надкостницу.

Состоит из двух слоёв — наружного (**фиброзного**) и внутреннего (**хондрогенного, камбиального**). Фиброзный слой содержит фибробласты, продуцирующие коллагеновые волокна, и без резких границ переходит в окружающую соединительную ткань. Хондрогенный слой содержит незрелые хондрогенные клетки и хондробласты.

# Гиалиновая хрящевая ткань:



Окраска гематоксилин-эозином

1 - клетки хряща

2 - межклеточное вещество

3 - надхрящница

## Клетки

- **Хондробласты и хондроциты I-го типа** расположены по одиночке в молодой хрящевой ткани.
- **Хондроциты II-го типа** составляют *изогенные группы* в зрелой ткани, а **хондроциты III-го порядка** – в стареющей ткани

## Межклеточное вещество

**Колагеновые** (хондриновые) **волокна II типа** оплетают изогенные группы хрящевых клеток. В межклеточном матриксе колагеновые волокна ориентированы в направлении вектора действия сил основных нагрузок.

# Гиалиновая хрящевая ткань:



Окраска гематоксилин-эозином

1 - клетки хряща

2 - межклеточное вещество

3 - надхрящница

## Аморфной матрикс:

- в зонах молодой хрящевой ткани оксифилен, лишен сульфатированных ГАГ, имеет консистенцию полужидкого геля;
- в зонах зрелой ткани базофилен, содержит сульфатированные ГАГ, имеет консистенцию упругого геля, уплотняется вокруг изогенных групп;
- в зонах стареющей хрящевой ткани резко оксифилен в следствии накопления щелочных белков альбумоидов и последующей минерализации

# Гиалиновая хрящевая ткань:



*Окраска гематоксилин-эозином*

1 - клетки хряща

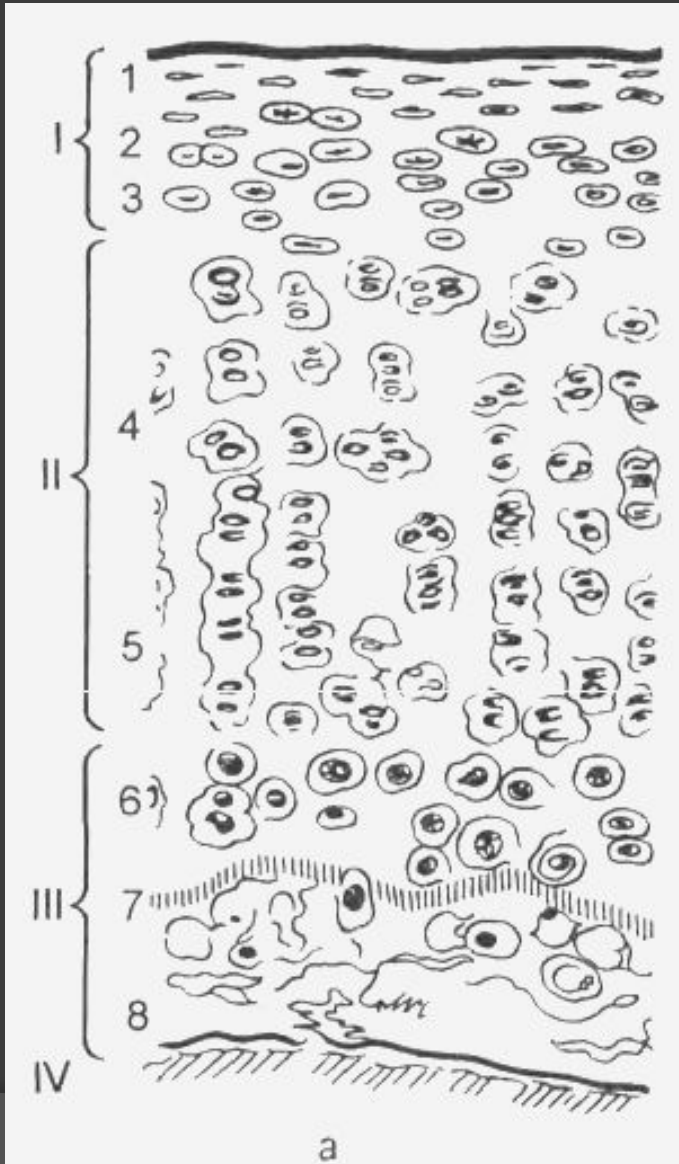
2 - межклеточное вещество

3 - надхрящница

## Механические свойства:

- плотность, упругость, амортизационность в зрелом состоянии
- относительная непрочность «на разрыв»
- хрупкость при старении в следствии минерализации

# Гиалиновая хрящевая ткань: Структура суставного хряща



Клеточные и волокнистые компоненты суставного хряща (схема по В.П. Модясву, В.Н. Павловой, с изменениями).

**I** — поверхностная зона;

**II** — промежуточная зона;

**III** — базальная (глубокая) зона;

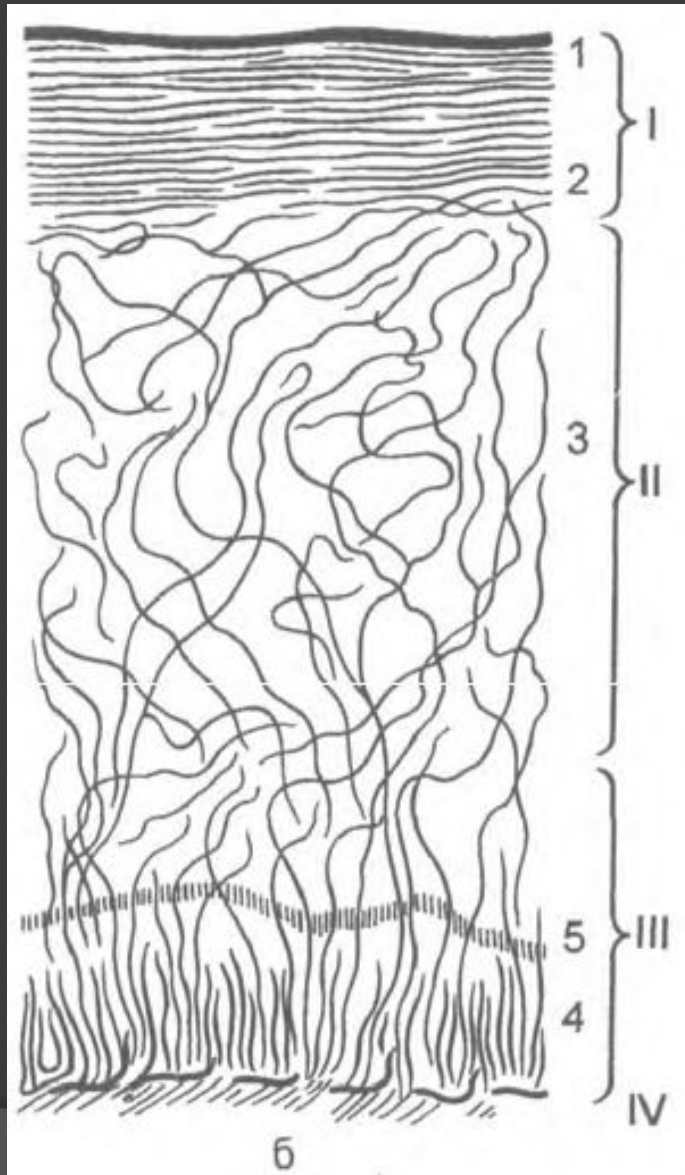
**IV** — субхондральная кость;

**а** — клеточные компоненты суставного хряща:

1 — бесклеточная пластинка; 2 — хондроциты тангенциального слоя; 3 — хондроциты переходного участка; 4 — изогенные группы; 5 — «колонки» хондроцитов; 6 — гипертрофированные хондроциты; 7 — базофильная (пограничная) линия между кальцинированным и некальцинированным хрящом; 8 — кальцифицирующийся хрящ;

# Гиалиновая хрящевая ткань:

## Структура суставного хряща



Клеточные и волокнистые компоненты суставного хряща (схема по В.П.Модяеву, В.Н. Павловой, с изменениями).

I — поверхностная зона;

II — промежуточная зона;

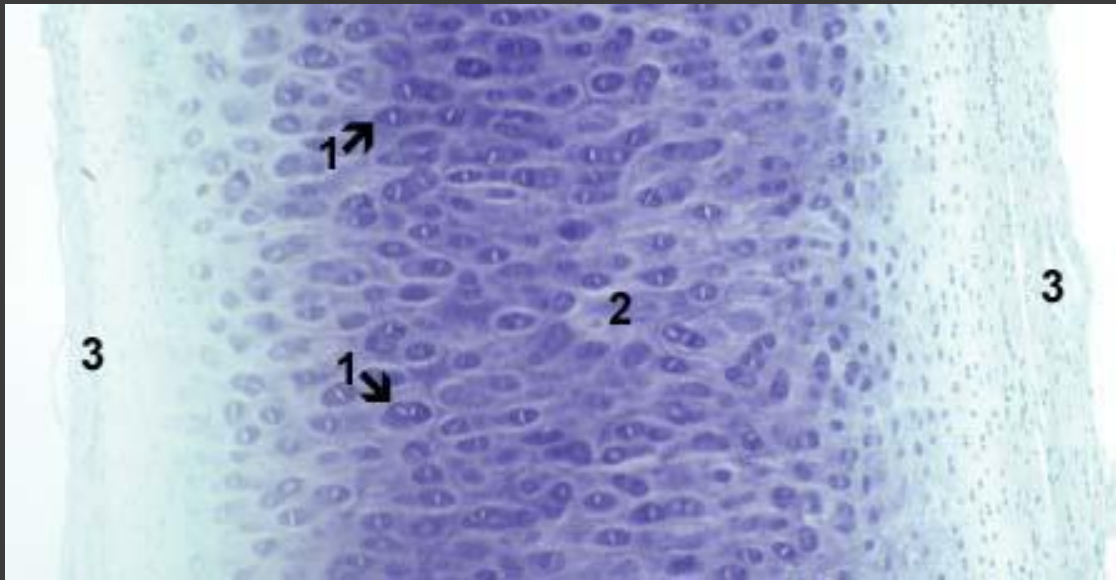
III — базальная (глубокая) зона;

IV — субхондральная кость;

**б — фибриллярная система суставного хряща:**

1 — бесклеточная пластинка; 2 — тангенциальные волокна поверхностной зоны; 3 — основные направления коллагеновых волокон в промежуточной зоне; 4 — радиальные волокна базального слоя; 5 — базофильная (пограничная) линия.

# Эластическая хрящевая ткань:



Окраска железным гематоксилином

1 - клетки хряща

2 - межклеточное вещество

3 - надхрящница

## Клетки

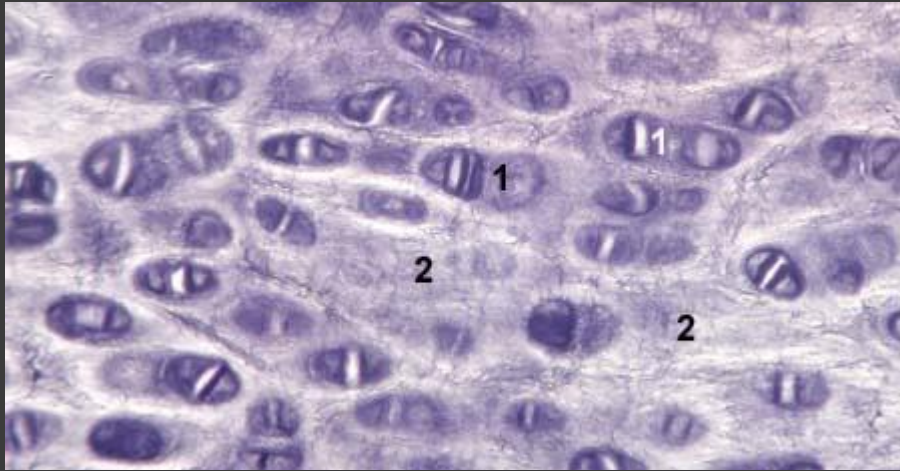
- **Хондробласты и хондроциты I-го типа** расположены по одиночке в молодой хрящевой ткани.
- **Хондроциты II-го типа** составляют *изогенные группы* в зрелой ткани, а **хондроциты III-го порядка** – в стареющей ткани

## Межклеточное вещество

Эластические волокна преобладают над коллагеновыми; образуют сетевидный каркас

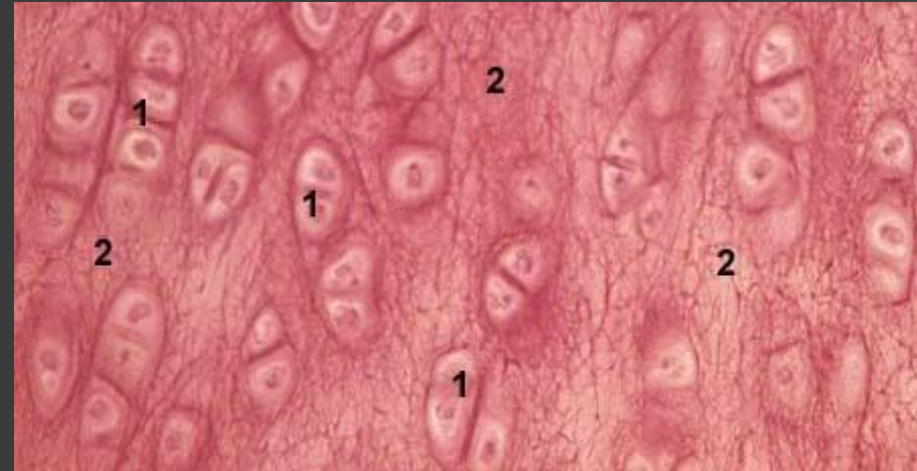
**Аморфный матрикс** содержит меньше сульфатированных ГАГ и не минерализуется

# Эластическая хрящевая ткань:



*Окраска железным гематоксилином*

- 1 - клетки хряща
- 2 - межклеточное вещество



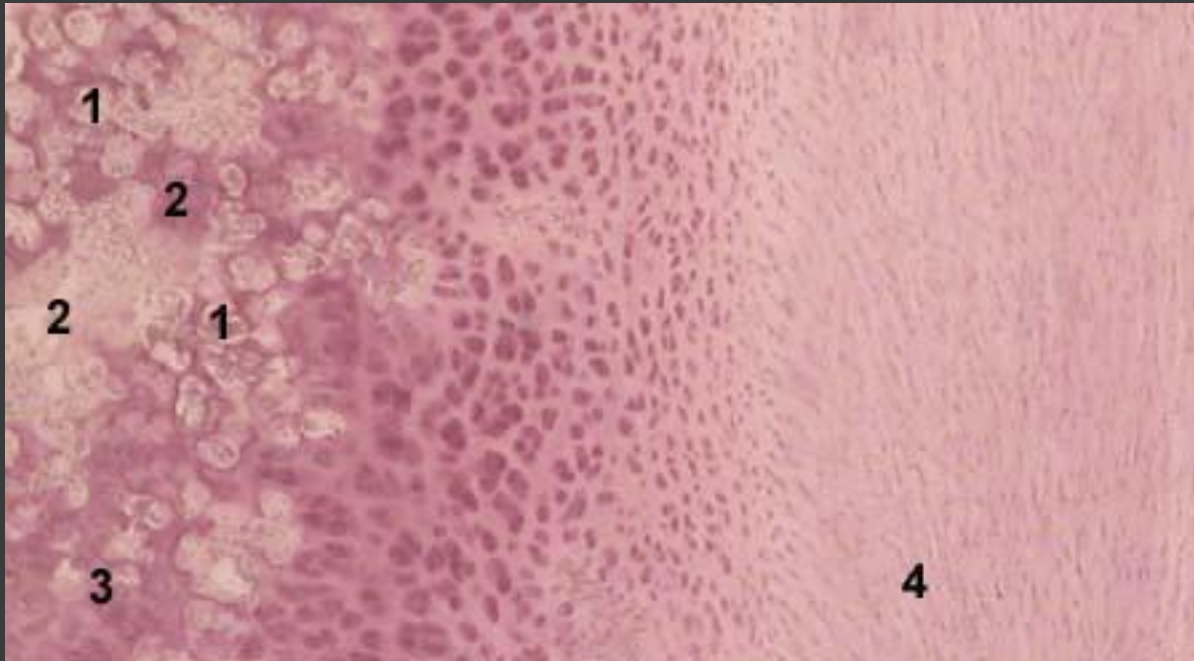
*Окраска орсеином*

- 1 - клетки хряща
- 2 - межклеточное вещество

Эластическая хрящевая ткань встречается в тех органах, где хрящевая основа подвергается изгибам.



# Волокнистая хрящевая ткань:



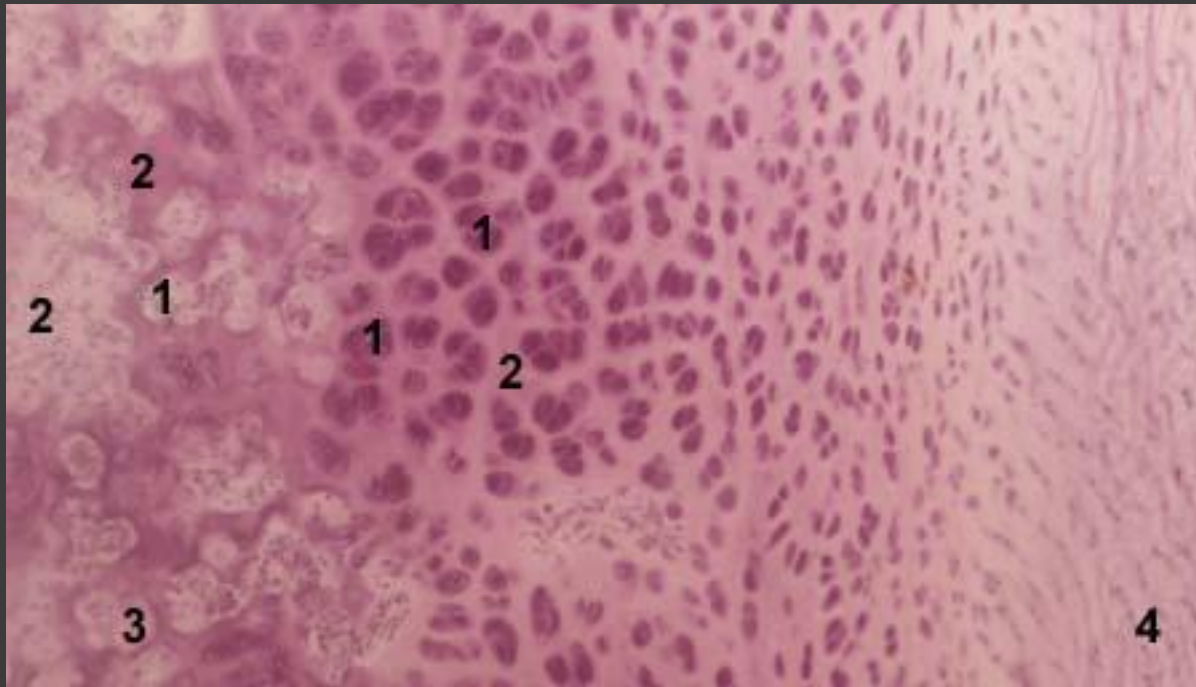
## ВОЛОКНИСТЫЙ ХРЯЩ МЕЖПОЗВОНОЧНОГО ДИСКА

*Окраска гематоксилин-эозином*

- 1 - клетки хряща
- 2 - межклеточное вещество
- 3 - студенистое ядро
- 4 - фиброзное кольцо

Клеточный состав аналогичен клеточному составу гиалинового и эластического хряща. Межклеточное вещество ( в сравнении с гиалиновой хрящевой тканью) - коллагеновые волокна располагаются толстыми параллельными пучками вдоль векторов механической нагрузки и переходят в пучки сухожилий. Аморфный матрикс аналогичен гиалиновому и может минерализоваться

# Волокнистая хрящевая ткань:



## ВОЛОКНИСТЫЙ ХРЯЩ МЕЖПОЗВОНОЧНОГО ДИСКА

*Окраска гематоксилин-эозином*

- 1 - клетки хряща
- 2 - межклеточное вещество
- 3 - студенистое ядро
- 4 - фиброзное кольцо

### **Механические свойства:**

- плотность, упругость, амортизационность
- прочность на разрыв и сжатие
- хрупкость при минерализации

### **Локализация**

- Межпозвоночные диски
- Лонный симфиз
- Зоны прикреплений связок и сухожилий к костям

# Хондрогистогенез:

Хондрогистогенез - это гистогенетический процесс образования, обновления, регенерации, старения хрящевых тканей в онтогенезе

Существует две разновидности хондрогистогенеза:

Эмбриональный, биологический смысл которого заключается в изначальном формировании хрящевых тканей в конце эмбрионального периода

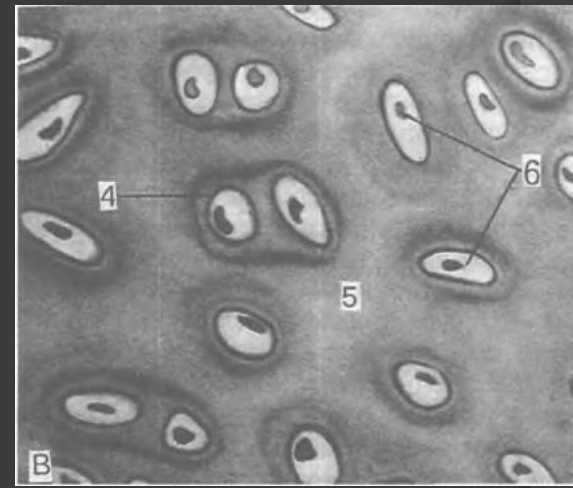
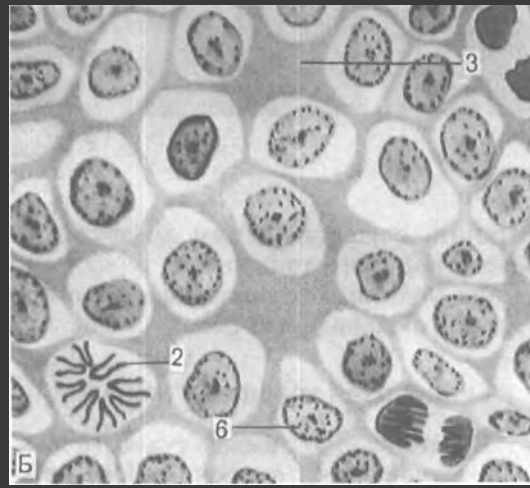
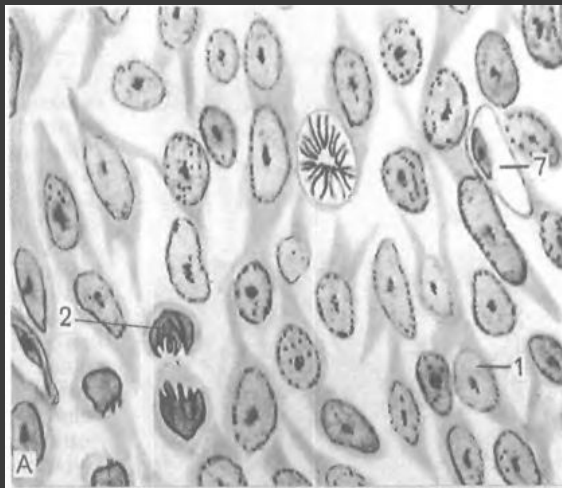
Постэмбриональный, биологический смысл которого заключается в росте, физиологической регенерации, старении хрящевой ткани, протекающей в течение всей жизни человека.

# Хондрогистогенез: Эмбриональный период

Стадия  
хондрогенных  
островков

Стадия первичной  
хрящевой ткани

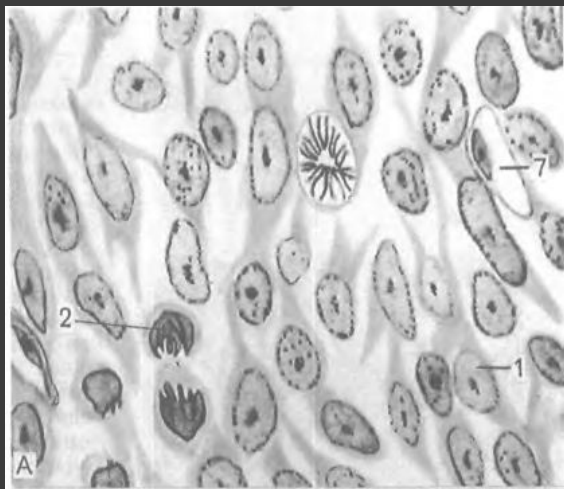
Стадия зрелой  
хрящевой ткани



Развитие гиалиновой хрящевой ткани (схема по Ю. И. Афанасьеву).  
1 — мезенхимные клетки; 2 — митотически делящиеся клетки; 3 —  
межклеточное вещество, 4 — оксифильное межклеточное вещество;  
5 — базофильное межклеточное вещество; 6 — молодые хондроциты.

# Хондрогистогенез: Эмбриональный период

Стадия  
хондрогенных  
островков



Клетки скелетогенной мезенхимы теряют отростки, и группируются в островки



Последовательно превращаются в плюрипотентные клетки скелетной мезенхимы



Превращаются в стволовые клетки хондрогенеза



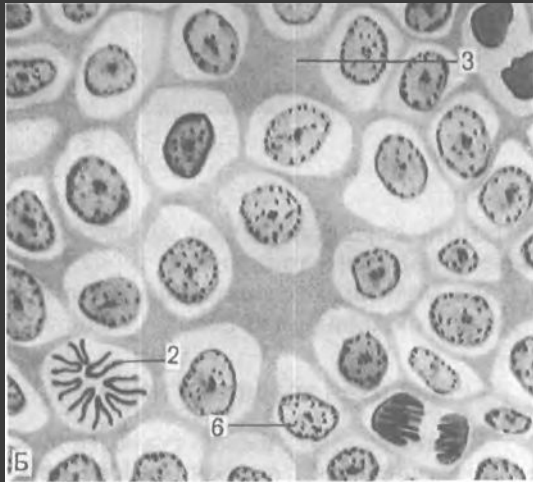
Прехондробласты



Хондробласты

# Хондрогистогенез: Эмбриональный период

## Стадия первичной хрящевой ткани



Хондробласты делятся и частично дифференцируются в хондроциты I типа



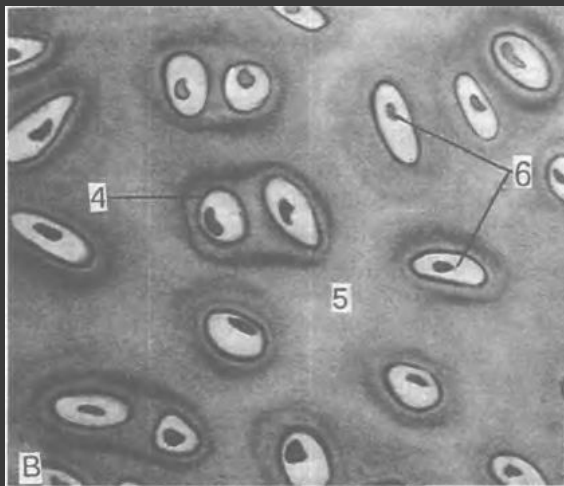
Начинают синтезироваться нефибрилярные белки и несulfанированные гликозаминогликаны



Формируется гелеобразный полужидкий оксифильный матрикс

# Хондрогистогенез: Эмбриональный период

Стадия зрелой  
хрящевой ткани



Хондробласты дифференцируются в хондроциты II типа



Начинают синтезировать фибриллярные белки (коллаген и эластин) и сульфатированные гликозаминогликаны



Интенсифицируется фибрилlogenез коллагеновых и эластических волокон



Формируется гелеобразный упругий базофильный матрикс



Хондроциты «замуровываются» в нем, продолжают делиться и образуют изогенные группы клеток

# Хондрогистогенез:

## Постэмбриональный период

Аппозиционный рост - увеличение массы хрящевой ткани с периферии за счет интенсификации синтеза молодого межклеточного вещества хондробластами и хондроцитами I-го типа

Интерстициальный рост - увеличение массы хрящевой ткани «изнутри» за счет интенсификации синтеза компонентов зрелого межклеточного вещества хондроцитами II- типа в изогенных группах