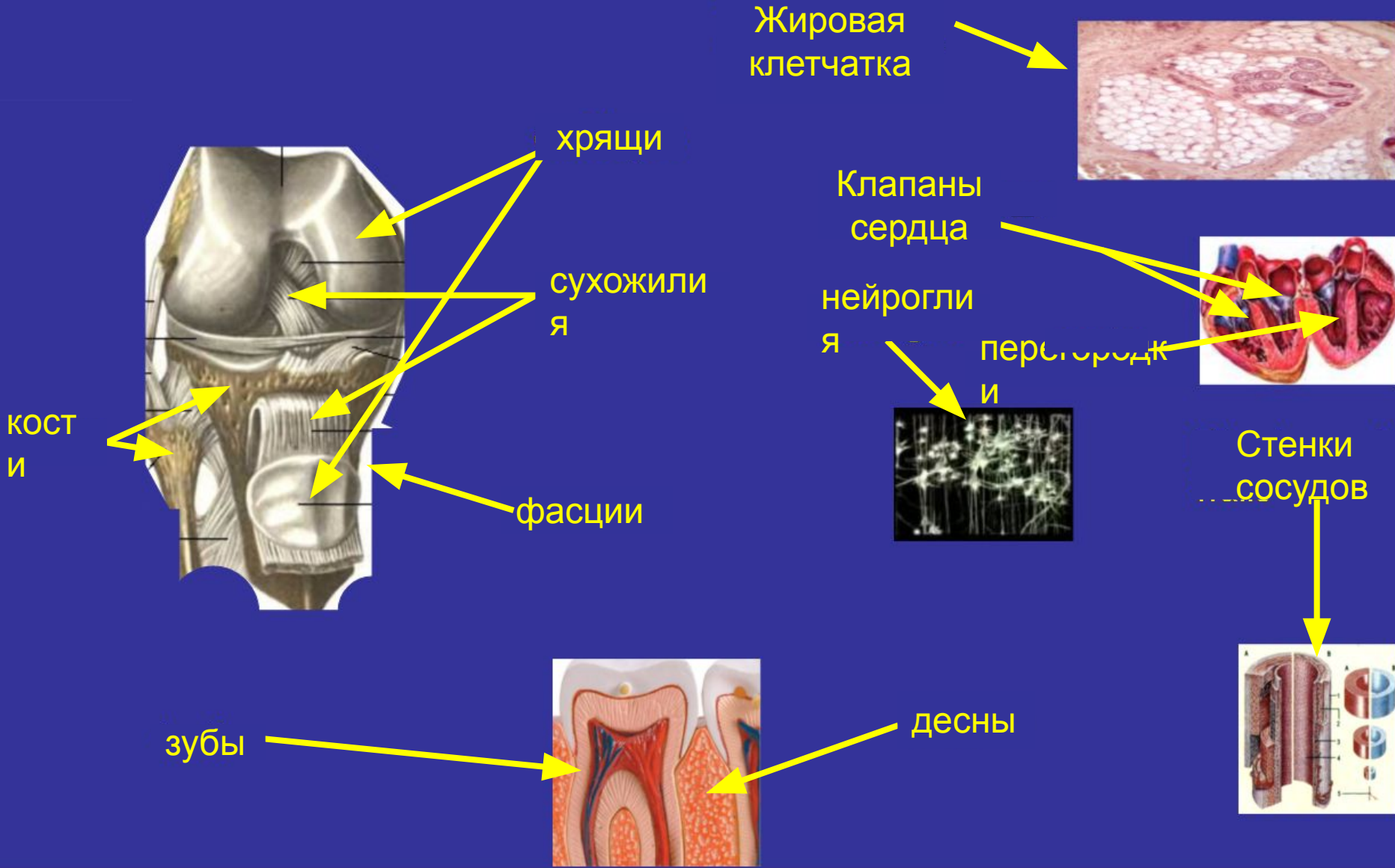


Лекция -7

БИОХИМИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ.

Структурные разновидности соединительной ткани



ФУНКЦИИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

- 1. Структурная**
- 2. Универсальный биологический клей**
- 3. Обеспечение постоянства тканевой проницаемости**
- 4. Обеспечение водно-солевого равновесия**
- 5. Защитная функция**
- 6. Депонирующая функция**

РЫХЛАЯ СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ

МЕЖКЛЕТОЧНОЕ ОСНОВНОЕ ВЕЩЕСТВО

ГЛИКОПРОТЕИНЫ

фибронектин,
ламелин,
интегрин

ПРОТЕОГЛИКАНЫ

агрекан,
малые протеоглики

ВОЛОКНИСТЫЕ СТРУКТУРЫ

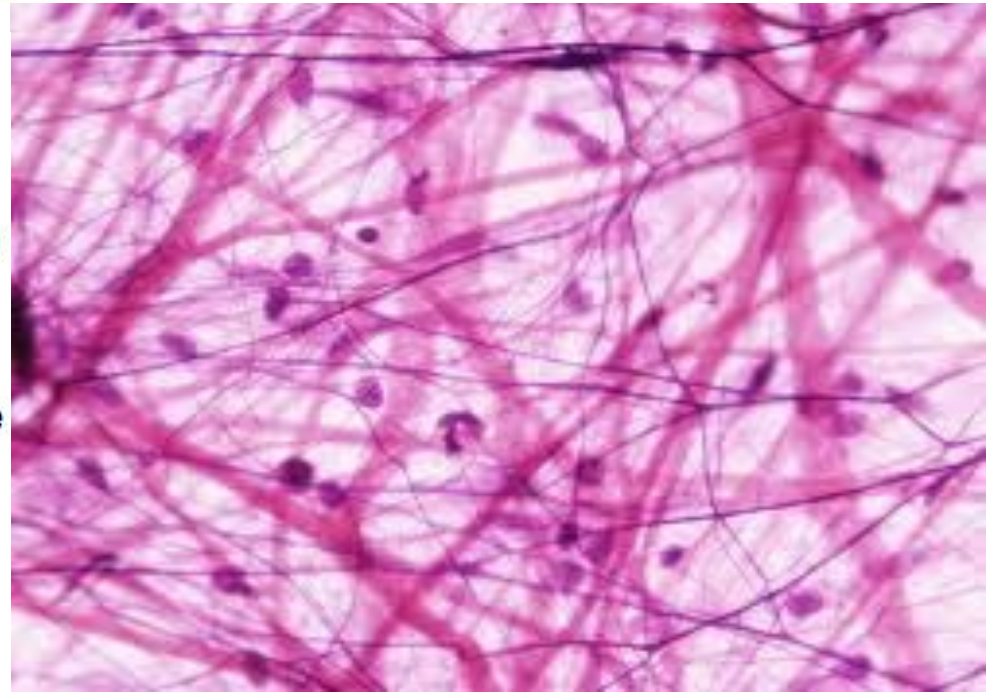
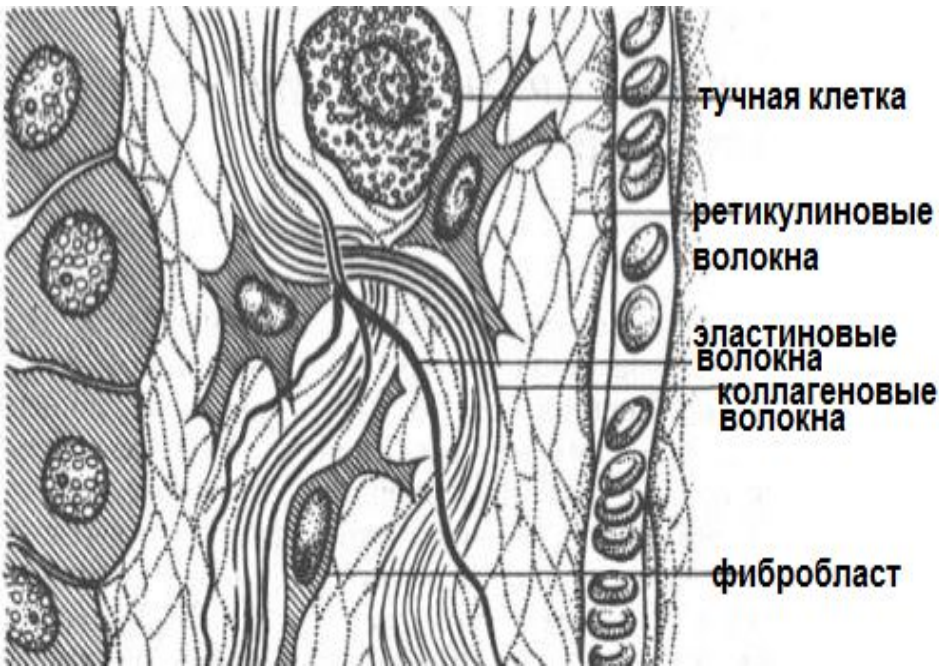
коллагеновые
и
эластиновые
волокна

КЛЕТКИ

фибробласты,
мезенхимальные кл.,
тучные клетки,
макрофаги,
лимфоциты

МЕЖКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС

сложный комплекс связанных между собой макромолекул,
составляющий не клеточную структуру соединительной ткани,
секретируемый клетками соединительной ткани.



Значение внеклеточного матрикса

- Продвижение клеток во время эмбриогенеза,
- Острые и хронические воспаления,
- Проблема метастазирования опухолевых клеток,
- Коллагенозы, связанные с генетическими нарушениями обмена молекул матрикса,
- Старение и проблемы косметологии.

Основные белки соединительной ткани:

- Коллаген,
- Эластин,
- Гликопротеины,
- Протеогликаны.

Коллаген

Самый распространенный белок (25-33% всех белков организма)

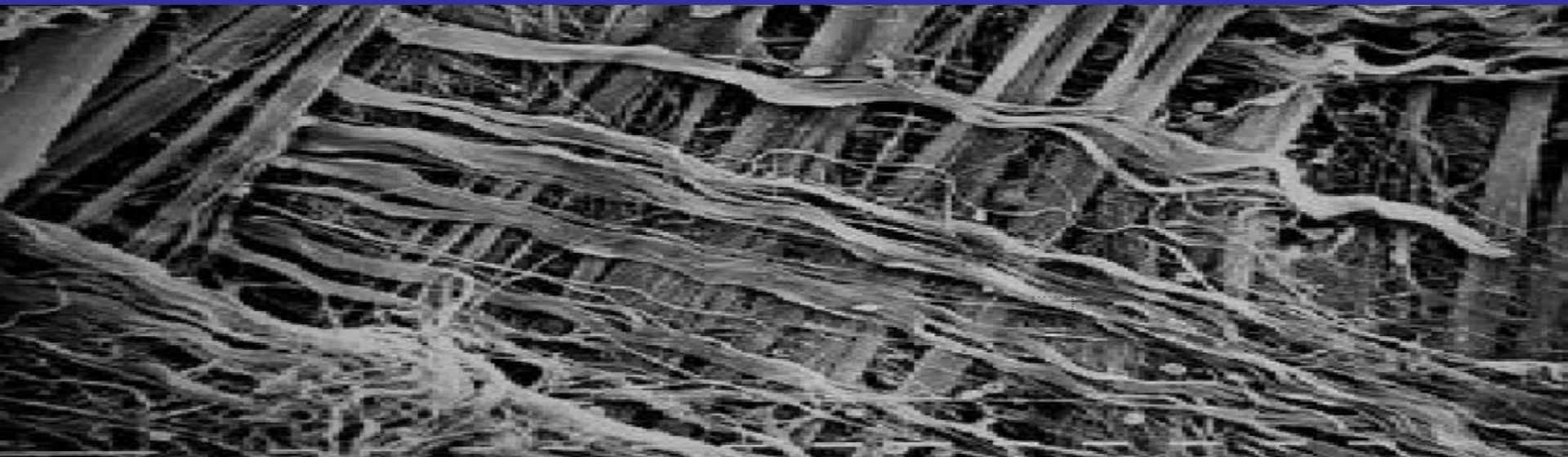
Входит в состав коллагеновых волокон

Самый прочный белок

Водонерастворимый, но набухающий белок

Мультимерный белок(субъединица–тропоколлаген)

Выполняет структурную и минерализующую функцию



Первичная структура коллагена

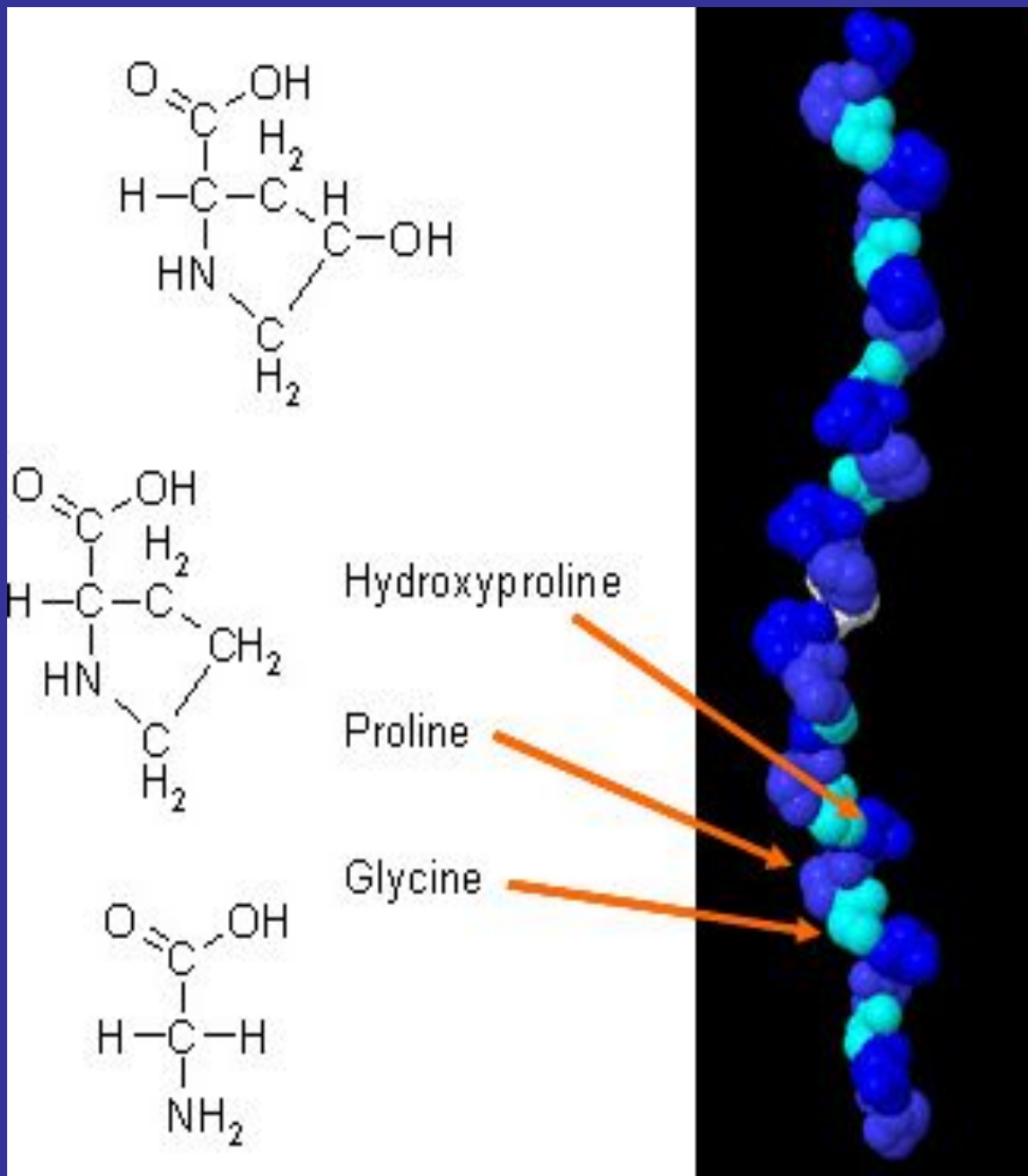
- мало или совсем нет триптофана, цистеина
- каждая третья аминокислота– глицин,
- содержание пролина и гидроксипролина колеблется от 14 до 23%,
- высока доля лизина и гидроксизина
- [гли-про-Х], где Х – какая-либо из остальных аминокислот.



Вторичная структура коллагена

левозакрученная α -спираль.

На один виток спирали приходится **3** а.а остатка, а не **3,6**, как это характерно для вторичной структуры глобулярных белков.

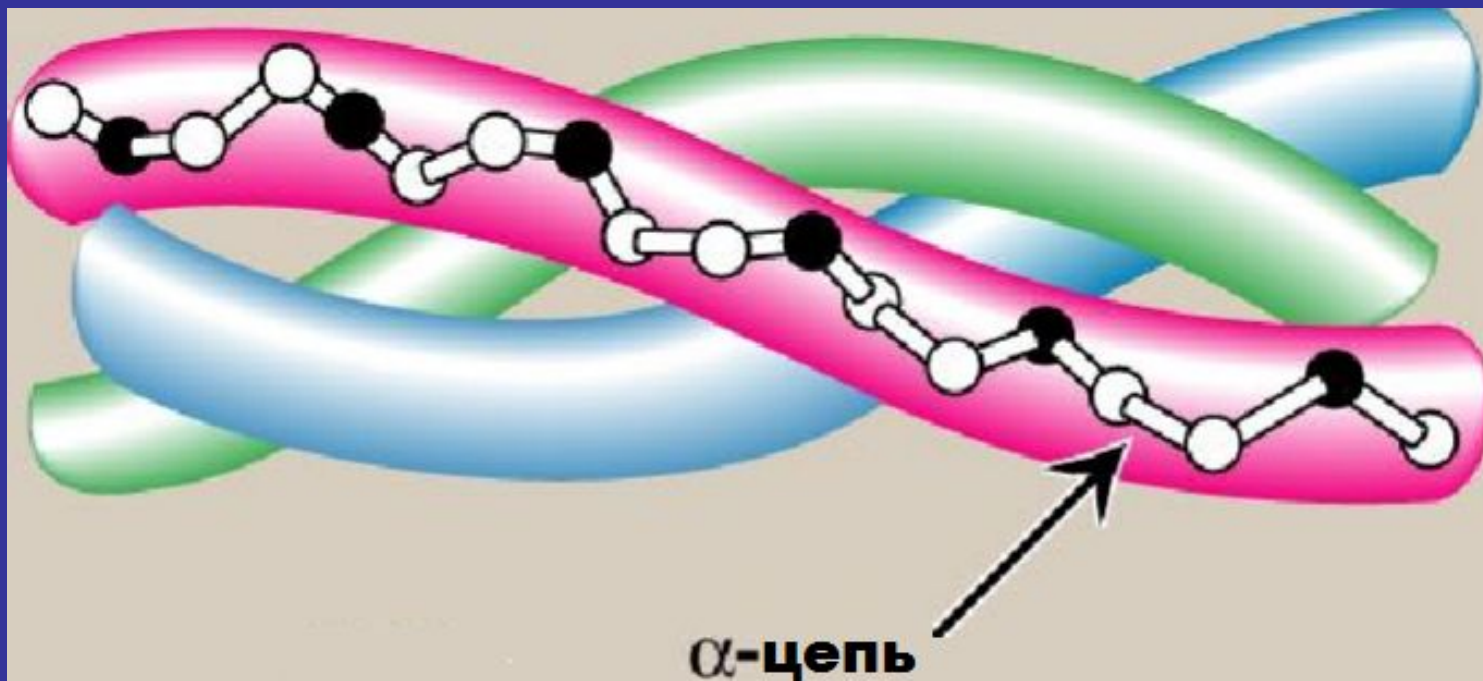


Третичная структура коллагена

Коллаген – мультимерный белок

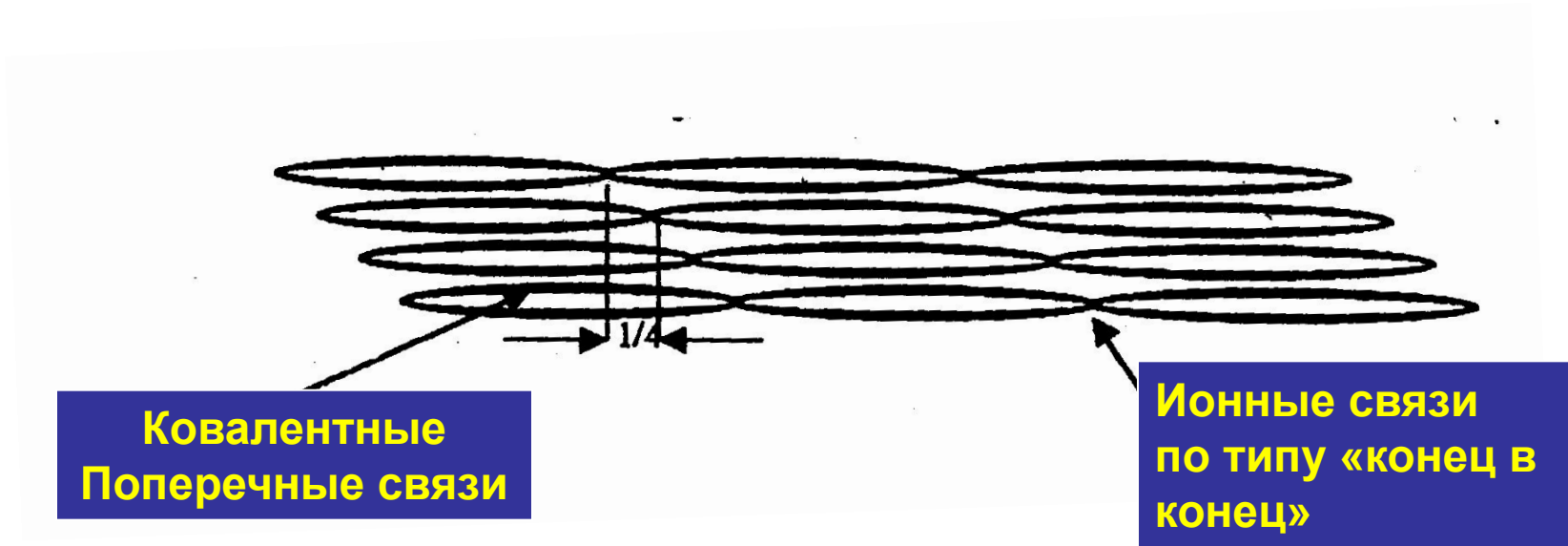
Субъединицей коллагена является

тропоколлаген- правозакрученная спираль из трёх α -цепей, соединенных друг с другом водородными связями за счет остатков гидроксипролина (тройная спираль)



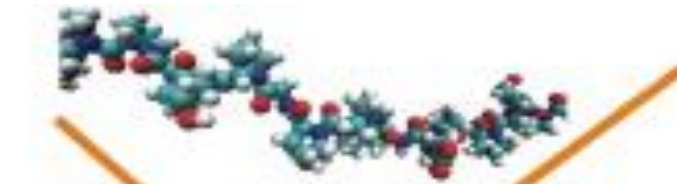
Четвертичная структура коллагена

способ укладки молекул тропоколлагена в пространстве в виде фибриллярных структур



УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КОЛЛАГЕНА

полипептидная
цепь
~1 nm



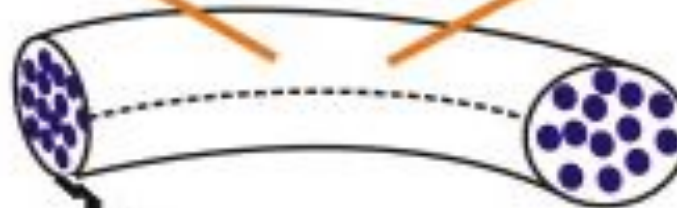
молекула
тропоколлагена
~300 nm



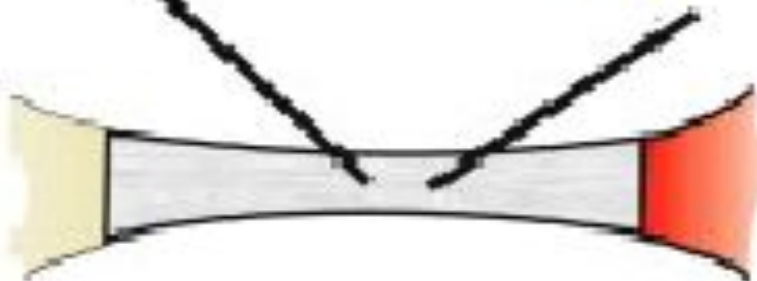
коллагеновые
фибриллы
~1 μm



коллагеновое
волокно
~10 μm



сухожилие
~1 cm





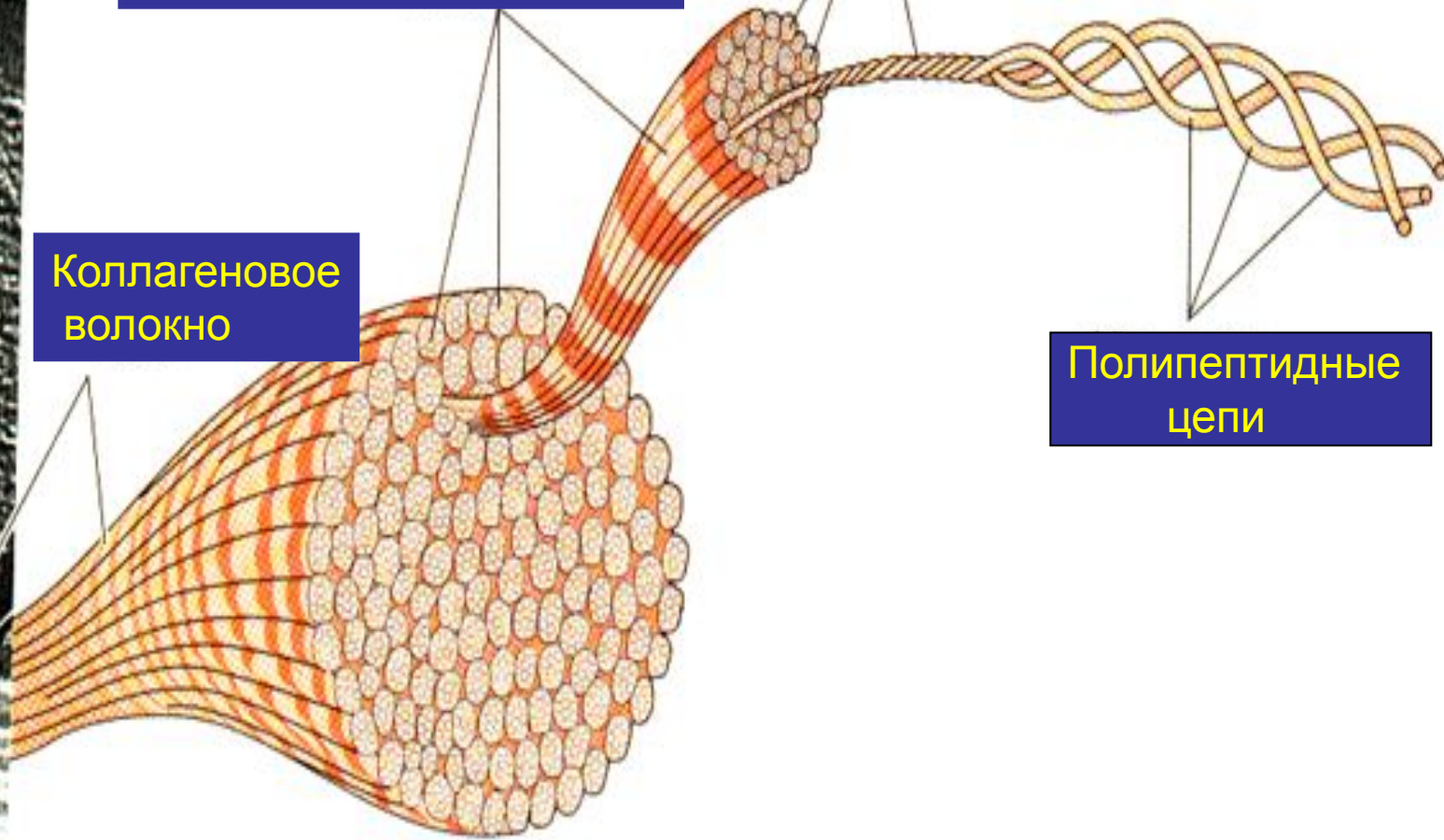
0.5 μm

Коллагеновые фибриллы

Коллагеновое волокно

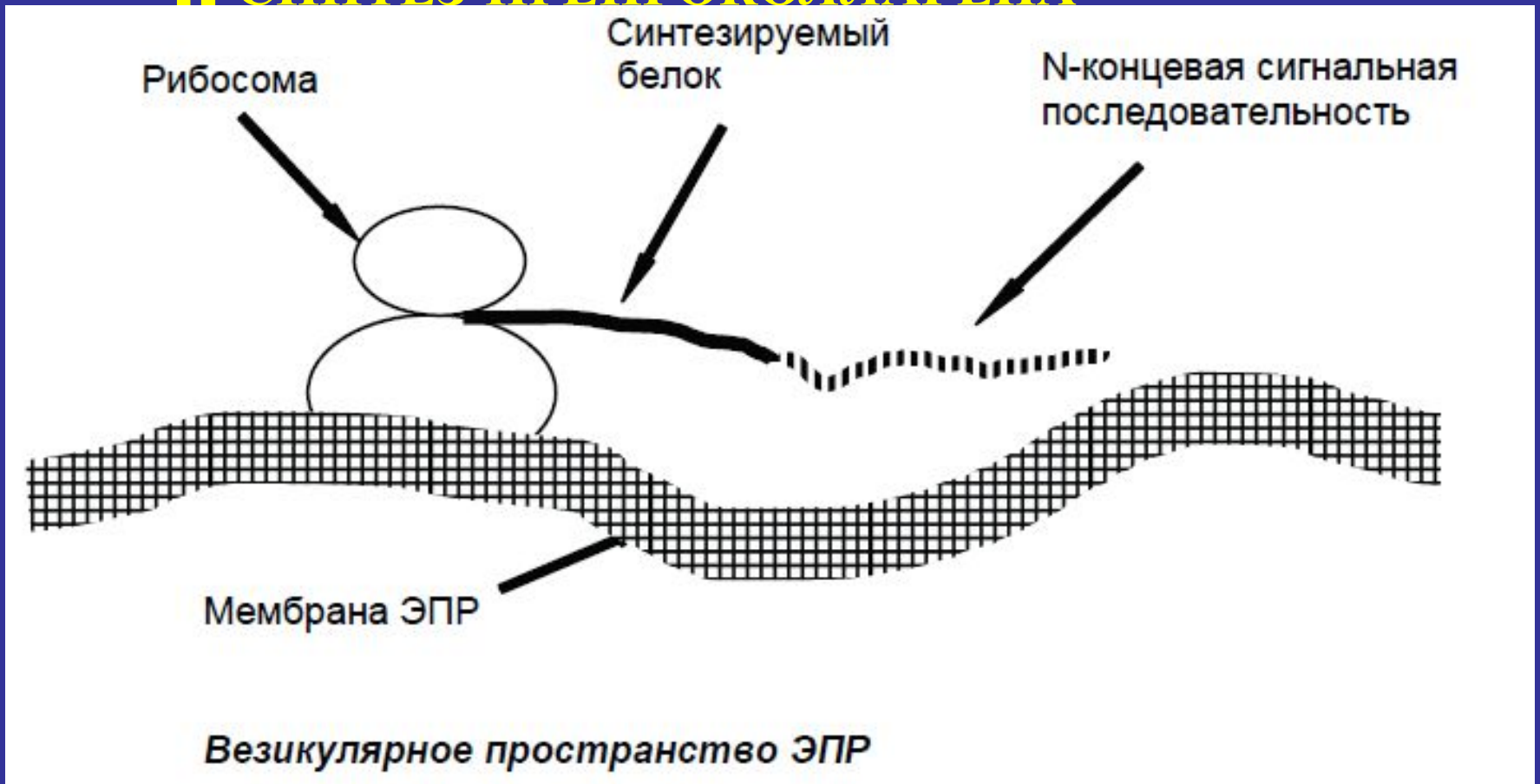
Тропоколлагеновые молекулы (тройная спираль)

Полипептидные цепи



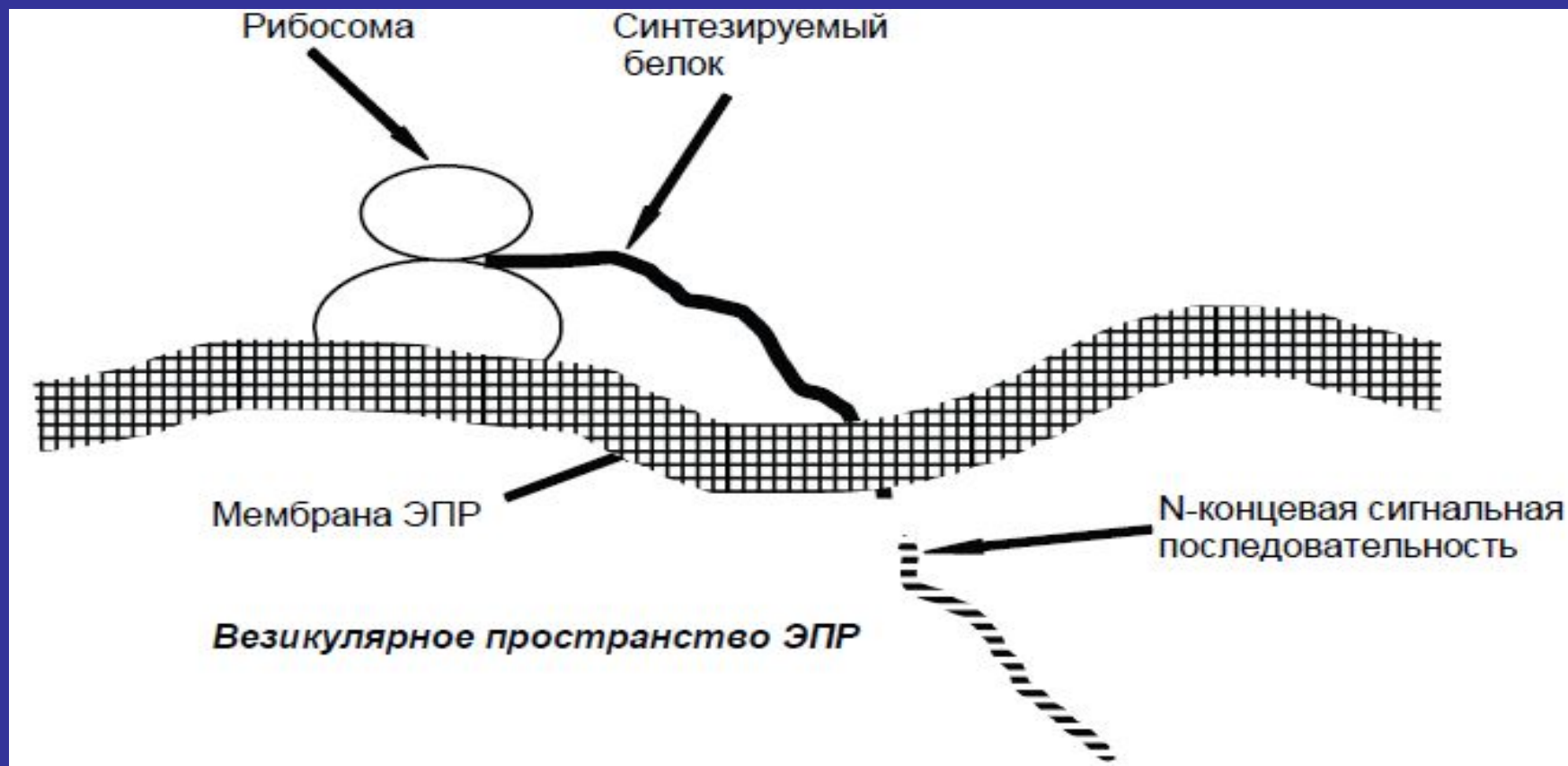
Синтез и процессинг коллагена в фибробластах соединительной ткани

1. СИНТЕЗ ПРЕПРОКОЛЛАГЕНА



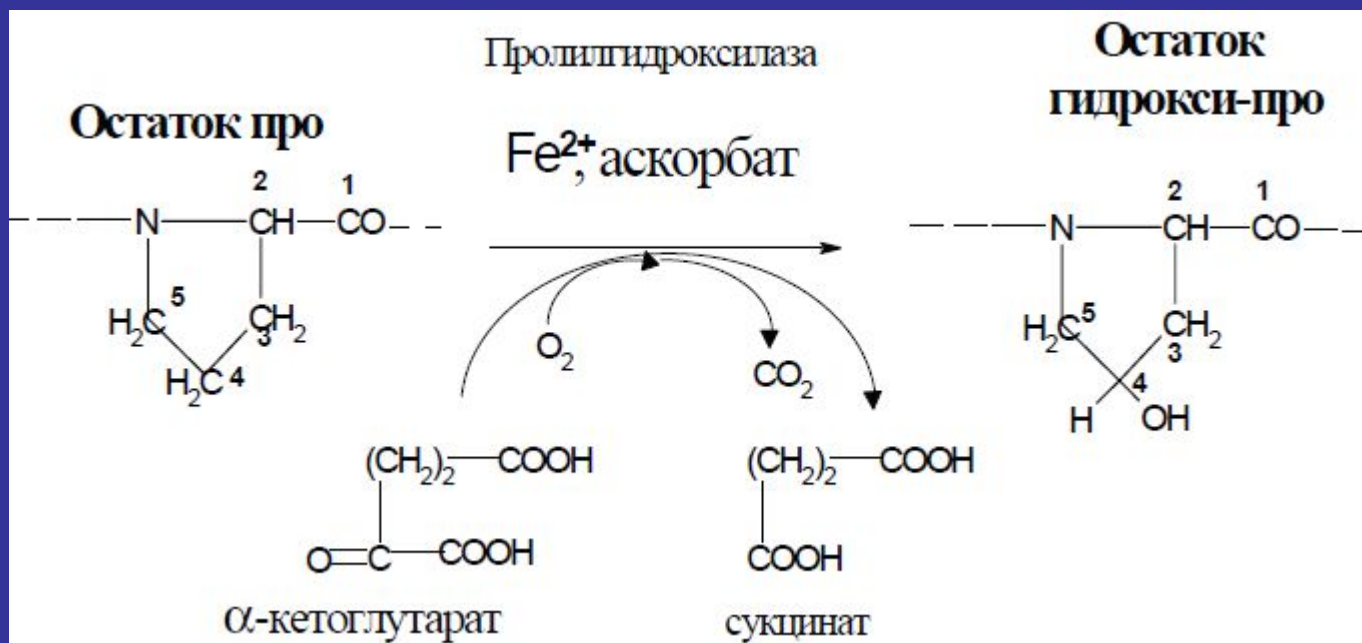
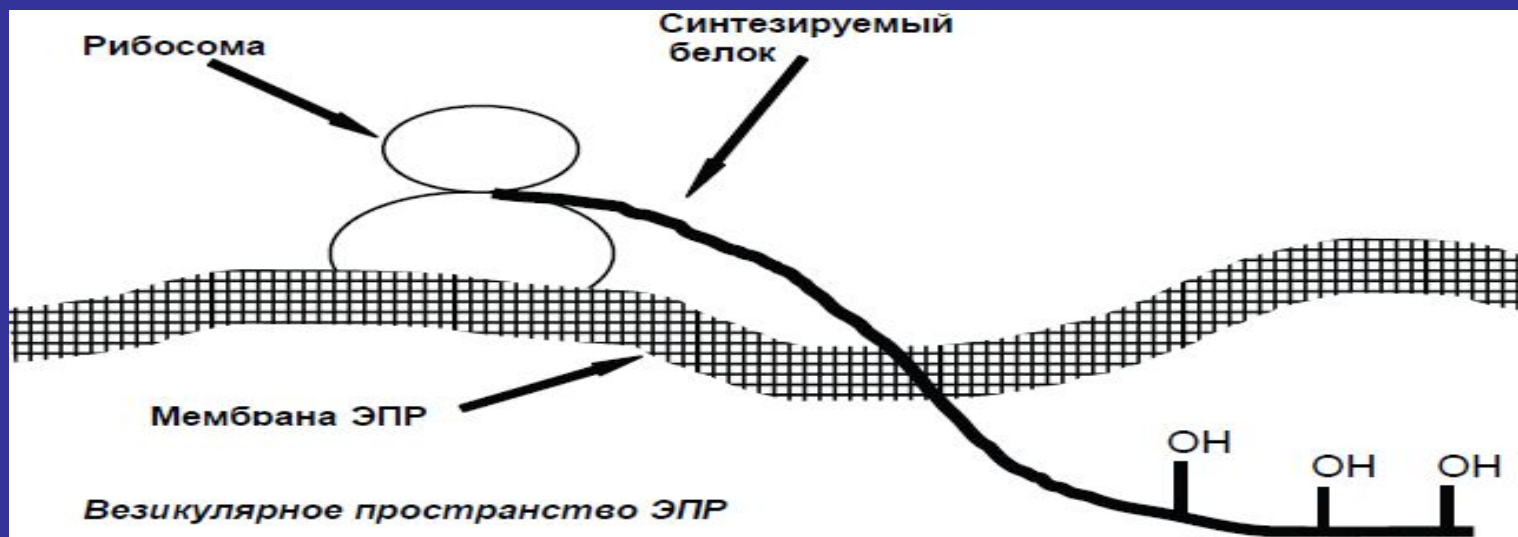
Молекула-предшественник- препроколлаген, содержащий на N-конце сигнальную последовательность, состоящую из 100 аминокислотных остатков, синтезируется на прикрепленных к эндоплазматическому ретикулуму рибосомах.

2. ТРАНСПОРТ В ЭПР, ГИДРОЛИТИЧЕСКОЕ ОТЩЕПЛЕНИЕ СИГНАЛЬНОГО ПЕПТИДА

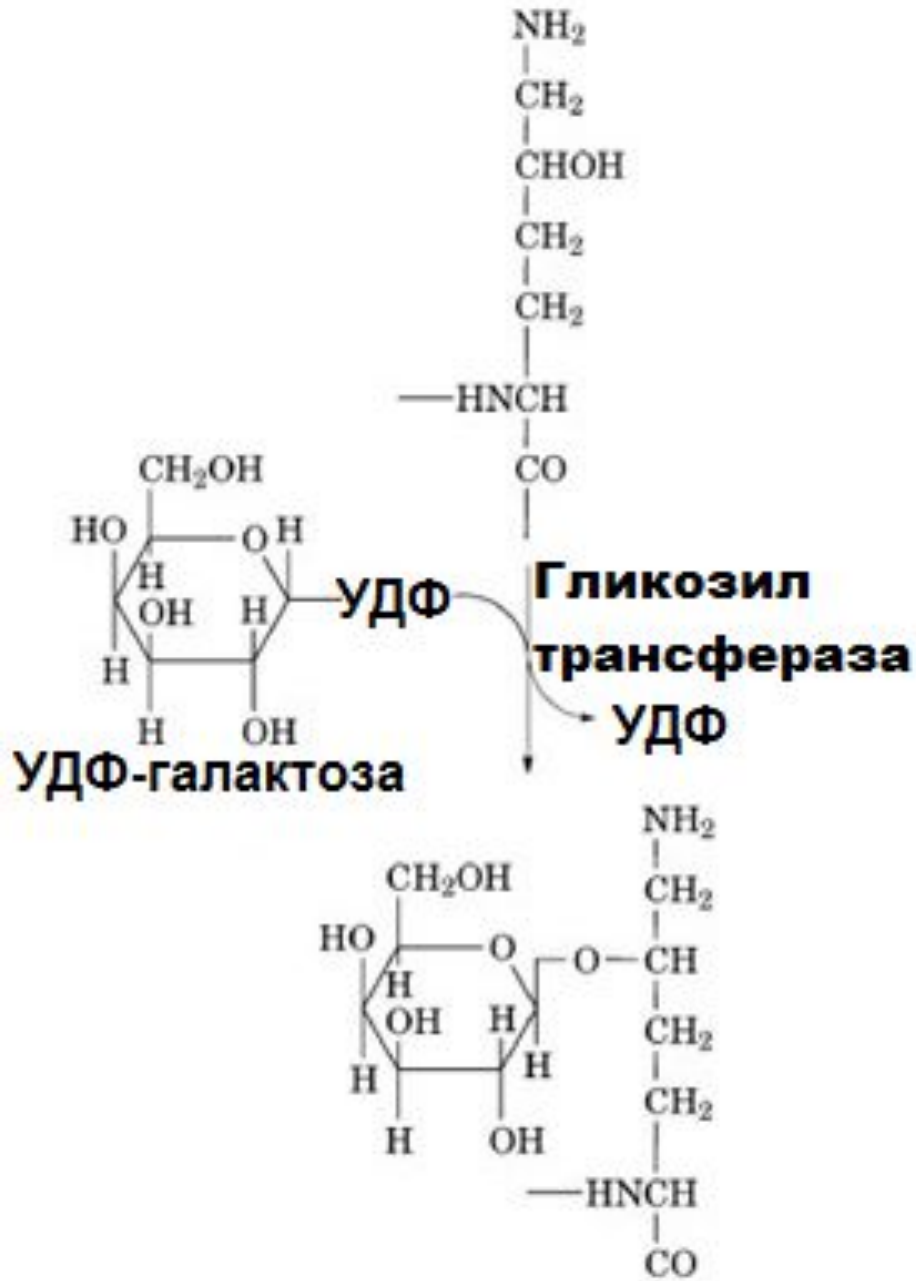


После проникновения в пространство эндоплазматического ретикулума, происходит отщепление сигнальной последовательности под действием специфической протеиназы. Образуется проколлаген.

3. ГИДРОКСИЛИРОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ ОСТАТКОВ ПРОЛИНА И ЛИЗИНА



4. ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ ОСТАТКОВ ГИДРОКСИЛИЗИНА



Углеводные остатки связываются с **5-ОН-** группами гидроксилизина **О-гликозидными** связями.

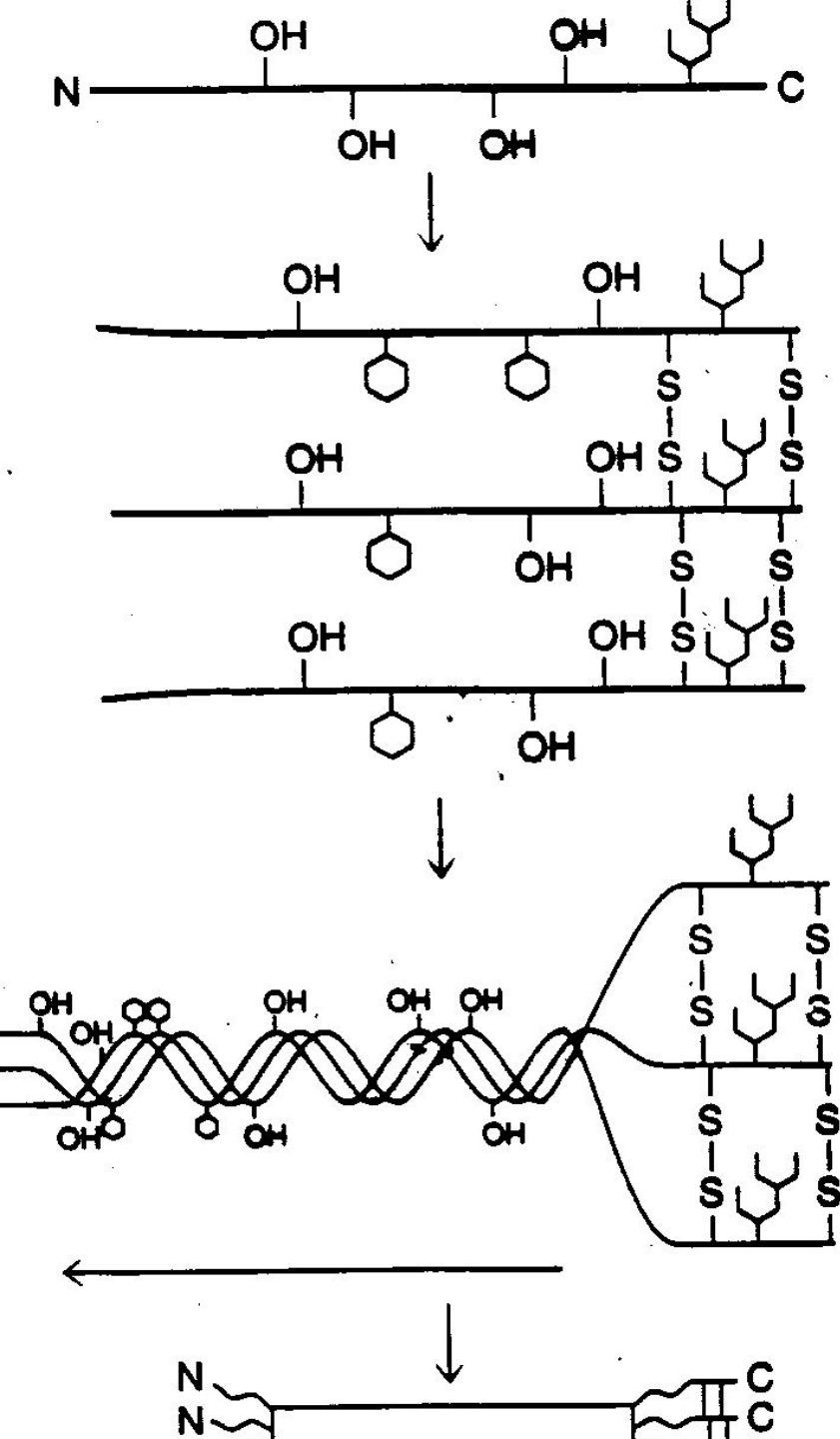
Чаще всего углеводными компонентами являются галактоза или дисахарид галактозилглюкоза.

5. ОБРАЗОВАНИЕ ТРОЙНОЙ СПИРАЛИ ПРОКОЛЛАГЕНА

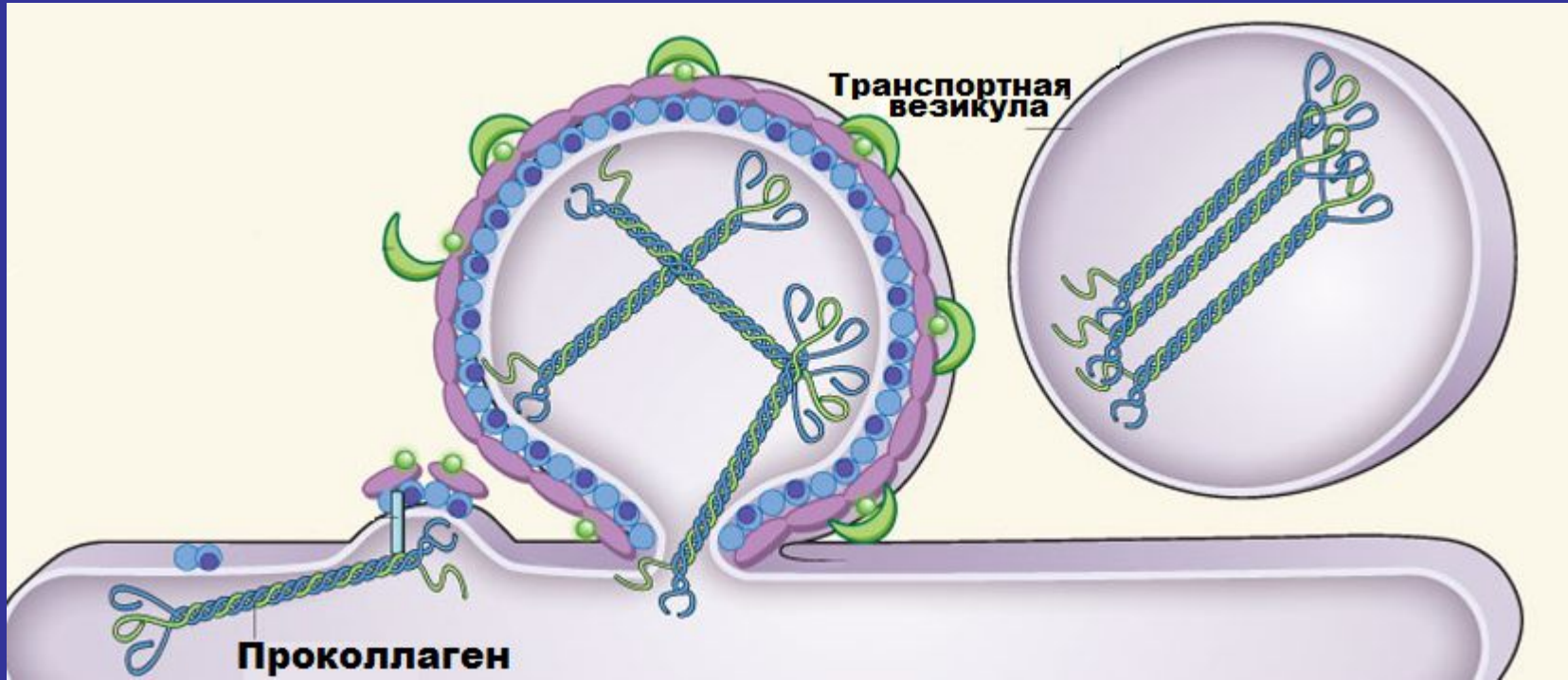
включает несколько процессов:

а) Между С-концевыми последовательностями полипептидных цепей формируются межцепочечные дисульфидные связи

б) Каждая пептидная цепь проколлагена соединяется водородными связями с двумя другими цепями образуя тройную спираль проколлагена

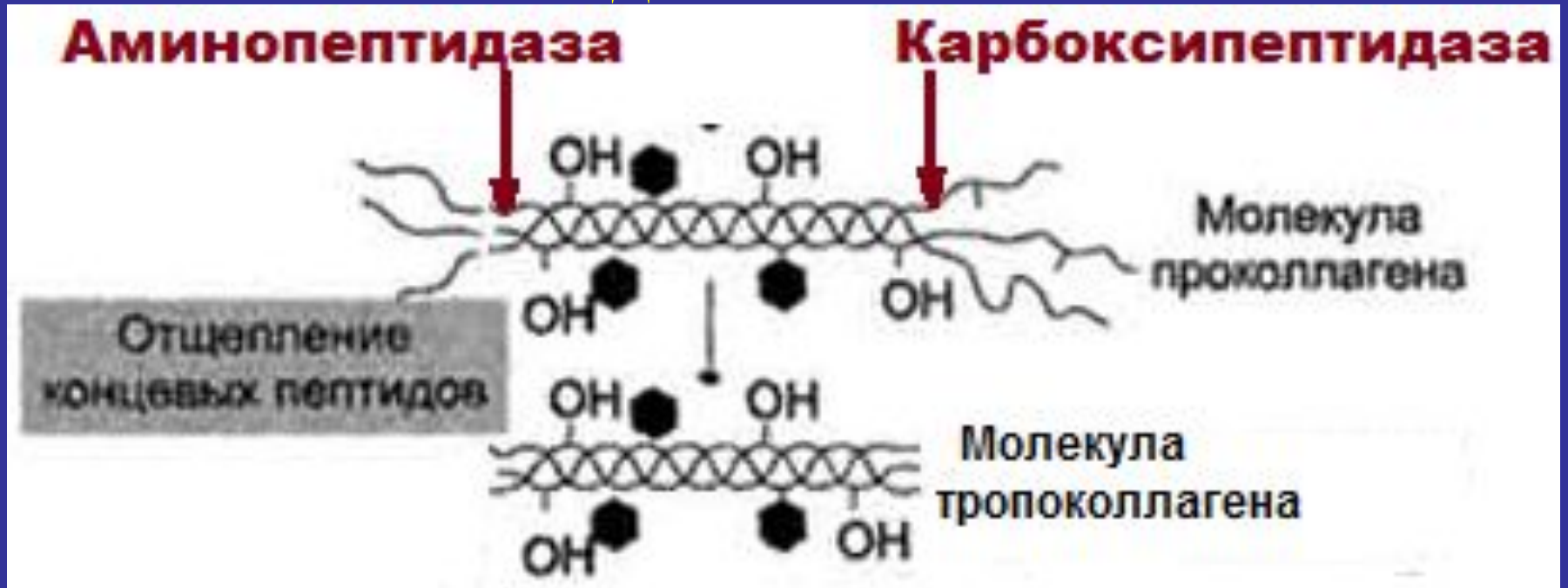


6. СЕКРЕЦИЯ В МЕЖКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС



После завершения внутриклеточного процессинга молекулы гликозилированного проколлагена перемещаются к наружной поверхности клетки через комплекс Гольджи, включаются в секреторные пузырьки и секретируются в межклеточное пространство экзоцитозом.

7. ОТЩЕПЛЕНИЕ С- и N-КОНЦЕВЫХ ПЕПТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

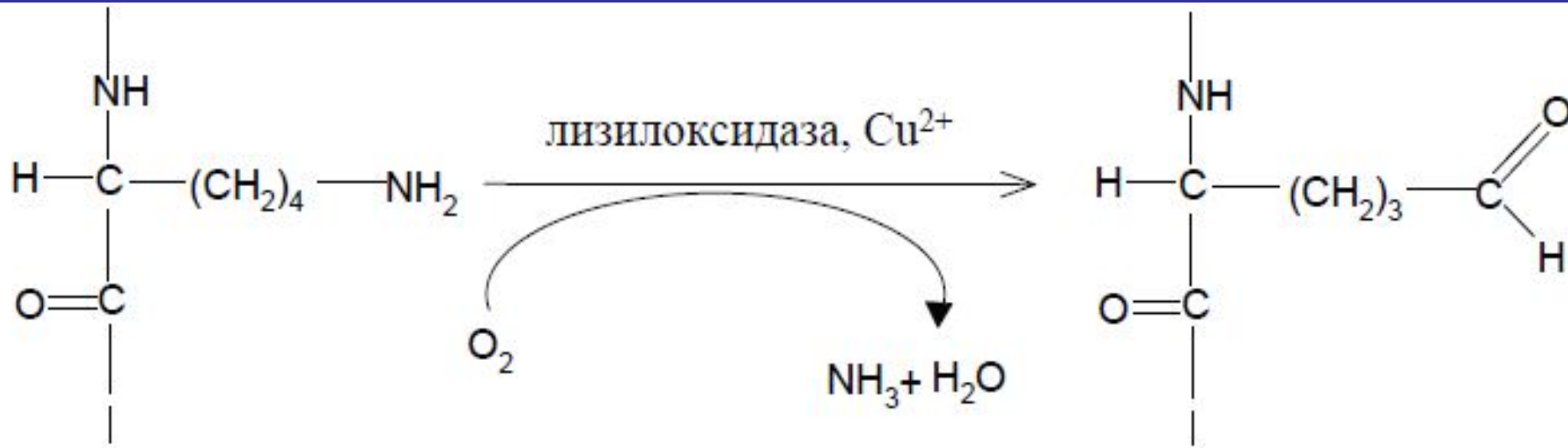


Внеклеточные специфичные проколлагенпептидазы

(амино- и карбоксипептидазы), отщепляют на **N-** и **C-** концах последовательности аминокислот с молекулярной массой **20** и **30-35** кДа, в результате чего образуются молекулы тропоколлагена

8. ОБЪЕДИНЕНИЕ МОЛЕКУЛ ТРОПОКОЛЛАГЕНА

- а) Самопроизвольное объединение молекул тропоколлагена по типу «конец в конец» (ионные связи)
- б) Ковалентное объединение молекул тропоколлагена по типу «бок о бок» (кислород, Cu^{2+} , лизилоксидаза) с образованием нерастворимого коллагена.



Остаток лизина

Остаток аллизина

Образовавшиеся альдегиды участвуют в формировании ковалентных связей между собой, а также с другими остатками лизина или гидроксизина соседних молекул тропоколлагена, и в результате возникают поперечные сшивки, стабилизирующие фибриллы коллагена

СИНТЕЗ И ПРОЦЕССИНГ КОЛЛАГЕНА

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ЭТАПЫ

1. Синтез препроколлагена

ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ

2. Транспорт в ЭПР, гидролитическое отщепление сигнального пептида

проколлаген

3. Гидроксилирование пролина и лизина

4. Гликозилирование гидроксилизина

5. Образование тройной спирали проколлагена

6. Секреция в межклеточный матрикс

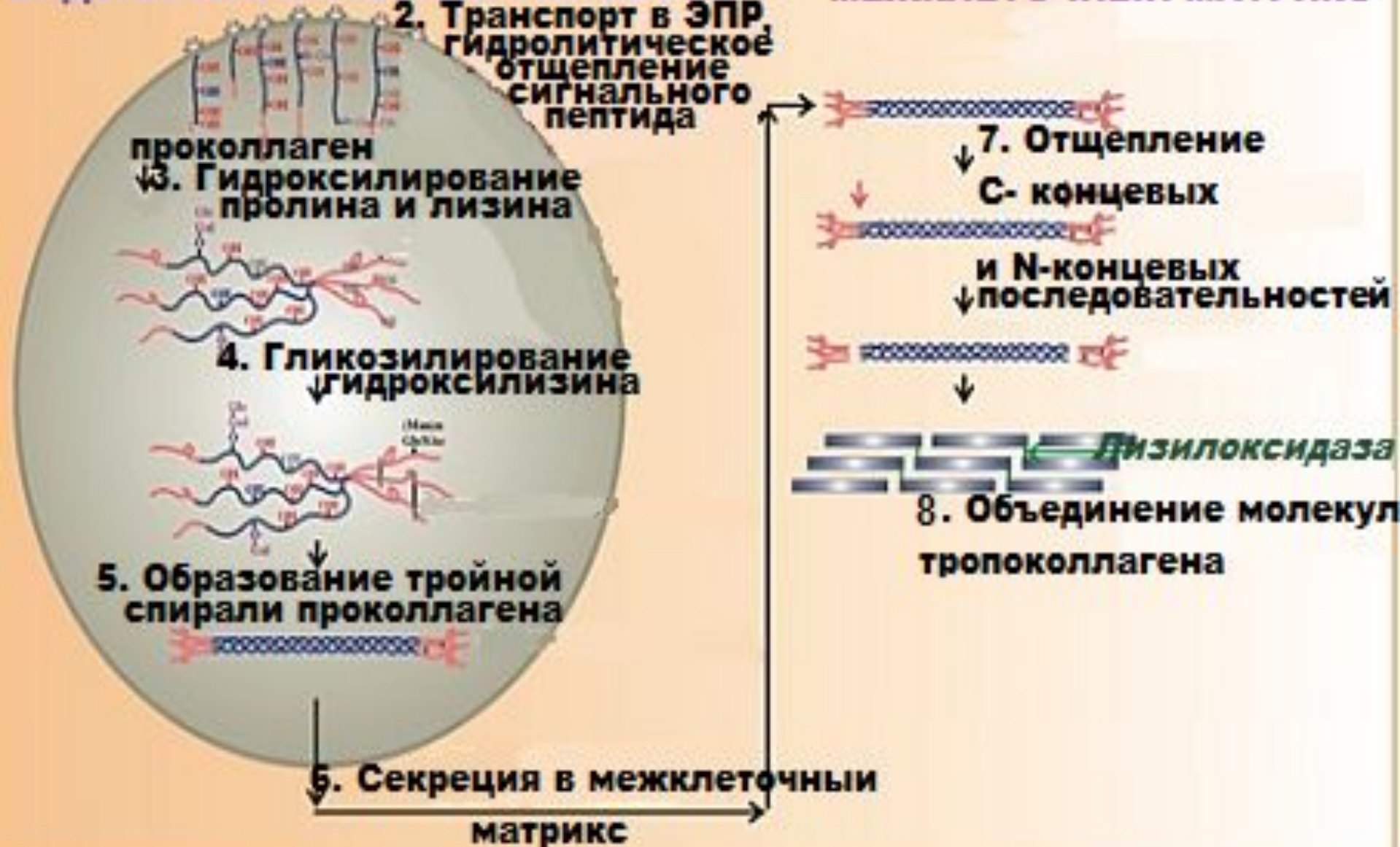
ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ЭТАПЫ

МЕЖКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС

7. Отщепление C-концевых и N-концевых последовательностей

Лизилоксидаза

8. Объединение молекул тропоколлагена



КАТАБОЛИЗМ КОЛЛАГЕНА

РАЗРУШЕНИЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ ВОЛОКОН

ПОД ДЕЙСТВИЕМ

АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА

КОЛЛАГЕНАЗ

ТКАНЕВЫХ

БАКТЕРИАЛЬНЫХ

синтезируются клетками
соединительной ткани

синтезируется микроорганизмами
(возбудитель газовой гангрены)

металлозависимые ферменты,
содержат Zn^{2+} в активном центре

В результате распада коллагена в крови и моче появляется свободный гидроксипролин.

Гидроксипролин - маркер скорости распада коллагена.

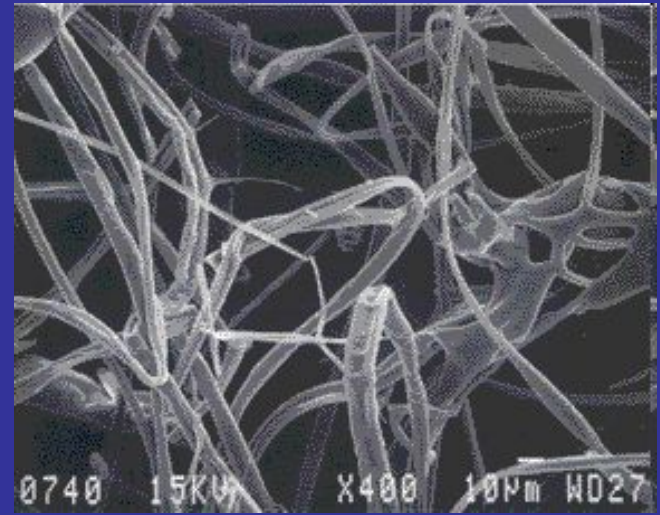
10-20 лет=до 200 мг/сут пожилые=20мг/сут гиперпаратиреоз, коллагенозы, нек.инфекционные заболевания, дефект гидроксипролиноксидазы

>1 г/сут

РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА КОЛЛАГЕНА



Эластин - основной белок эластических волокон, которые содержатся в межклеточном веществе кожи, стенок кровеносных сосудов, связок, лёгких, желчного пузыря, мочевого пузыря, кишечника, (тканей, которые могут растягиваться).



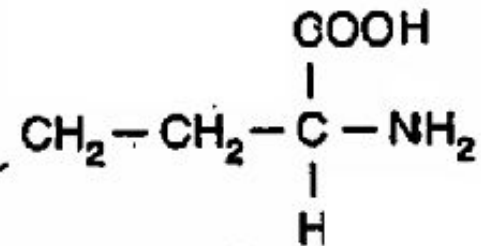
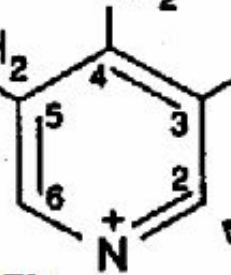
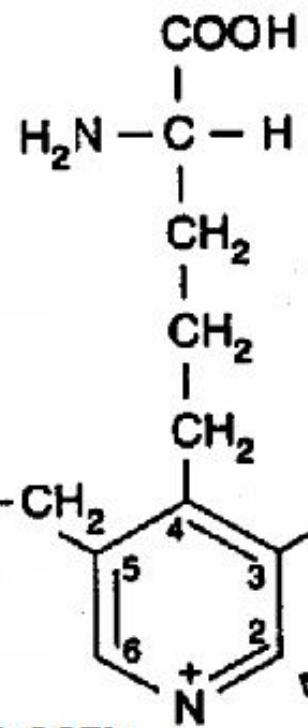
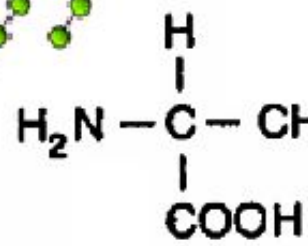
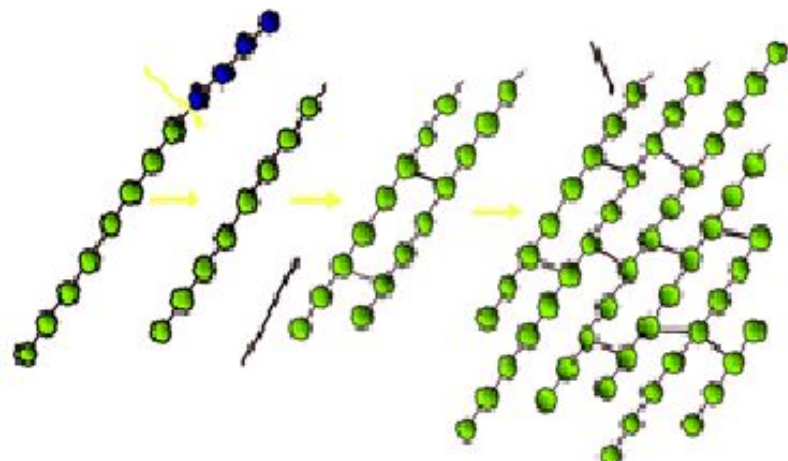
- преобладают аминокислоты с неполярными радикалами: **глицин, валин, аланин**

- много пролина и лизина

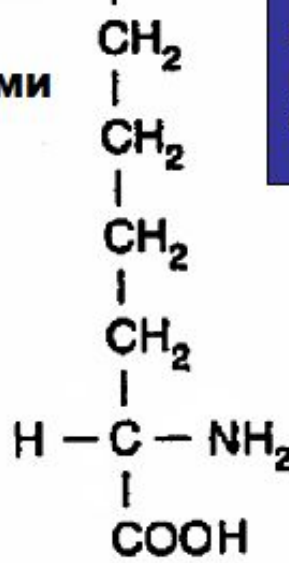
- нет гидроксипролина

- мало гидроксипролина

- не формируют регулярные вторичную и третичную структуры



В изодесмозине боковая цепь мигрирует из положения C₄ в положение C₂



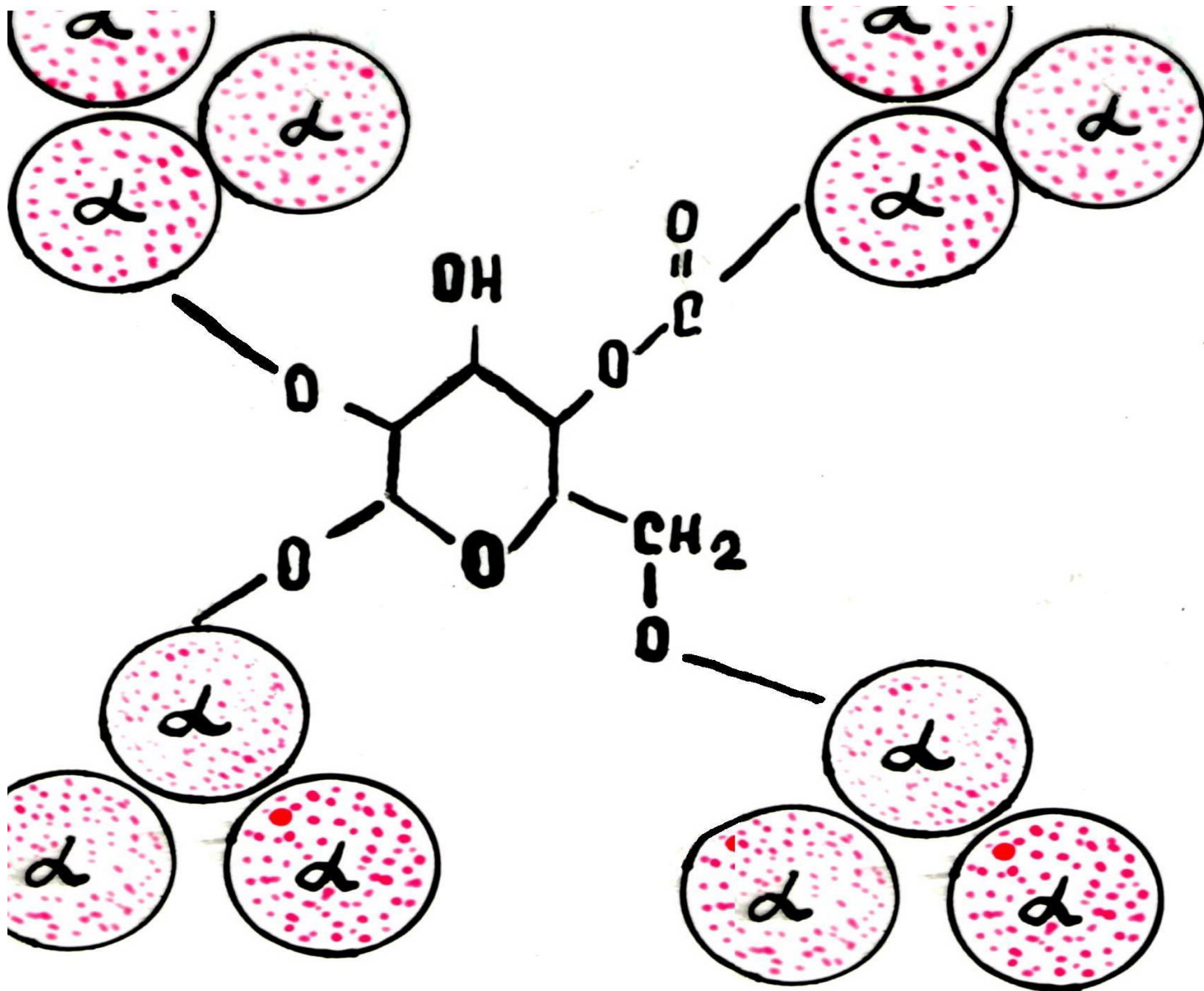
Десмозин

Пептидные цепи эластина связаны поперечными сшивками в разветвлённую сеть.

Десмозин- структура, образованная остатками лизина четырёх пептидных цепей.

В образовании сшивок участвует медьзависимая лизилоксидаза.

Молекулярная организация эластиновой структуры



Коллаген

Эластин

Много генетических типов

Один генетический тип

Тройная спираль

Нет тройной спирали

Фибриллярный белок

Глобулярный белок

(Гли-про-Х)_n повторы

Нет подобных повторов

Наличие гидроксилизина

Отсутствие гидроксилизина

Углевод-содержащие
межмолекулярные
альдольные поперечные
сшивки

Углеводный компонент
отсутствует. Поперечные
сшивки образуются за счет
десмозина и изодесмозина

Образование растяжимых
пептидов во время биосинтеза

Никаких растяжимых пептидов
не образуется во время
биосинтеза

БЕЛКИ ОСНОВНОГО ВЕЩЕСТВА СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

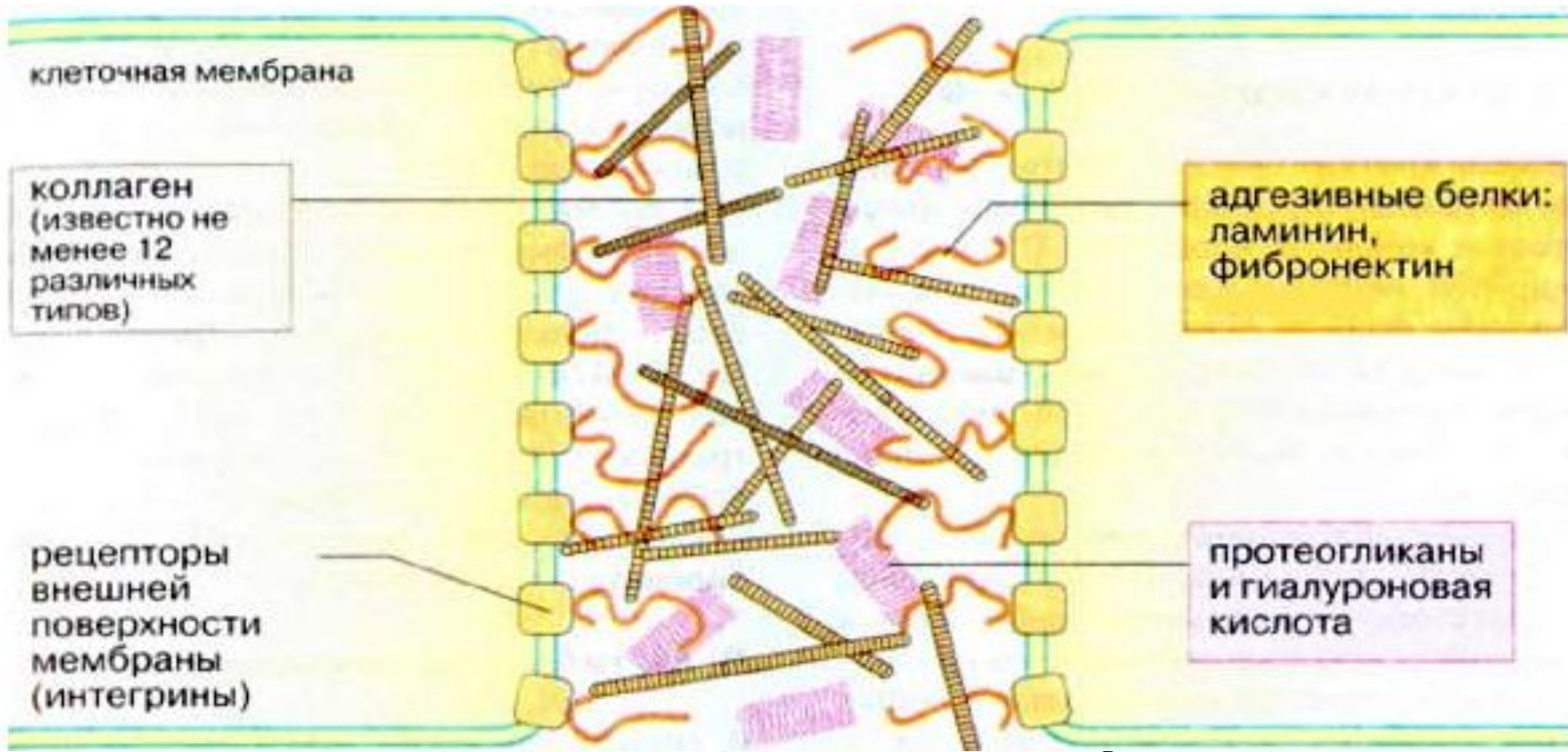


ГЛИКОПРОТЕИНЫ

40% углеводы (моно- или олигосахариды)
60% белок

ПРОТЕОГЛИКАНЫ

95% углеводы (гликозаминогликаны)
5% белок



клеточная мембрана

коллаген
(известно не менее 12 различных типов)

рецепторы внешней поверхности мембраны (интегрины)

адгезивные белки: ламинин, фибронектин

протеогликаны и гиалуроновая кислота

ГЛИКОПРОТЕИНЫ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ



ОБЛАДАЮЩИЕ АДГЕЗИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Фибронектин, ламинин

ПОДАВЛЯЮЩИЕ АДГЕЗИЮ КЛЕТОК

Остеонектин, тенасцин, тромбоспондин

Основные гликопротеины соединительной ткани

Название гликопротеина	Функция
Фибронектин	Принимает участие в клеточной адгезии и миграции
Ламинин	Связывает коллаген IV, гепарин и интегрин с клеточной поверхностью
Интегрин	Мембранный гликопротеин. Связывает коллаген, фибронектин и ламинин с клеточной поверхностью
Фибриллин	Структурный компонент микрофибрилл

Протеогликаны

Структура мономера глюкозамингликанов

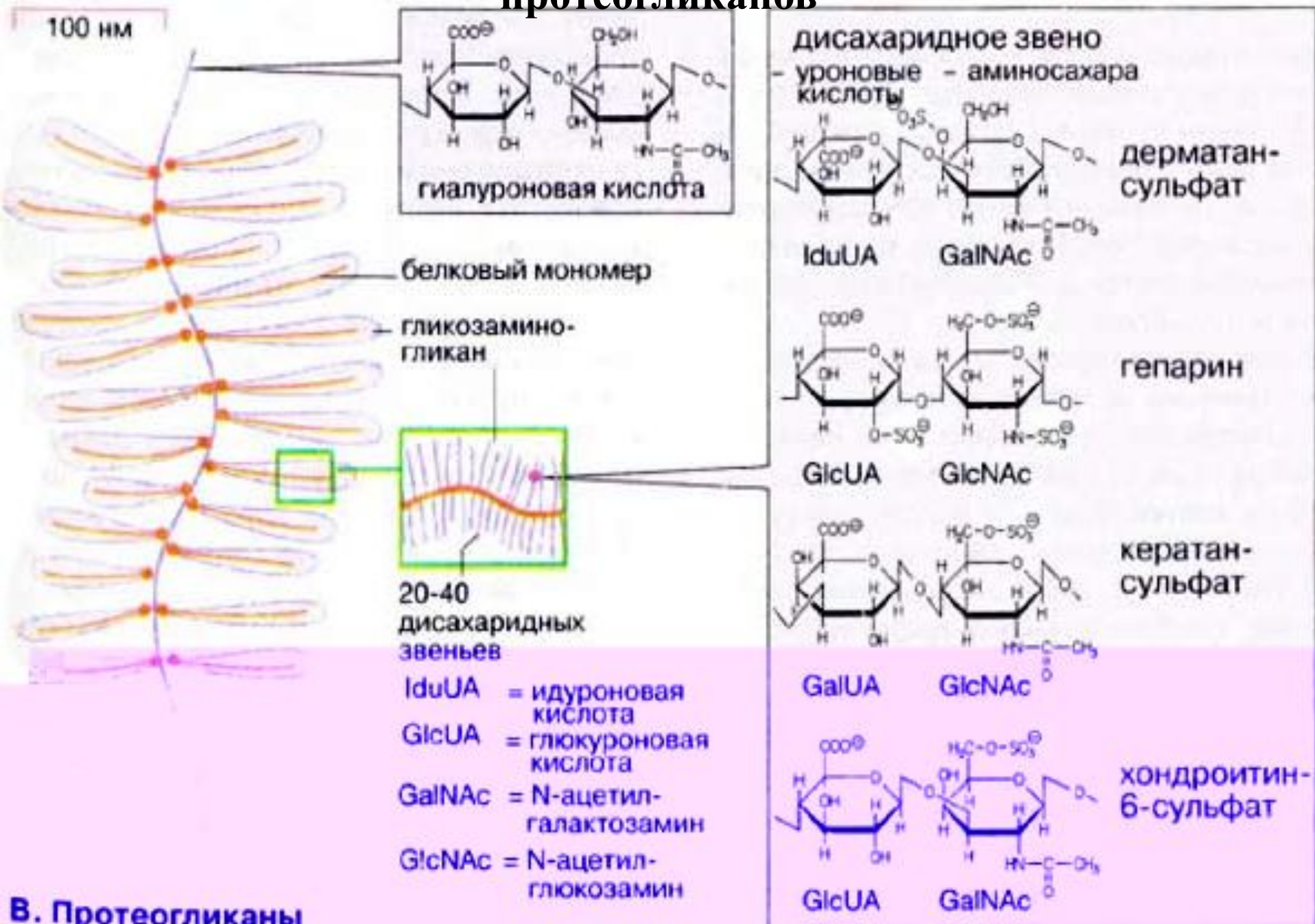
{гексуроновая кислота (галактоза)-О-

Ацетилгексозамин / сульфат}n

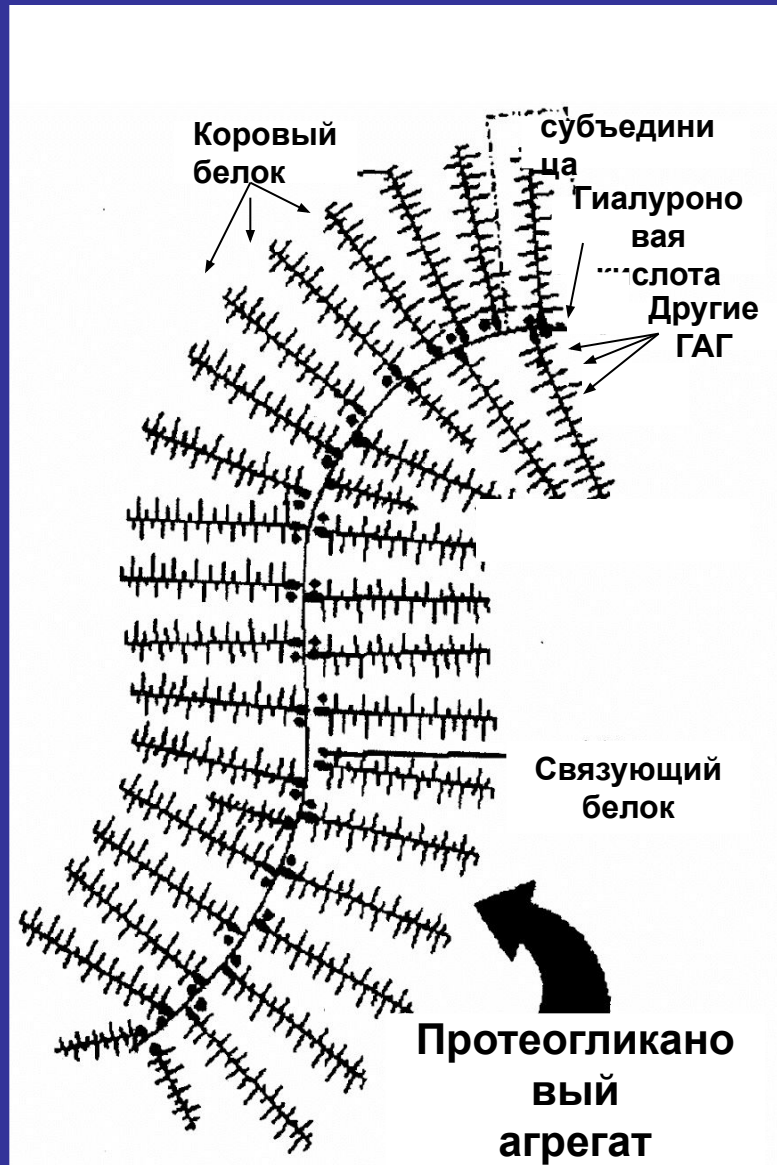
СОСТАВ ГЛЮКОЗАМИНГЛИКАНОВ

Название глюкозамин-гликана	Дисахаридный мономер	
	Первый моносахарид	Второй моносахарид
Гиалуроновая кислота	Глюкуроновая кислота	N-ацетилглюкозамин
Хондроитин-4-сульфат и Хондроитин-6-сульфат	Глюкуроновая кислота	N- ацетилгалактозамин -4- или 6-сульфат
Кератансульфат	Галактоза	N-ацетилглюкозамин -6- сульфат
Дерматан-6-сульфат	Идуроновая кислота	N-ацетилгалактозамин-4- сульфат
Гепарин и Гепаринсульфат	2-сульфоглюкуроновая кислота	N-ацетилглюкозамин - 6- сульфат

Глюкозаминогликаны входят в состав сложных белков-протеогликанов



ПРОТЕОГЛИКАНОВЫЙ АГРЕГАТ



Функции протеогликанов

- Депонирование воды,
- Депонирование жира (адипоциты)
- Депонирование осмотически активных ионов (Na^+ , Cl^-),
- Формирование тургора ткани,
- Минерализационная роль (связывание Ca^{2+} в кости и зубе),
- Формирование гисто-гематических барьеров,
- Противосвертывающая функция (гепарин)
- Защитная функция (сайты связывания иммуноглобулинов)

Особенности метаболизма соединительной ткани

1. Низкая скорость обновления всех молекул

(более длительный период
полураспада

по сравнению с другими
тканями). Например:

- $\tau_{1/2}$ белков печени, почек, лег
 \simeq **5 дней**

- $\tau_{1/2}$ альбуминов плазмы крови \simeq
7-26 дней

- $\tau_{1/2}$ коллагена кости \simeq **10 лет**



Особенности метаболизма соединительной ткани

Возрастные изменения метаболизма соединительной ткани:

- снижение количества ГАГ,
- снижение отношения ХС/КС (12.0 – дети; 0.95 – старше 60 лет),
- увеличение отношения коллаген/эластин,
- увеличение числа поперечных сшивок в коллагене,
- увеличение резистентности коллагена к протеолизу,
- снижение уровня экскреции оксипролина с мочой,
- снижение содержания воды (тургор),
- аномальное накопление солей кальция и других труднорастворимых солей,
- накопление липофусцина,
- накопление гликозилированных белков (белков Амадори)



МУКОПОЛИСАХАРИДОЗЫ

Наследственные дефекты гидролаз, участвующих в катаболизме гликозаминогликанов.

Характеризуются избыточным накоплением гликозаминогликанов в тканях, приводящим к деформации скелета и увеличению органов, содержащих большие количества внеклеточного матрикса.

Проявляются деформациями скелета, поражениями сосудов, помутнением роговицы, нарушениями в умственном развитии детей, уменьшением продолжительности жизни.



Синдром Эйлерса-Данло-Руссакова



снижение роста,

искривление позвоночника,

частые вывихи,

высокая растяжимость кожи

Синдром Марфана

Наследственное заболевание соединительной ткани, проявляющееся изменениями скелета: высоким ростом с относительно коротким туловищем, длинными паукообразными пальцами (арахнодактилия), разболтанностью суставов, часто сколиозом, кифозом, деформациями грудной клетки, аркообразным небом. Характерны также поражения глаз. В связи с аномалиями сердечно-сосудистой системы средняя продолжительность жизни сокращена.

