



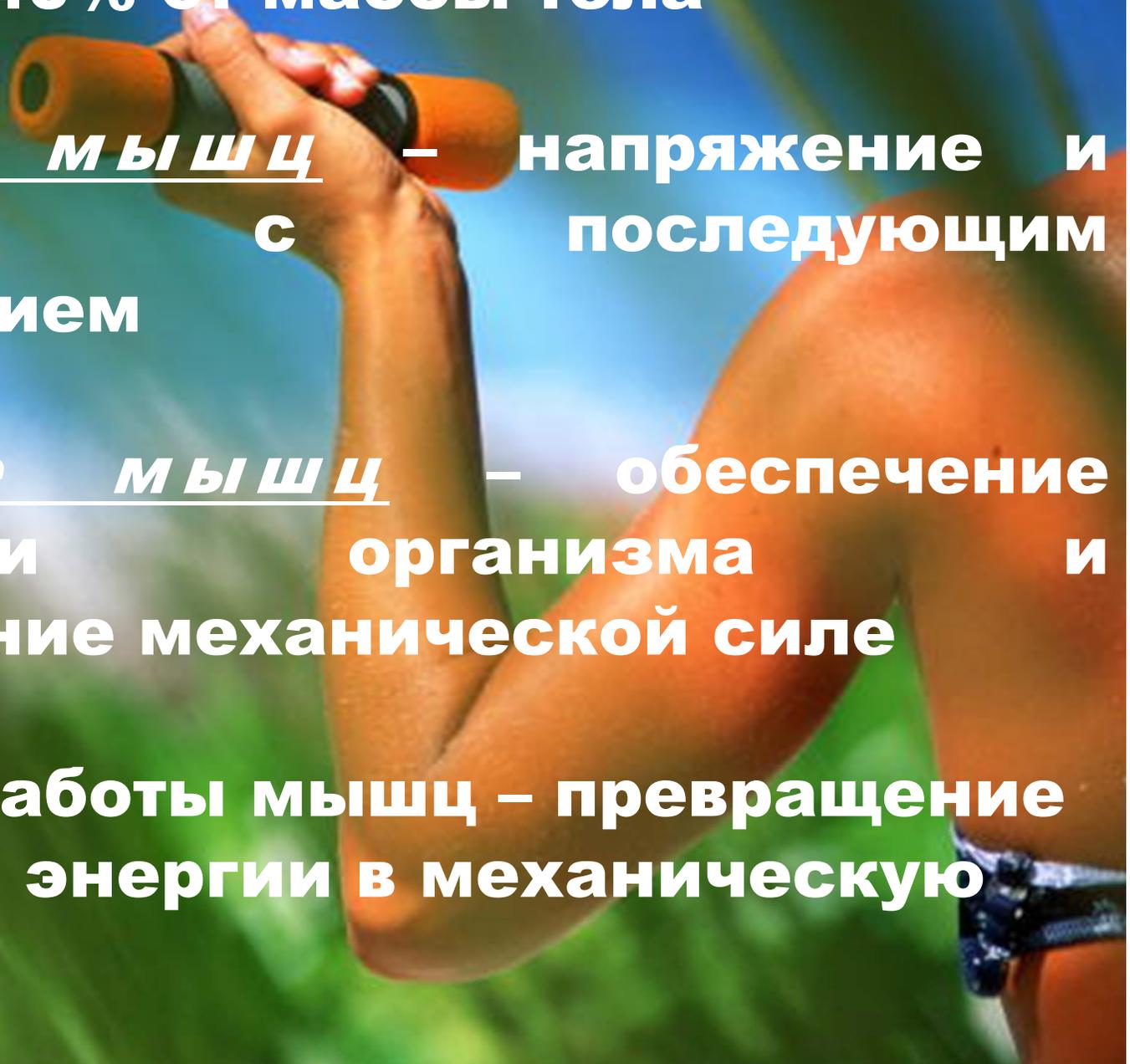
*Биохимия мышечной ткани*

**Мышцы составляют у взрослого человека  $\approx 40\%$  от массы тела**

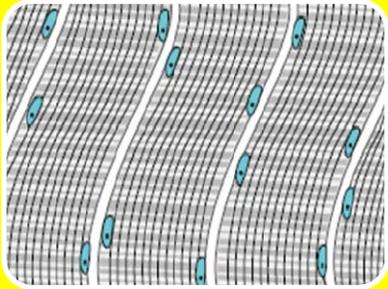
**Функция мышц – напряжение и укорочение с последующим расслаблением**

**Значение мышц – обеспечение подвижности организма и сопротивление механической силе**

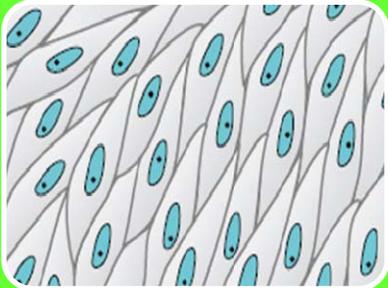
**Механизм работы мышц – превращение химической энергии в механическую**



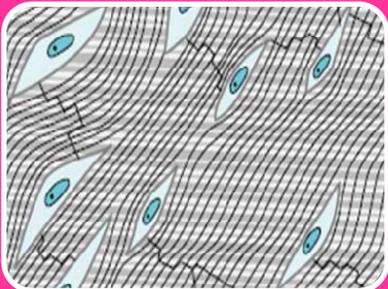
# Варианты мышечной ткани



Скелетная мускулатура

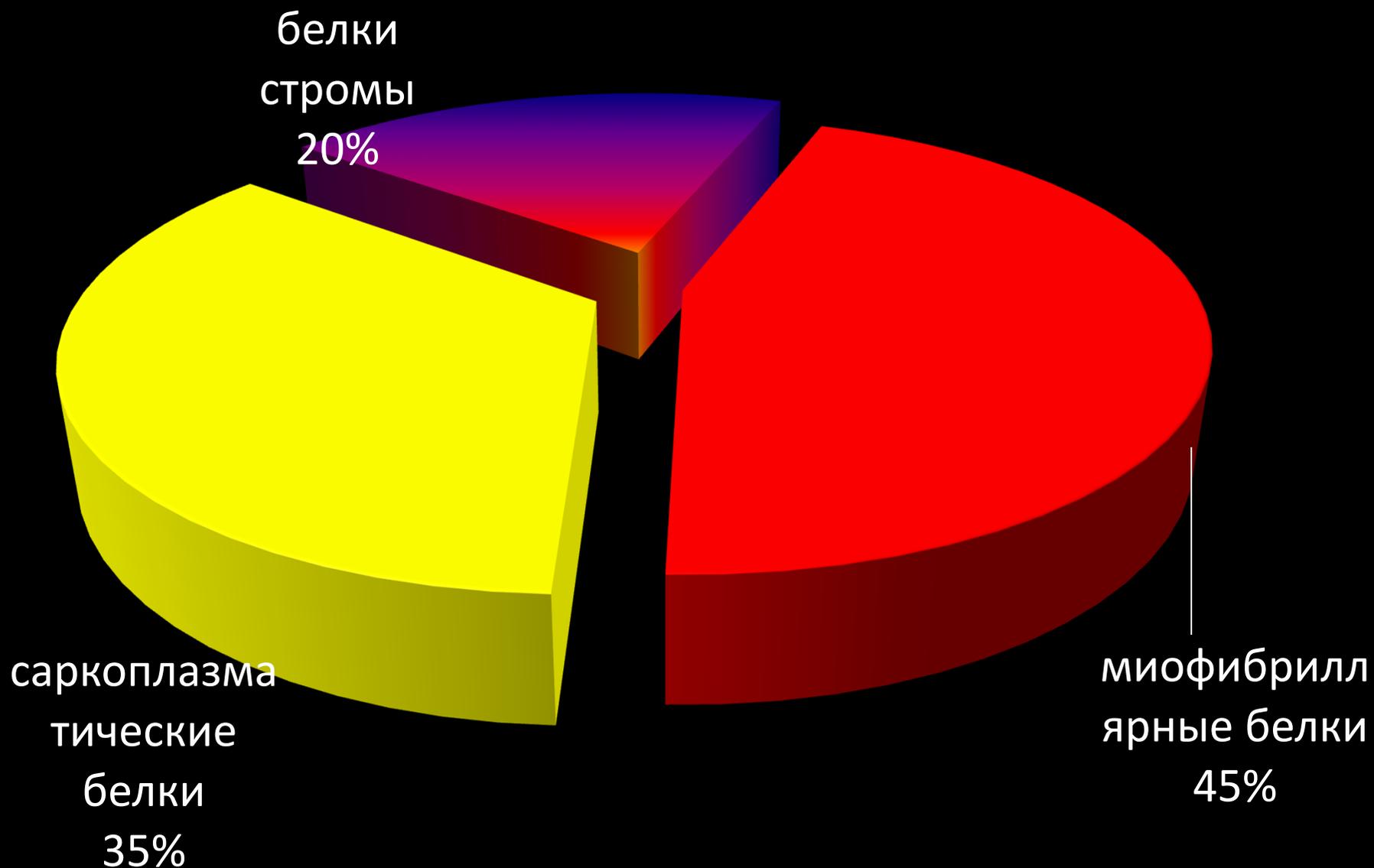


Гладкая мускулатура

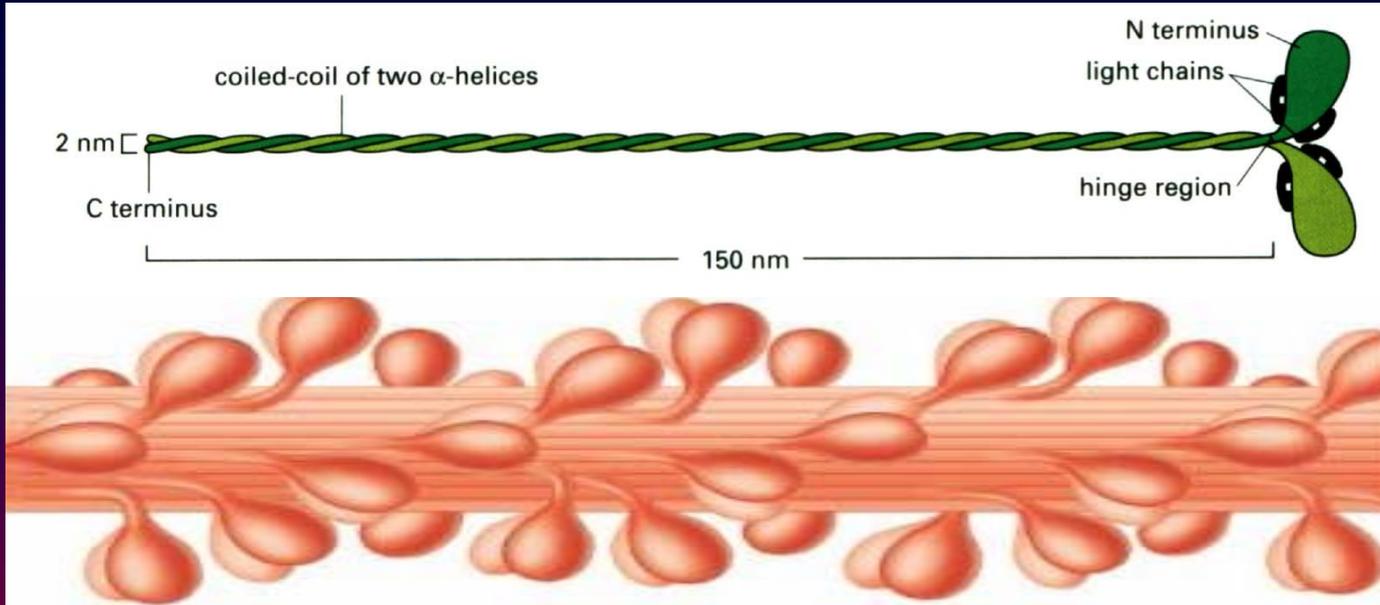


Кардиомиоциты

# 25% массы мышц составляют БЕЛКИ



# Миофибриллярные белки



МИОЗИН



АКТИН (G и F)

ТРОПОНИН  
(I, C, T)

ТРОПОМИОЗИН

# *Саркоплазматические белки*

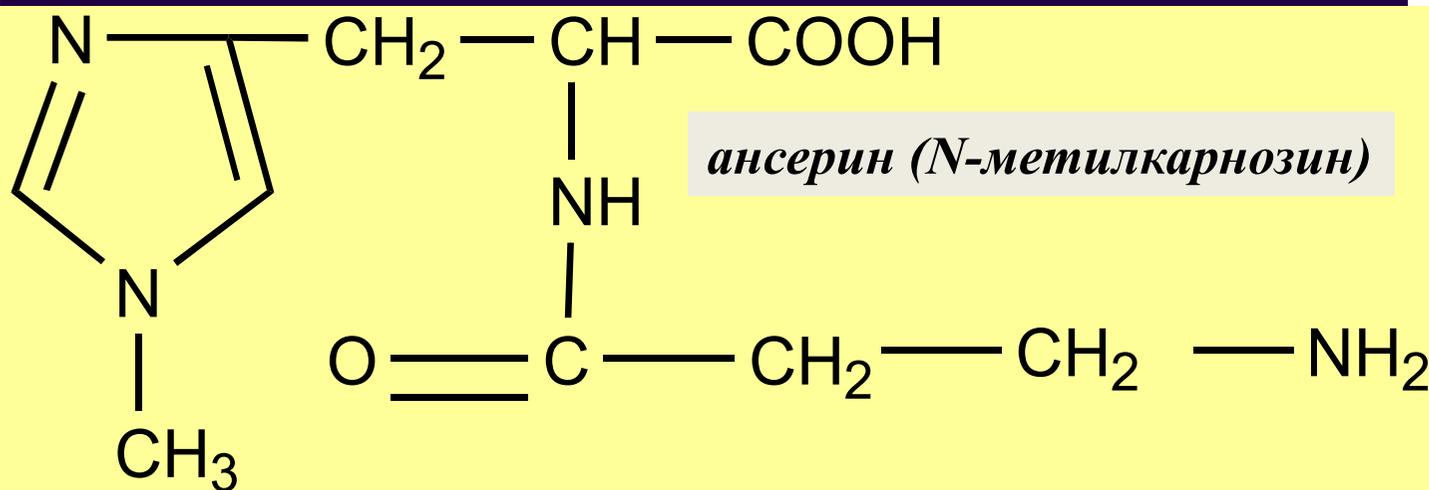
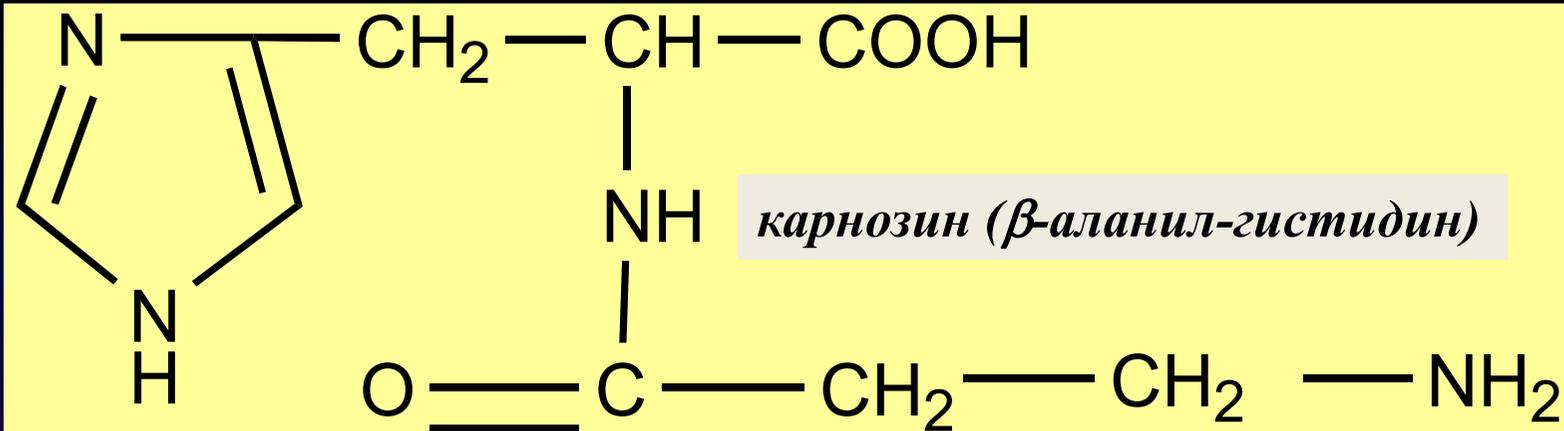
- ✓ Миоглобин
- ✓ Белки-ферменты

## *Белки стромы*

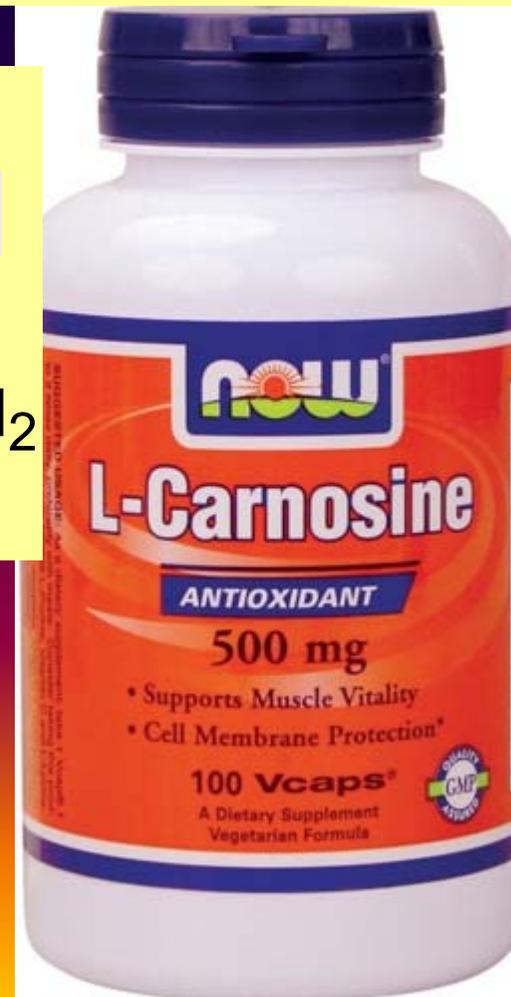
- ✓ Коллаген
- ✓ Эластин
- ✓ Миостромин

## ***ЭКСТРАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА МЫШЦ:***

- АДЕНИЛОВЫЕ НУКЛЕОТИДЫ (АТФ, АДФ, АМФ);
- ГЛИКОГЕН – ЗАПАСНОЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ;
- КРЕАТИН, КРЕАТИНФОСФАТ;
- СВОБОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ;
- КАРНОЗИН, АНСЕРИН;
- НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОЛИ.



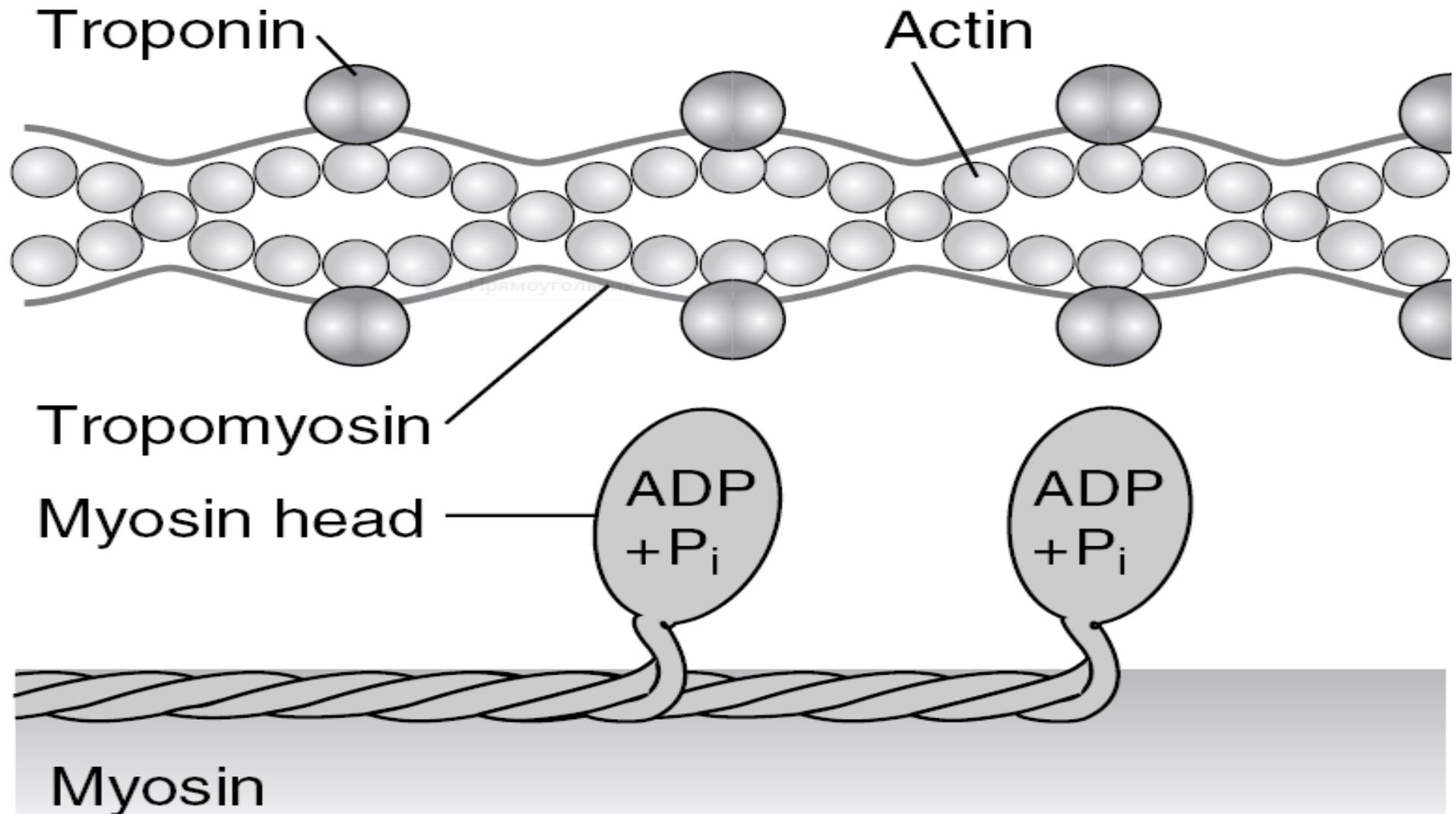
Эти соединения активируют  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  - АТФазу, а также увеличивают амплитуду мышечного сокращения, предварительно сниженную утомлением.



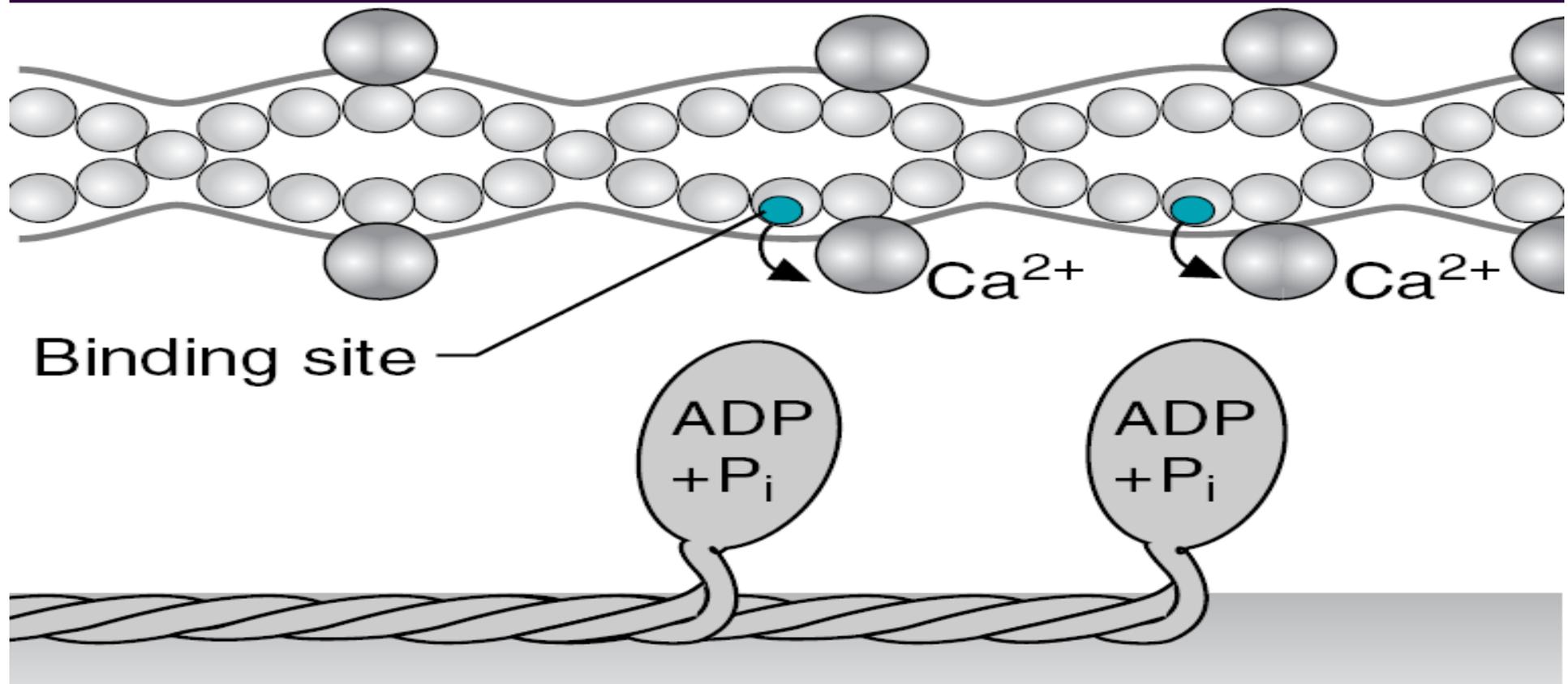


**Биохимические  
механизмы сокращения  
и расслабления мышц**

**1 стадия** – в стадии покоя миозиновая «головка» может гидролизовать АТФ до АДФ и Фн, но не обеспечивает освобождения продуктов гидролиза. Образуется стабильный комплекс: миозин-АДФ-Фн.

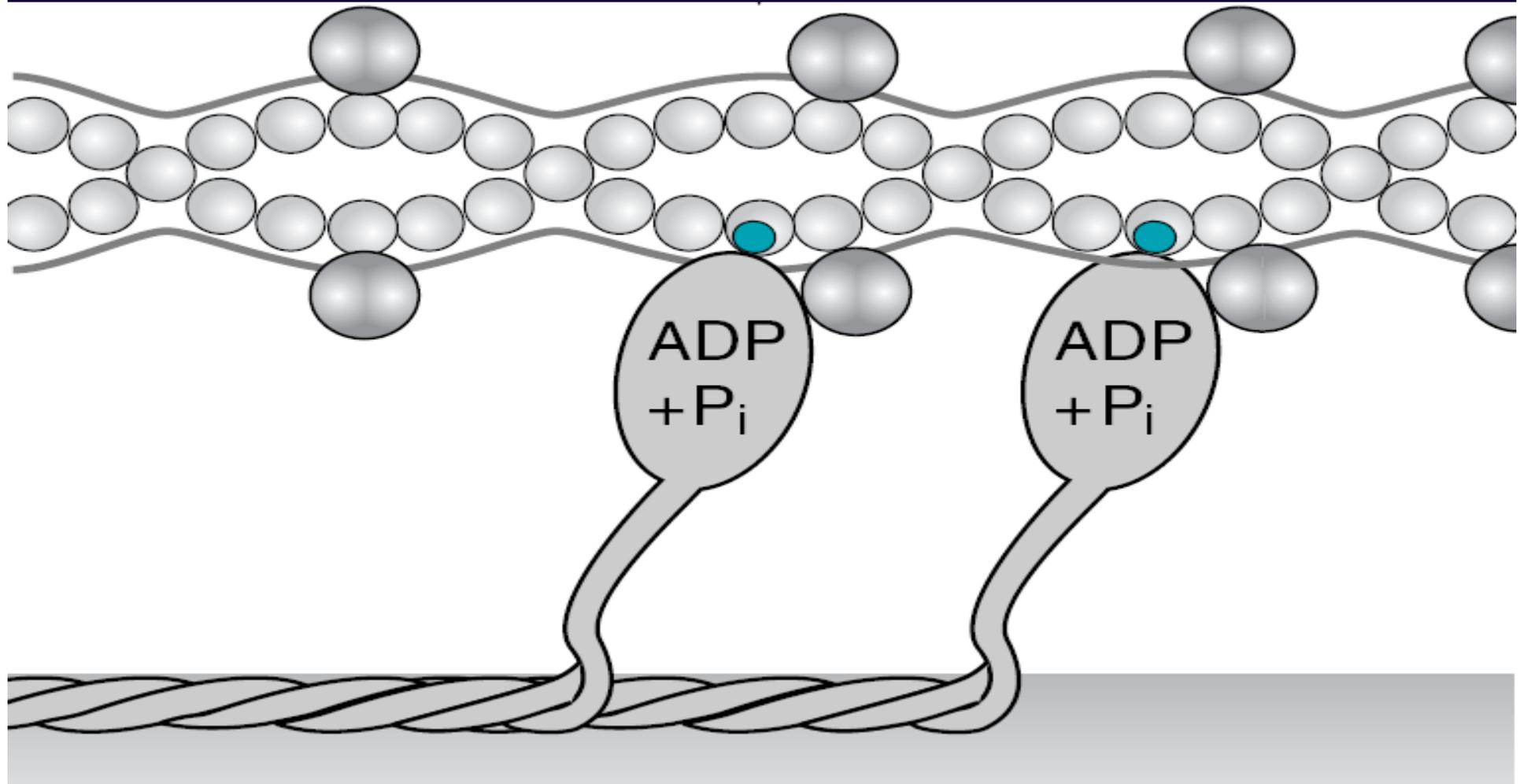


**2 стадия** – возбуждение двигательного нерва приводит к освобождению ионов  $\text{Ca}^{2+}$  из саркоплазматического ретикулума мышечного волокна. Ионы  $\text{Ca}^{2+}$  связываются тропонином С. В результате этого взаимодействия изменяется конформация всей молекулы тропонина, а затем – тропомиозина. Вследствие этого в актине открываются центры связывания с миозином.

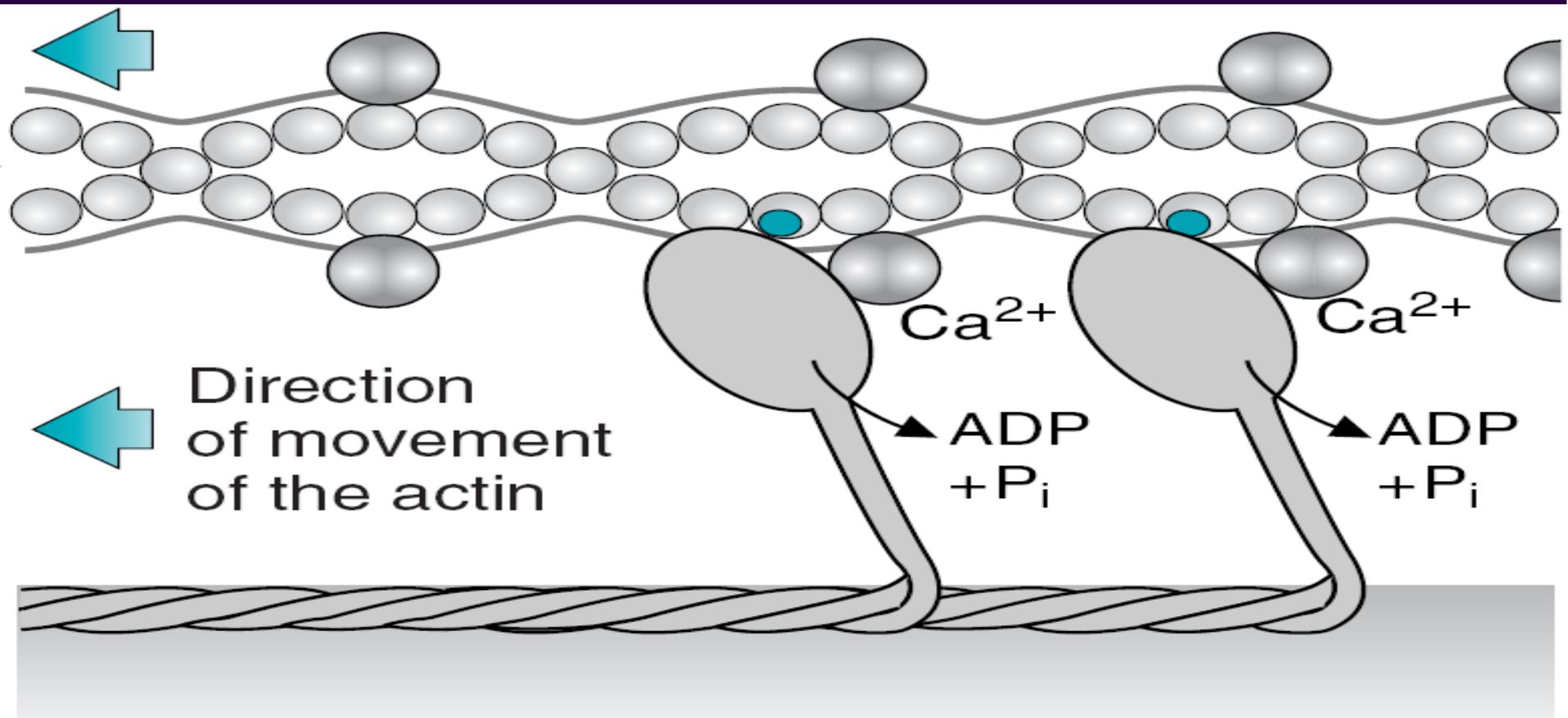


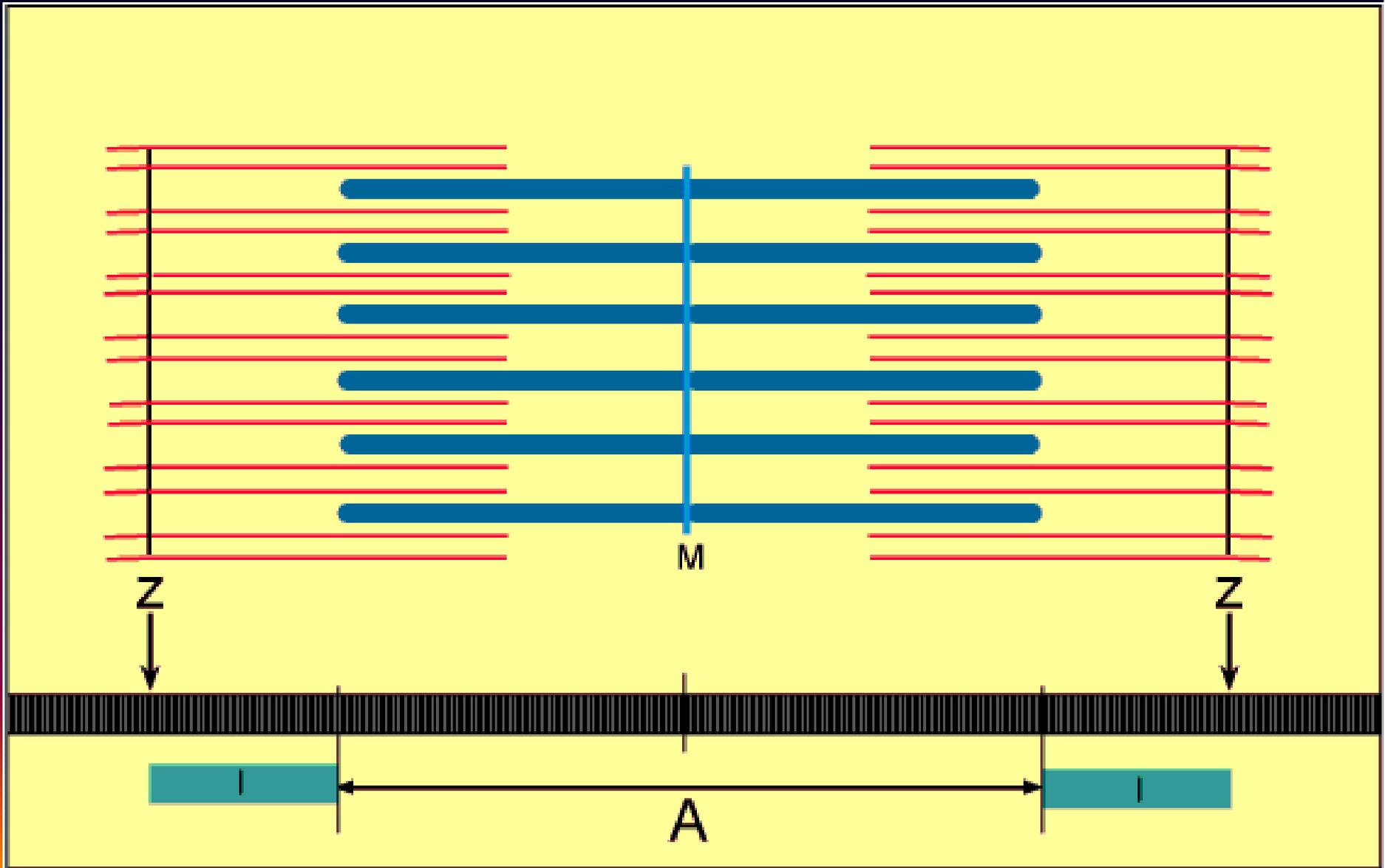
## 2 стадия (ПРОДОЛЖЕНИЕ) –

Миозиновая «головка» связывается с F-актином, образуя с осью фибриллы угол около  $90^{\circ}$ .

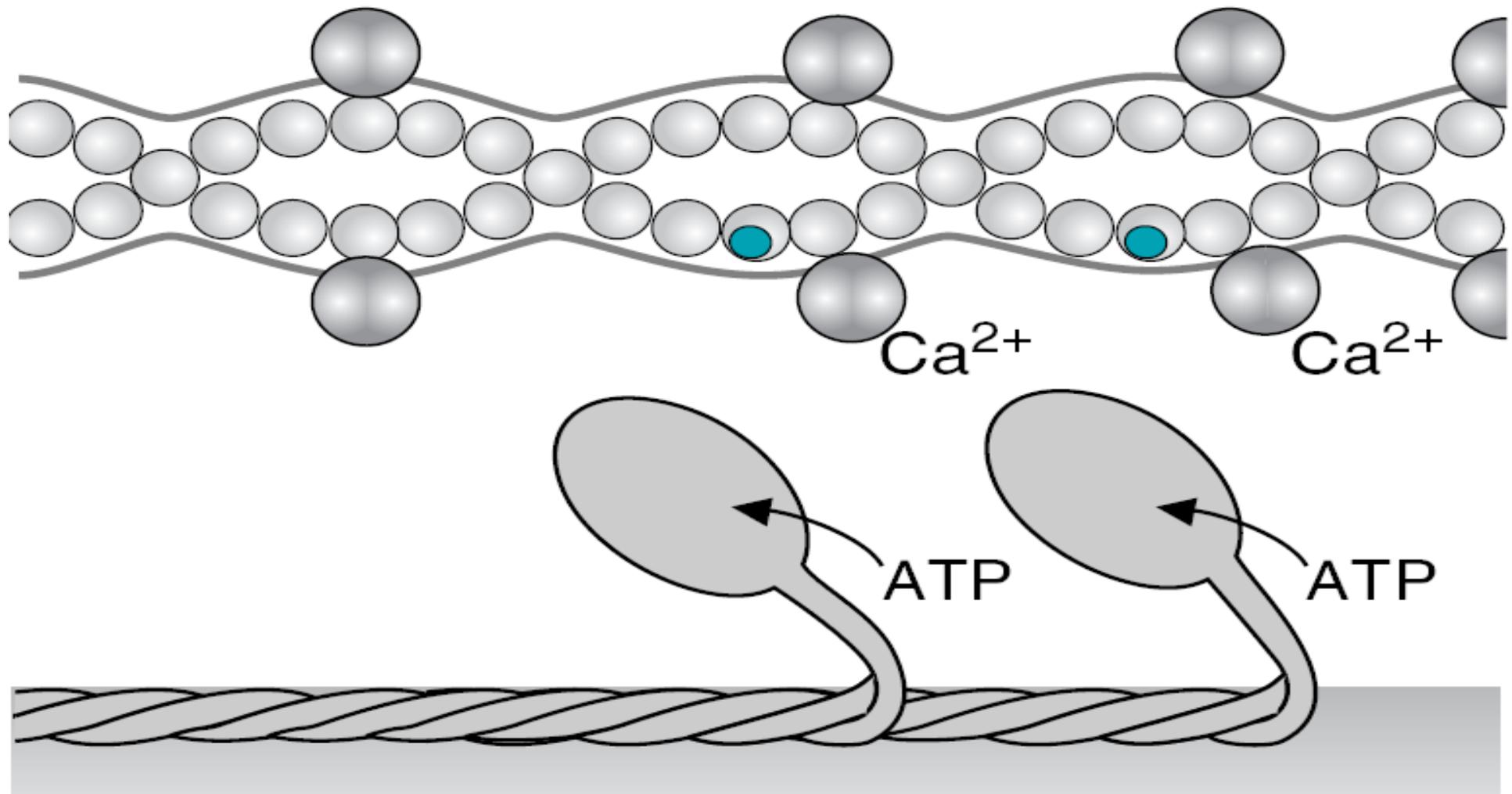


**3 стадия** – присоединение актина к миозину обеспечивает высвобождение АДФ и Фн из актин-миозинового комплекса. Это приводит к изменению конформации этого комплекса и угол между актином и миозиновой «головкой» изменяется с  $90^{\circ}$  до  $45^{\circ}$ . В результате изменения угла филаменты актина втягиваются между филаментами миозина, т. е. происходит их скольжение навстречу друг другу.

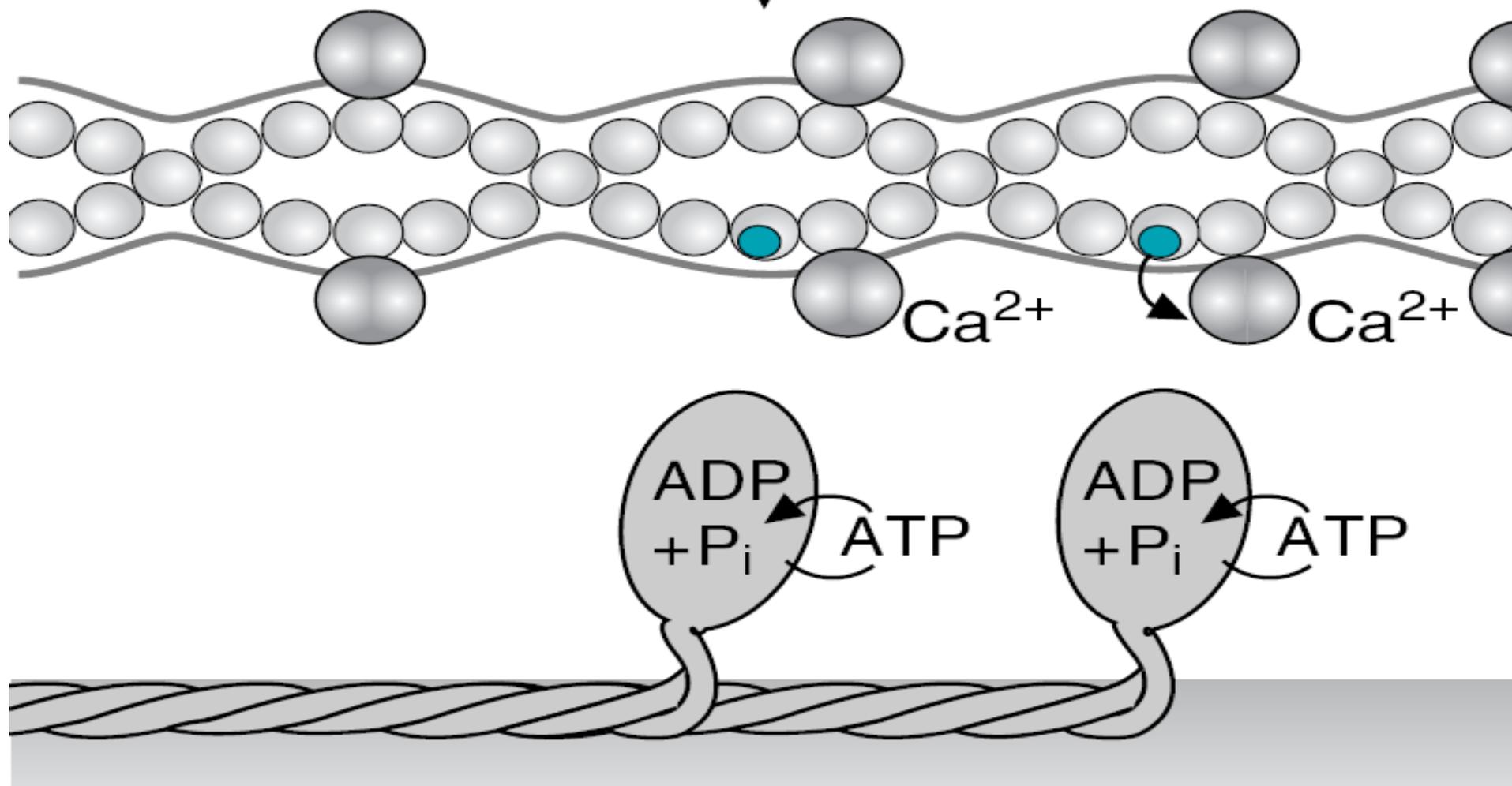


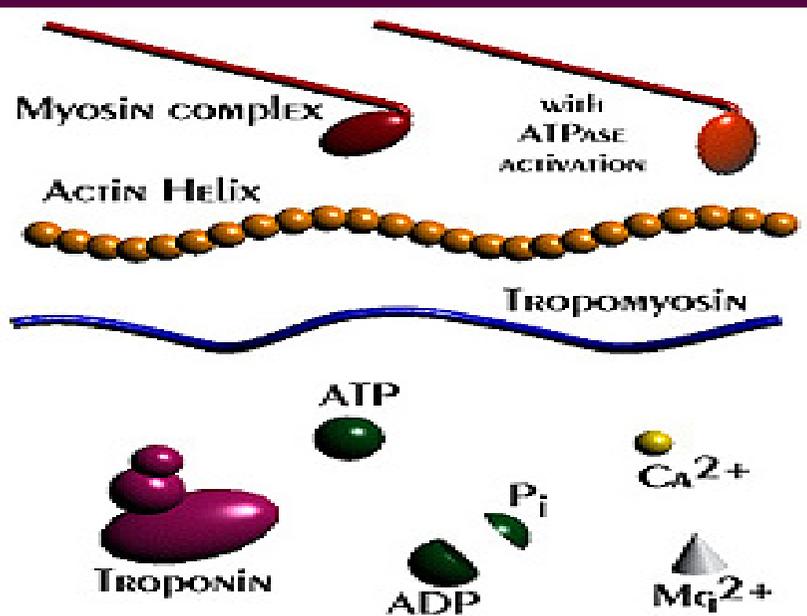
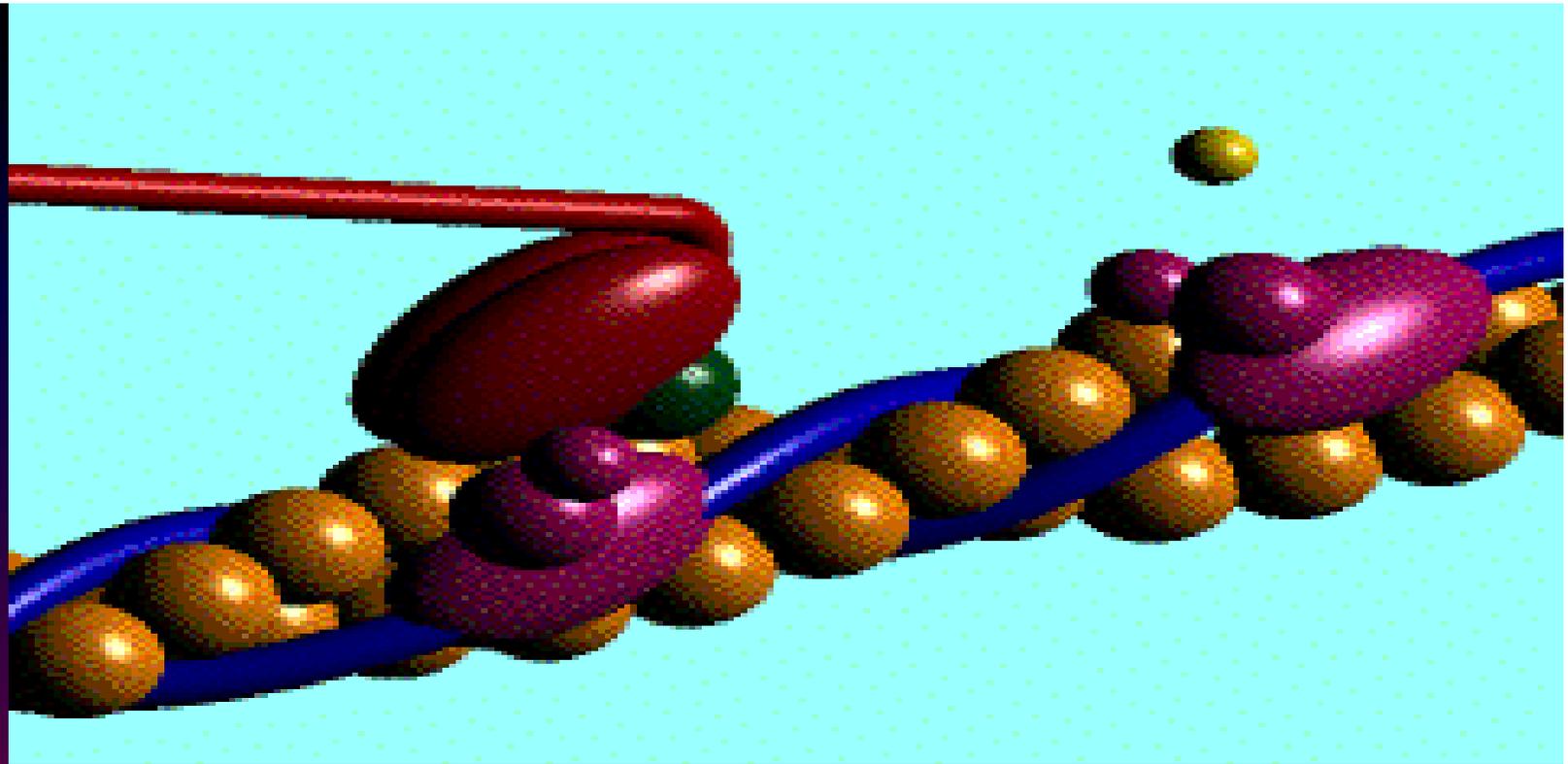


**4 стадия** – новая молекула АТФ связывается с комплексом актин-миозин.



**5 стадия** – комплекс миозин-АТФ обладает низким сродством к актину и поэтому происходит отделение миозиновой «головки» от F-актина. Филаменты возвращаются в исходное состояние, мышца расслабляется. Затем цикл возобновляется.





# **В мышцах действуют 3 АТФ-зависимых механизма:**

-  1. **Миозин-актиновое взаимодействие (сокращение-расслабление).**
-  2. **Натриевый насос клеточной мембраны.**
-  3. **Кальциевый насос внутри самой клетки.**

# *Источники энергии мышечного сокращения*

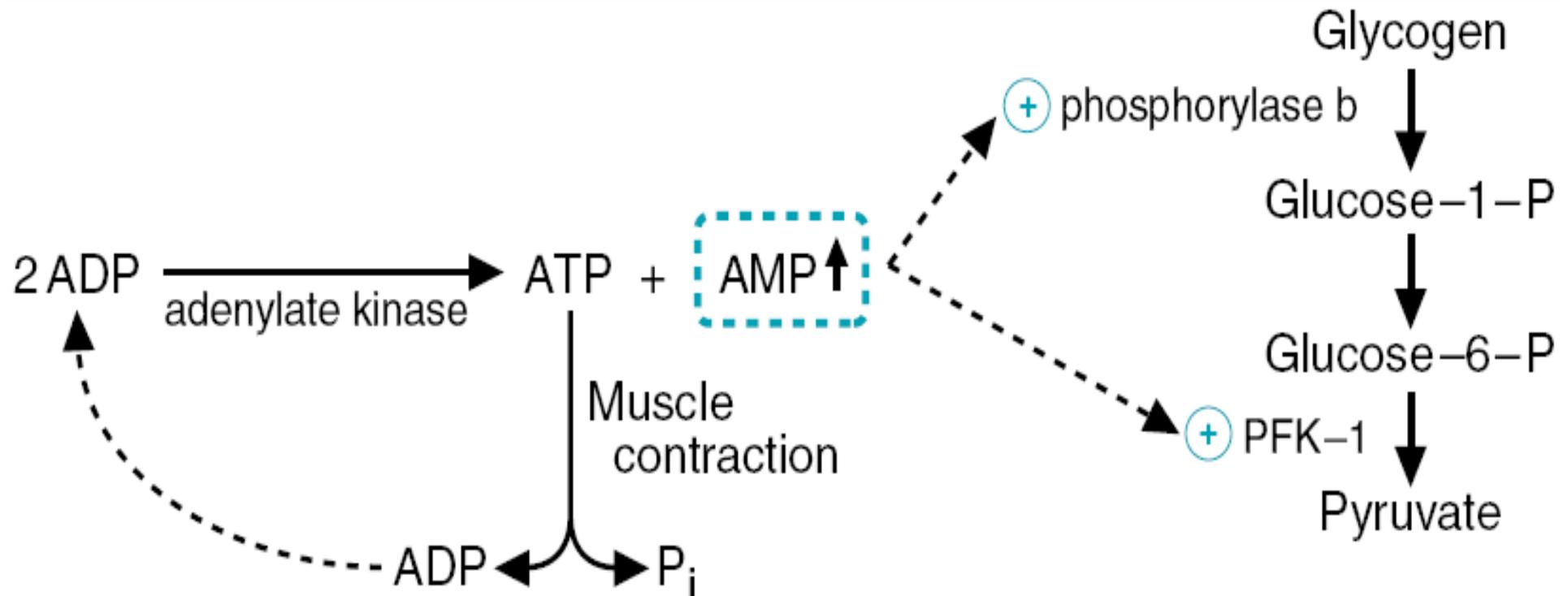
В состоянии покоя: свободные жирные кислоты (СЖК) и кетоновые тела (КТ)

При умеренной нагрузке: СЖК + КТ +  
глюкоза крови

При максимальной нагрузке: СЖК + КТ +  
глюкоза крови + гликоген мышц



# Миоаденилаткиназная система мышц

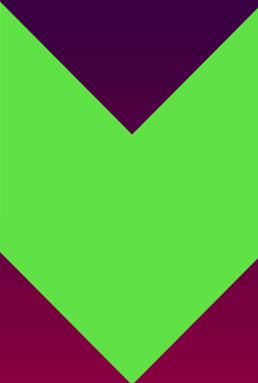


# БИОХИМИЯ МЫШЕЧНОГО УТОМЛЕНИЯ

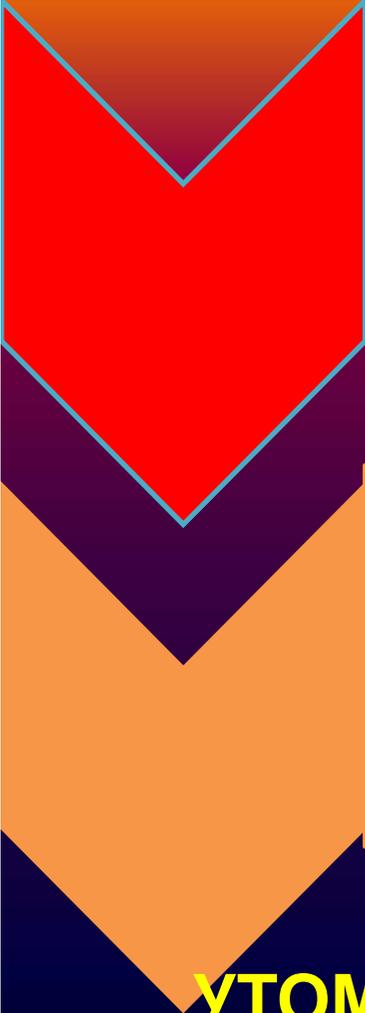
**Утомление** — состояние организма, возникающее вследствие длительной мышечной нагрузки и характеризующееся временным снижением работоспособности.

# БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ УТОМЛЕНИИ:

- 
- снижение содержания АТФ, креатинфосфата, гликогена

- 
- снижение активности  $\text{Ca}^{2+}$ -актомиозиновой АТФазы, что приводит к уменьшению скорости расщепления АТФ в миофибриллах и к уменьшению мощности выполняемой работы

- 
- снижение активности ферментов аэробного окисления субстратов и нарушение сопряжения реакций окисления с синтезом АТФ

- 
- усиление гликолиза, сопровождающееся накоплением молочной кислоты и снижением рН крови (до 7,25 – 7,15)

- развитие внутриклеточного метаболического ацидоза и ингибирование ключевых ферментов гликолиза.

**УТОМЛЕНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЗАЩИТНОЙ РЕАКЦИЕЙ,  
ПРЕДОХРАНЯЮЩЕЙ ОРГАНИЗМ  
ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСТОЩЕНИЯ**

# БИОХИМИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

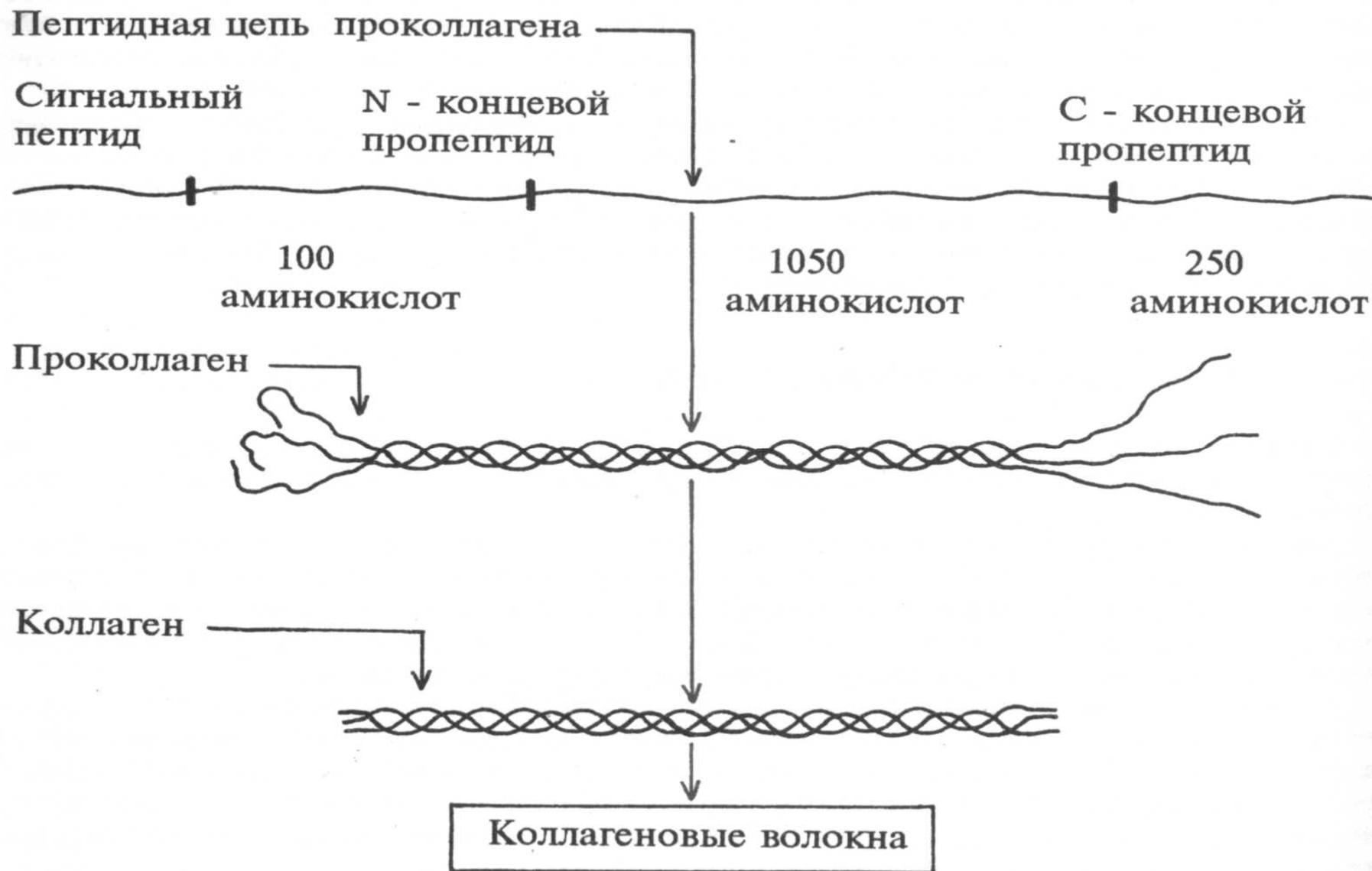


# Общие принципы организации

Содержит мало клеток в сравнении с другими тканями. В результате межклеточный матрикс занимает больше места, чем клетки и имеет сложный химический состав.

Основные компоненты межклеточного матрикса — структурные белки коллаген и эластин, гликозаминогликаны, протеогликаны, а также неколлагеновые структурные белки (фибронектин, ламинин, тенасцин, остеоонектин и др.), которые образуют своеобразные волокнистые структуры.

# Биосинтез коллагена



# ФИБРОБЛАСТ

синтез полипептидной цепи

посттрансляционная модификация (гидроксилирование пролина и лизина  
гликозилирование гидроксилизина)

образование тройной спирали



секреция в межклеточное пространство

**Пучки проколлагена**



гидролиз пептидных связей

**пучки тропоколлагена**



сборка вблизи поверхности клеток

**незрелое коллагеновое волокно**



образование поперечных сшивок

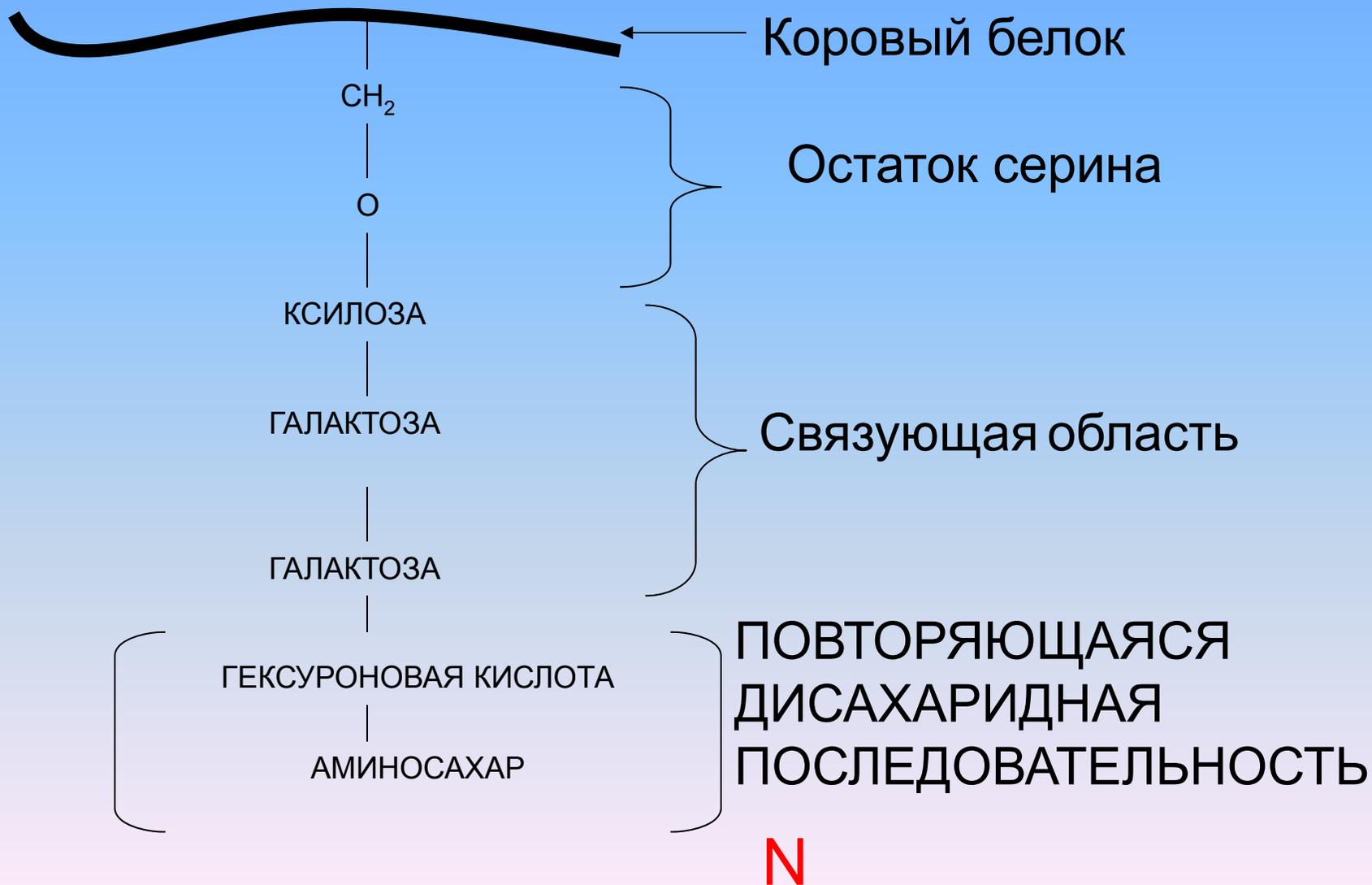
**КОЛЛАГЕНОВОЕ ВОЛОКНО**

# Протеогликаны

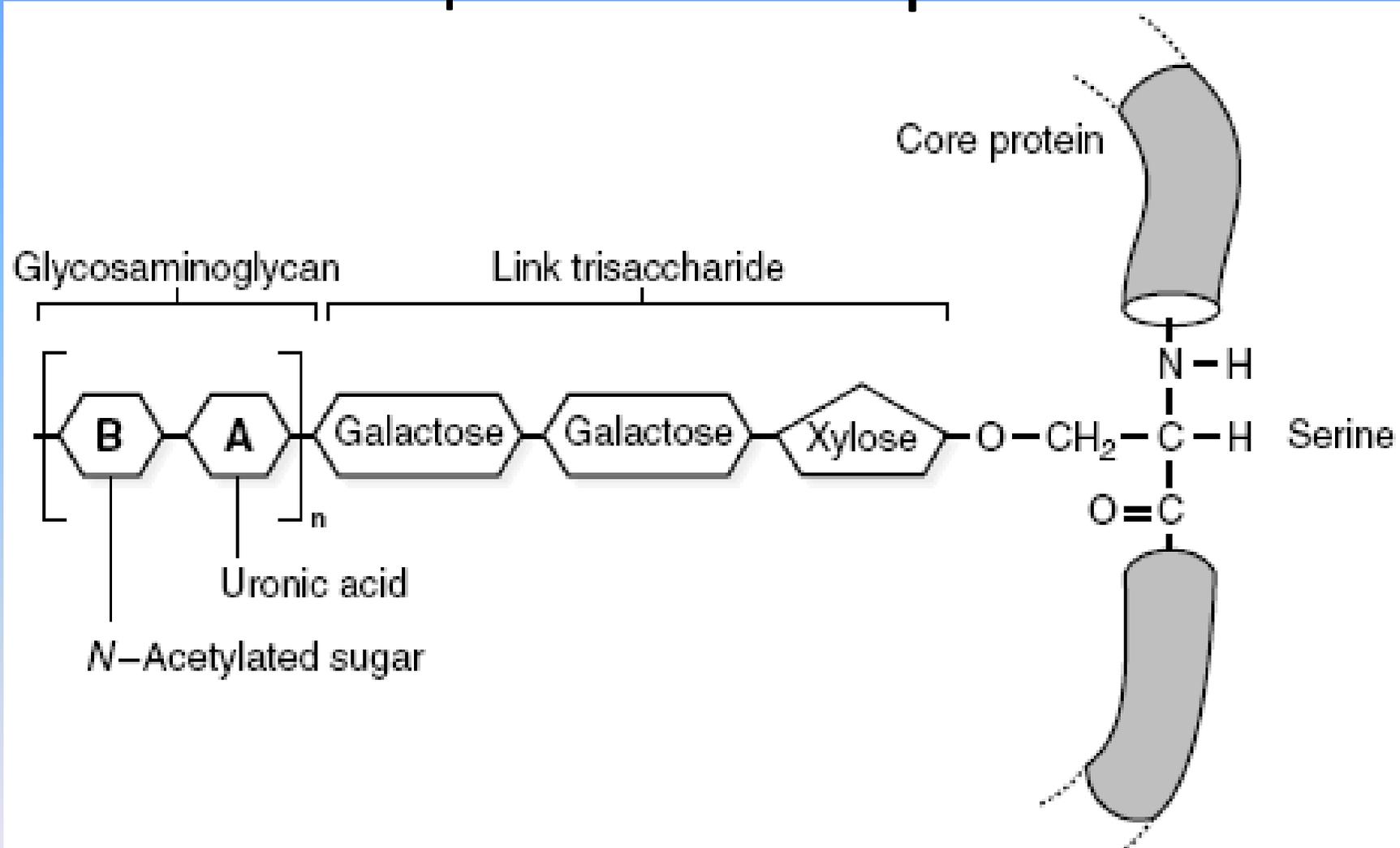
**Протеогликаны** – высокомолекулярные соединения, состоящие из белка – коровый белок (5-10%) и гликозаминогликанов (90-95%). Они образуют основное вещество межклеточного матрикса.

**Гликозаминогликаны (мукополисахариды)** – гетерополисахариды, состоящие из многократно повторяющихся дисахаридов, мономерами которых являются уроновые кислоты и гексозамины.

# Общая схема строения



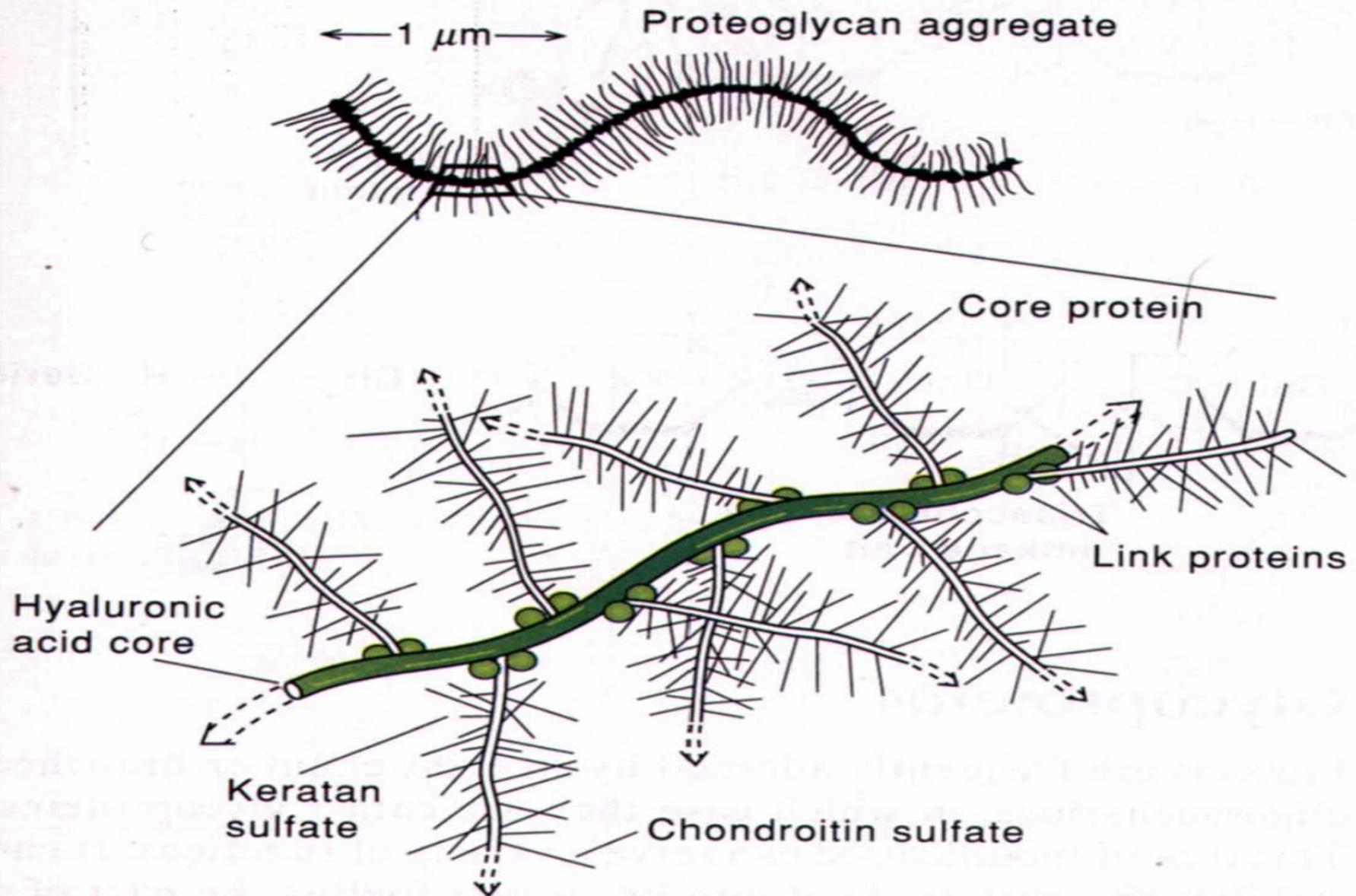
# Общая схема строения



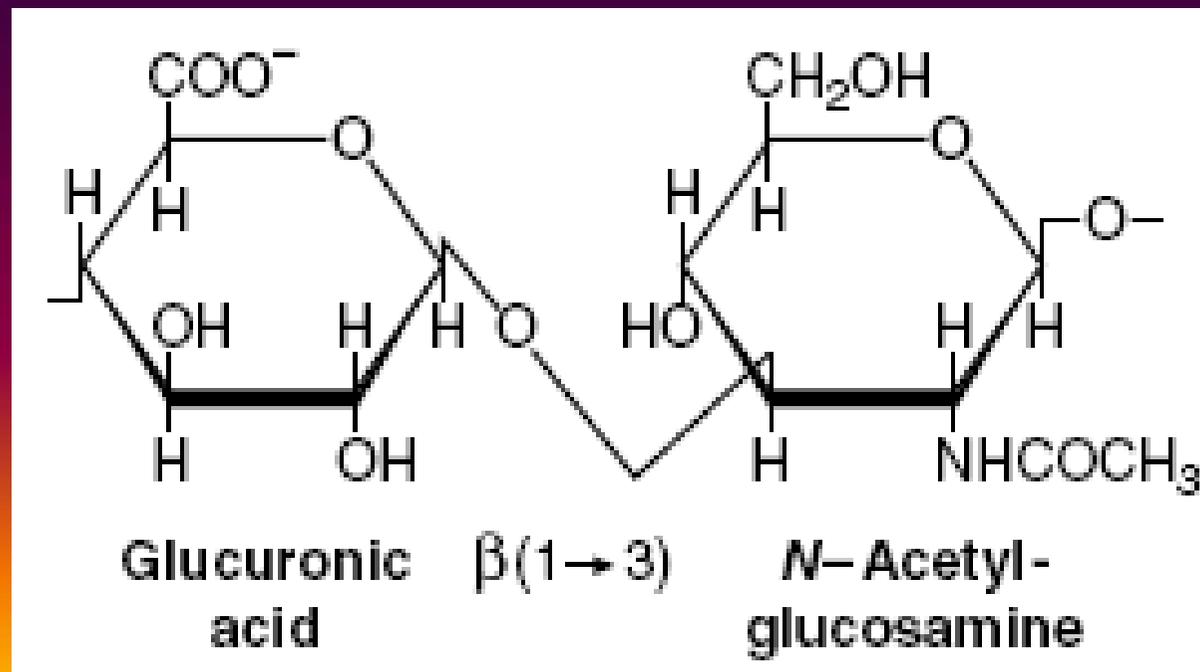
# ФУНКЦИИ ПРОТЕОГЛИКАНОВ:

- ✓ структурные компоненты внеклеточного матрикса;
- ✓ обеспечивают тургор различных тканей;
- ✓ как полианионы связывают катионы;
- ✓ действуют как сита во внеклеточном матриксе (фильтрация в почках);
- ✓ влияют на клеточную миграцию;
- ✓ противостоят компрессионным силам в межклеточном матриксе;
- ✓ поддерживают прозрачность роговицы;
- ✓ выполняют структурную роль в склере;
- ✓ антикоагулянты;
- ✓ формируют рецепторы на поверхности клеток;
- ✓ образуют межклеточные контакты;
- ✓ входят в состав синаптических и других везикул клеток.

# Классы протеогликанов



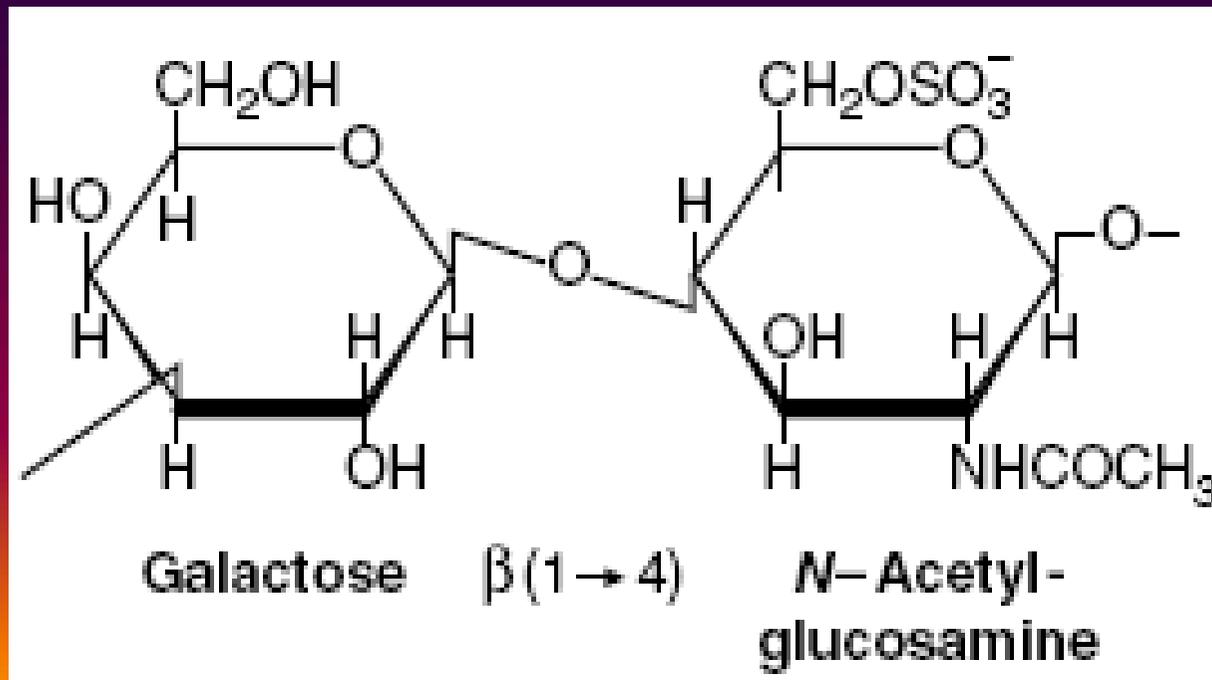
**1. Гиалуроновая кислота** – находится во многих органах и тканях. В хряще она связана с белком и участвует в образовании протеогликановых агрегатов, в некоторых тканях (стекловидное тело, пупочный канатик, суставная жидкость) встречается в свободном виде. Повторяющаяся дисахаридная единица в гиалуроновой кислоте состоит из D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина.



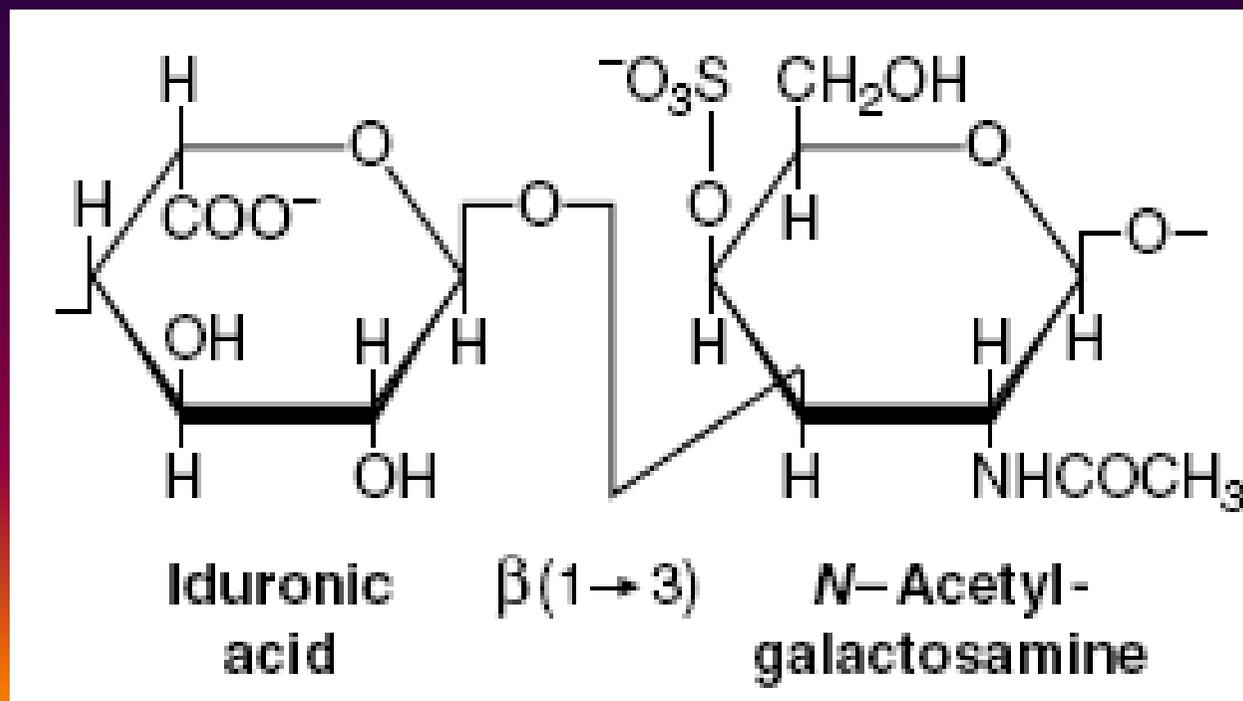
**2. Хондроитинсульфаты** – самые распространенные гликозаминогликаны в организме человека. Они содержатся в хряще, сухожилиях, связках, артериях, роговице глаза. Хондроитинсульфаты являются важным составным компонентом агрекана – основного протеогликана хрящевого матрикса.

В организме человека встречаются 2 вида хондроитинсульфатов: ***хондроитин-4-сульфат и хондроитин-6-сульфат.***

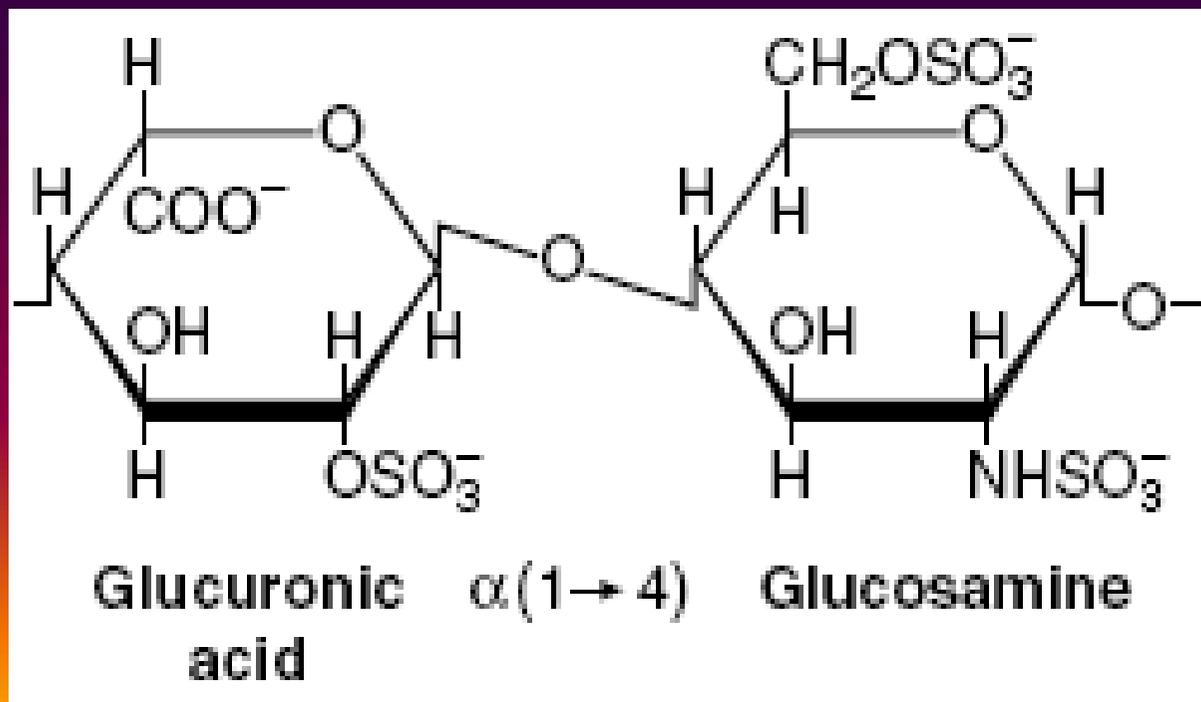
**3. Кератансульфаты** – наиболее гетерогенные гликозаминогликаны. Отличаются друг от друга по суммарному содержанию углеводов и распределению в разных тканях. Они содержат остаток галактозы и N-ацетил-D-галактозамин-6-сульфат. Входят в состав роговицы глаза, хрящей, межпозвоночных дисков.



**4. Дерматансульфат** – характерен для кожи, кровеносных сосудов, сердечных клапанов, менисков, межпозвоночных дисков. Повторяющаяся дисахаридная единица – L-идуроновая кислота и N-ацетил-D-галактозамин-4-сульфат.



**5. Гепарин** – важный компонент противосвертывающей системы крови. Синтезируется тучными клетками. Наибольшие количества гепарина обнаруживаются в легких, печени и коже. Дисахаридная единица состоит из D-глюкуронат-2-сульфата и N-ацетилглюкозамин-6-сульфата.



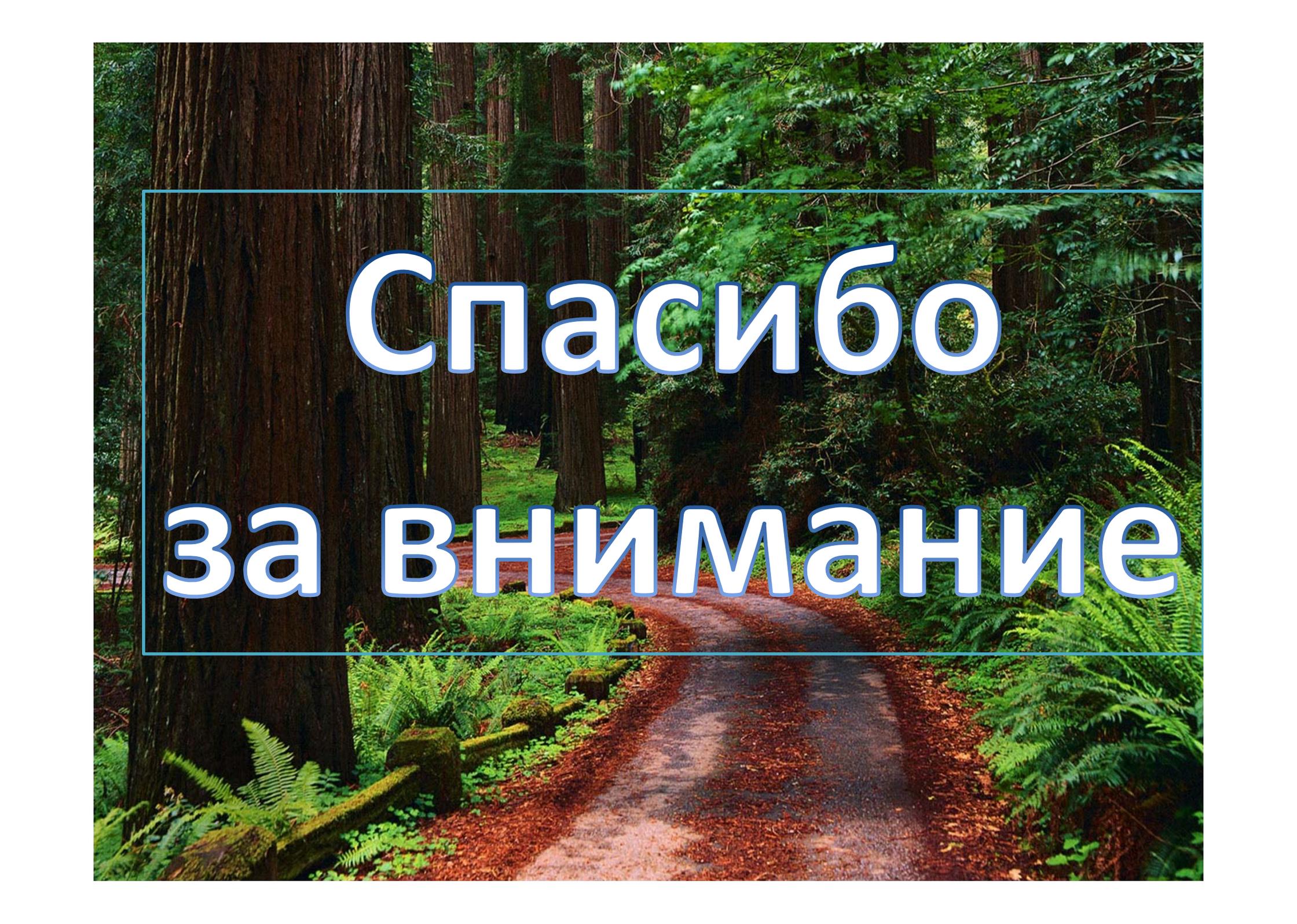
**6. Гепарансульфат** – входит в состав протеогликанов базальных мембран. Структура дисахаридной единицы такая же как и у гепарина, но содержит больше N-ацетильных групп.

# Гликопротеины

Эти белки тоже содержат олигосахаридные цепи разной длины, ковалентно прикрепленные к полипептидной основе. Углеводный компонент гликопротеинов гораздо меньший по массе, чем у протеогликанов, и составляет не более 40% от общей массы.

# Функции гликопротеинов:

- структурные молекулы;
- защитные (муцины, иммуноглобулины, антигены гистососместимости, комплимент, интерферон)
- транспортные молекулы для витаминов, липидов, микроэлементов
- гормоны: тиротропин, хорионический гонадотропин
- ферменты (нуклеазы, факторы свертывания крови)
- осуществление межклеточных контактов

A photograph of a forest path with large trees and ferns, overlaid with a blue-bordered box containing the text "Спасибо за внимание".

Спасибо  
за внимание