

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

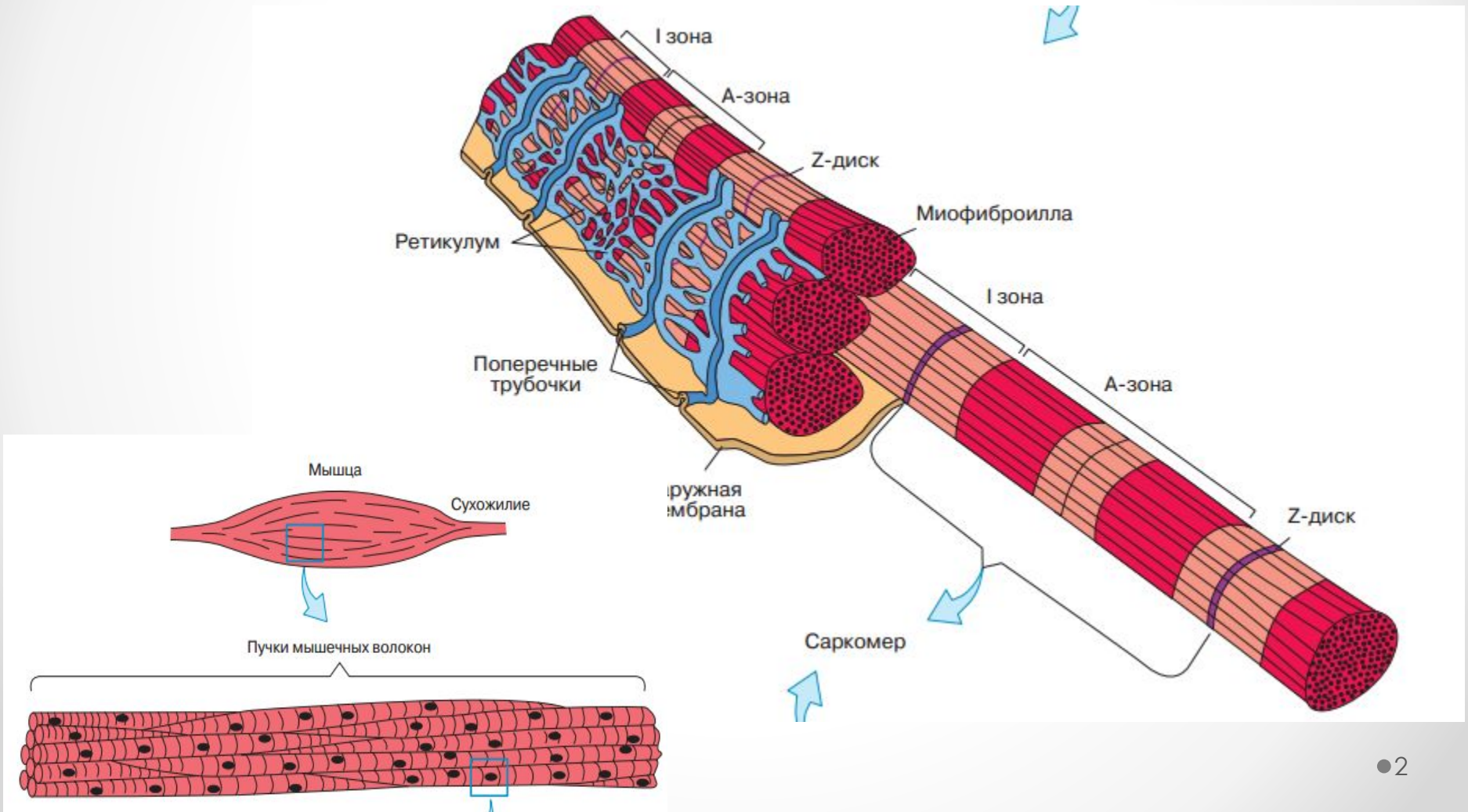
**ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА БИОХИМИИ, МИКРОБИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Механизм функционирования мышц

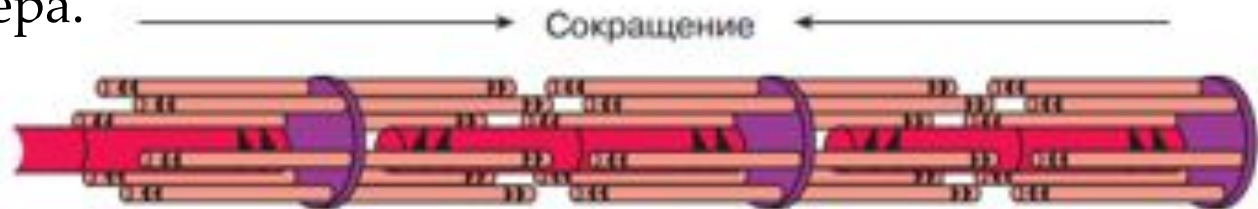
**Выполнила:
студентка 4 курса гр. Б84086
Алексеева Виктория**

**Владивосток
2016**

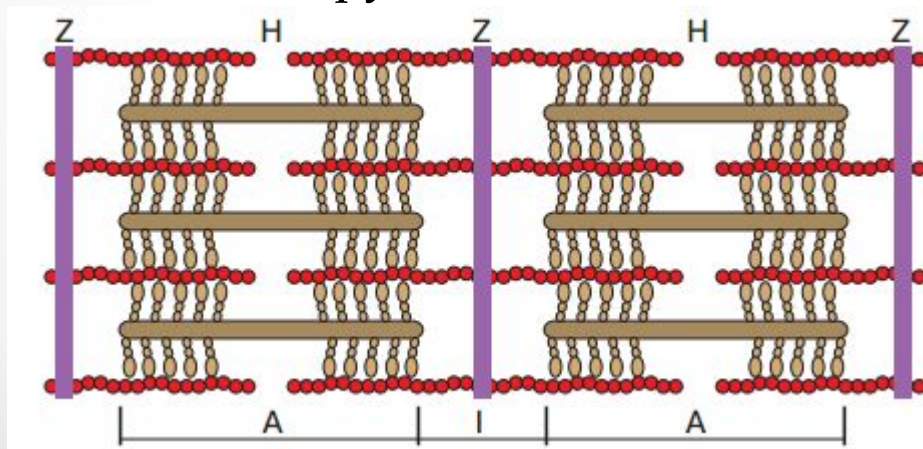
Ультраструктура мышц



В ходе сокращения миозин становится способным взаимодействовать с актином и начинает тянуть нити актина к центру саркомера.



Вследствие уменьшается длина каждого саркомера и всей мышцы в целом. При такой системе генерации движения, получившей название системы скользящих нитей, не изменяется длина нитей (ни нитей актина, ни нитей миозина). Укорочение является следствием перемещения нитей друг относительно друга.



- Схематическое изображение саркомеров

Строение и свойство актина

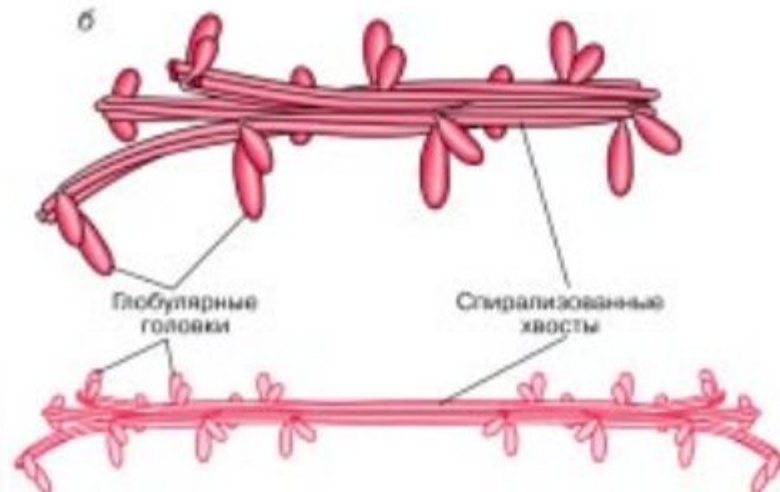
- Актин был открыт в 1948 году венгерским биохимиком Бруно Штраубом.
- Мономеры актина (их часто называют G-актином, то есть глобулярным актином) могут взаимодействовать друг с другом, образуя так называемый фибриллярный (или F-актин).
- Процесс полимеризации актина строго упорядочен, и мономеры актина упаковываются в полимер только в определенной ориентации.
- Тот конец полимера, где скорость полимеризации больше, называют плюс-концом, а противоположный конец полимера обозначают как минус-конец.



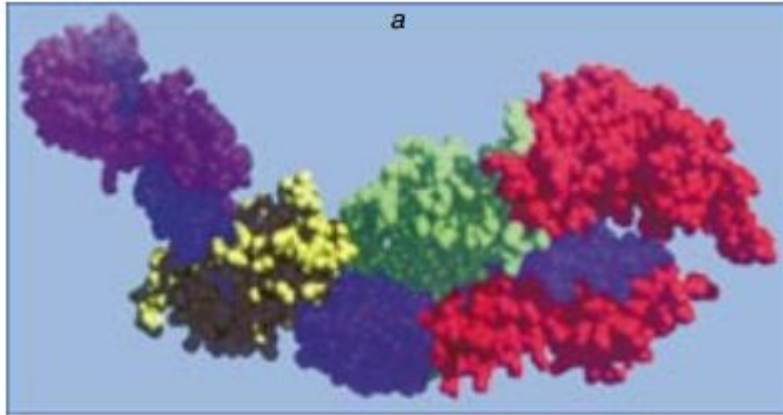
- Все нити актина в саркомере имеют постоянную длину и правильную ориентацию, при этом плюс-концы филаментов располагаются в Z-диске, а минус-концы — в центральной части саркомера.

Строение и свойства миозина

- В состав молекулы миозина скелетных мышц входят шесть полипептидных цепей — две так называемые тяжелые цепи миозина и четыре легкие цепи миозина (ЛЦМ).
- У каждой тяжелой цепи есть длинный спирализованный хвост и маленькая компактная грушевидная головка.
- Обе легкие цепи миозина влияют на способность миозина взаимодействовать с актином и участвуют в регуляции мышечного сокращения.

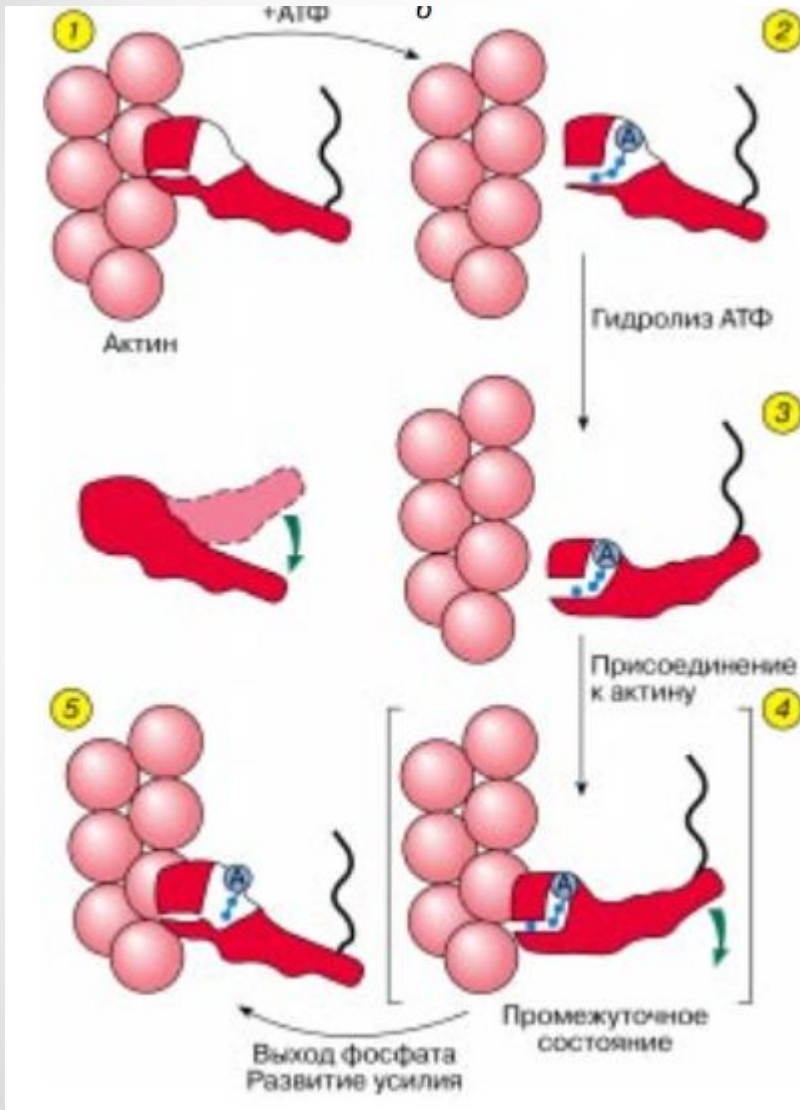


Механизм функционирования головок миозина



- В головке миозина можно выявить **три основные части**.
- N-концевая часть головки миозина с молекулярной массой около 25 000 (обозначена зеленым цветом) формирует АТФ-связывающий центр.
- Центральная часть головки миозина с молекулярной массой 50 000 (обозначена красным цветом) содержит в своем составе центр связывания актина.
- С-концевая часть с молекулярной массой 20000 (обозначена фиолетовым цветом) образует как бы каркас всей головки.
- В С-концевой части головки миозина располагаются центры связывания существенной (желтая) и регуляторной (светло-фиолетовая) легких цепей миозина.

Механизм функционирования головок миозина

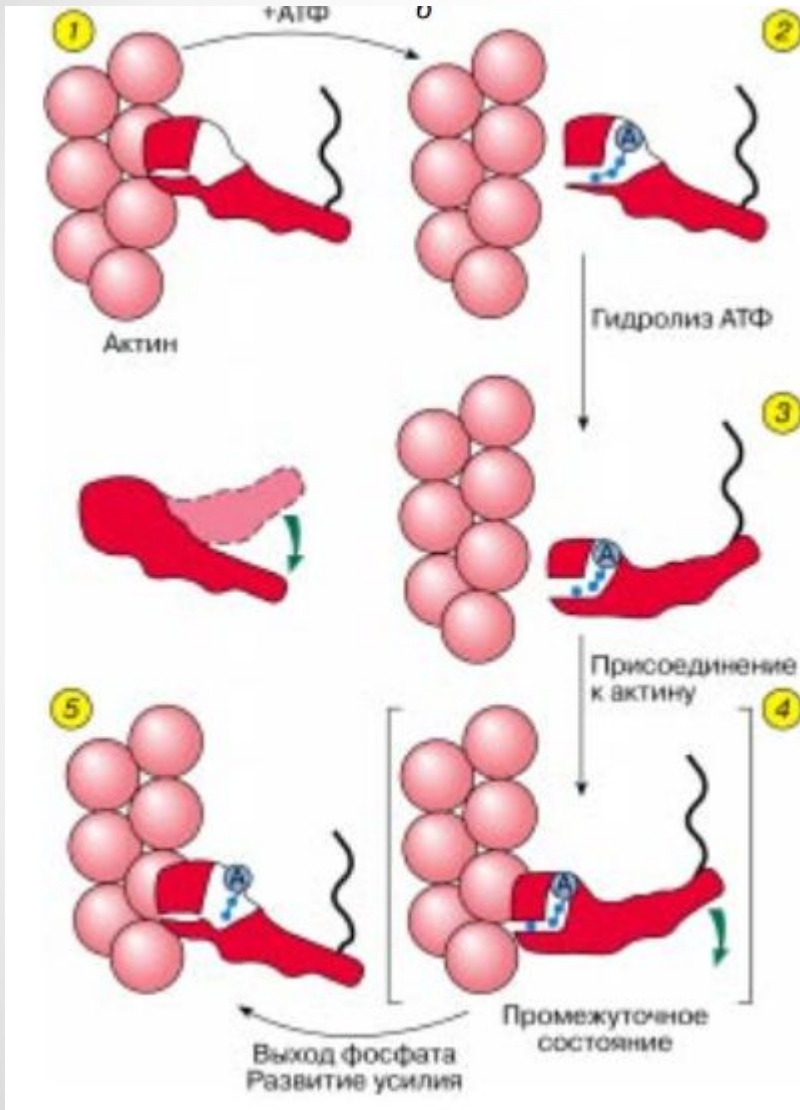


1) В исходном состоянии головка миозина не насыщена АТФ, "пасть" закрыта, актинсвязывающие центры ("челюсти") сближены и головка прочно взаимодействует с актином. Спирализованная "шейка" под углом 45° относительно актина .

2) При связывании АТФ в активном центре "пасть" раскрывается, актинсвязывающие участки удаляются друг от друга, прочность связи миозина с актином ослабевает и головка диссоциирует от нити актина.

3) Гидролиз АТФ в активном центре диссоциировавшей от актина головки миозина приводит к закрыванию щели активного центра, изменению ориентации "челюстей" и переориентации спирализованной шейки. После гидролиза АТФ до АДФ и неорганического фосфата шейка оказывается повернутой на 45° и занимает перпендикулярное положение (3).

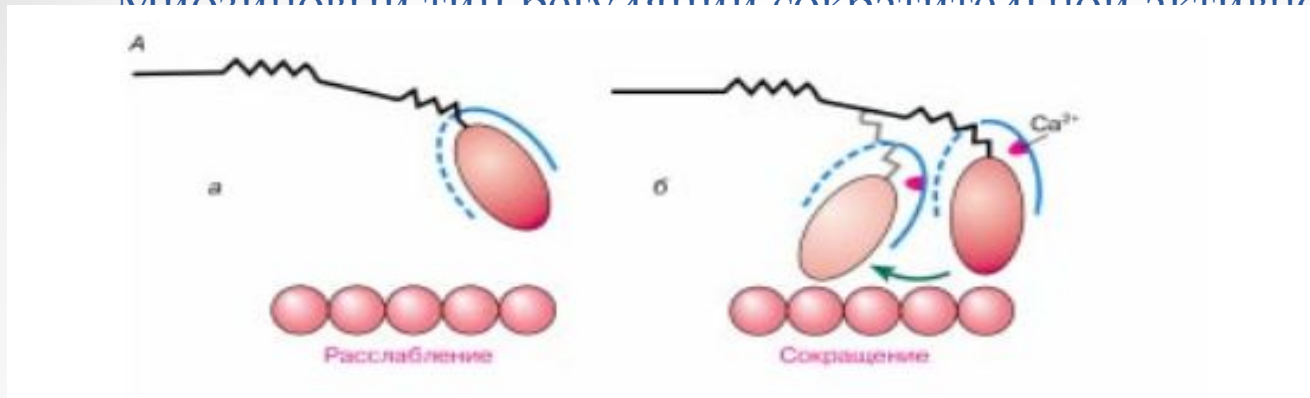
Механизм функционирования головок миозина



4) Головка миозина вновь оказывается способной взаимодействовать с актином. Головка цепляется и взаимодействует с третьим сверху мономером актина. Образование комплекса с актином вызывает структурные изменения в головке миозина.

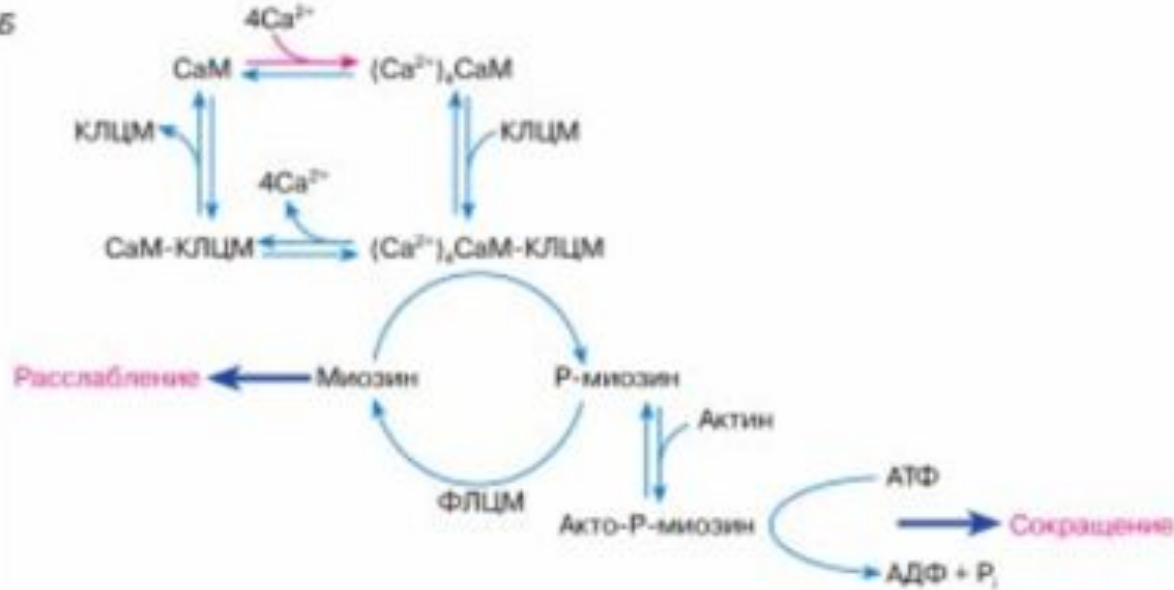
5) Происходит выброс неорганического фосфата из активного центра миозина. Происходит переориентация шейки под углом 45° по отношению к нити актина. В ходе переориентации развивается тянущее усилие.

Миозиновый тип регуляции сократительной активности



- Простейший способ миозиновой регуляции описан для некоторых мышц моллюсков.
- Миозин моллюсков по своему составу не отличается от миозина скелетных мышц позвоночных.
- В состав миозина входят две тяжелые цепи (с молекулярной массой 200000—250000) и четыре легкие цепи (с молекулярной массой 18000—28000).
- Считается, что при отсутствии Ca^{2+} легкие цепи обернуты вокруг шарнирного участка тяжелой цепи миозина. При этом подвижность шарнира сильно ограничена.
- При связывании Ca^{2+} происходят изменения структуры легких и тяжелых цепей миозина. Резко повышается подвижность в области шарнира. Теперь после гидролиза АТФ головка миозина может осуществлять колебательные движения и проталкивать нити актина относительно миозина.

Б

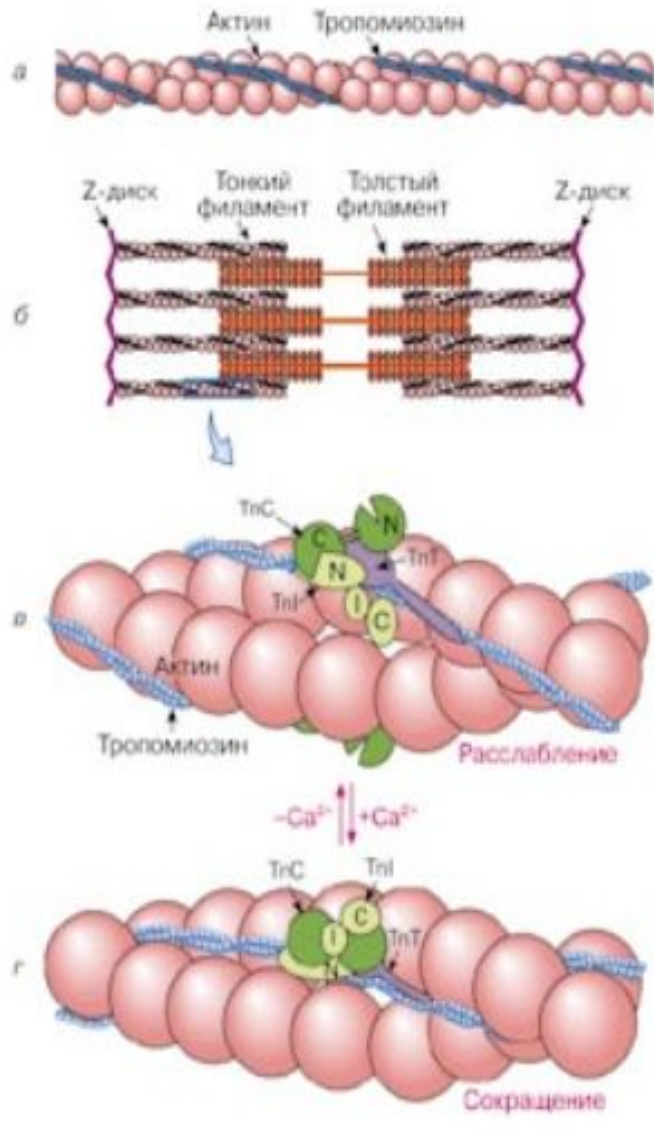


- Миозиновый тип регуляции в случае гладких мышц заметно усложнен.
- Есть фермент "киназа легких цепей миозина" (**КЛЦМ**). Он относится к группе протеинкиназ, ферментов, способных переносить концевой остаток фосфата АТФ на оксигруппы остатков серина или треонина белка.
- В состоянии покоя при низкой концентрации Ca^{2+} в цитоплазме киназа легких цепей миозина неактивна. Это связано с тем, что в структуре фермента есть специальный ингибиторный (блокирующий активность) участок.
- В цитоплазме гладких мышц есть специальный белок кальмодулин, содержащий в своей структуре четыре Ca -связывающих центра. Связывание Ca^{2+} вызывает изменения в структуре кальмодулина. Насыщенный Ca^{2+} кальмодулин оказывается способным взаимодействовать с КЛЦМ. Посадка кальмодулина приводит к удалению ингибиторного участка из активного центра, и киназа легких цепей миозина как бы просыпается. Фермент начинает узнавать свой субстрат и переносит остаток фосфата от АТФ на один (или два) остатка серина, расположенных около N-конца регуляторной легкой цепи миозина. Только после фосфорилирования легкой цепи миозин оказывается способным взаимодействовать с актином и начинается мышечное сокращение (Б).

Актиновый механизм регуляции мышечного

сокращения

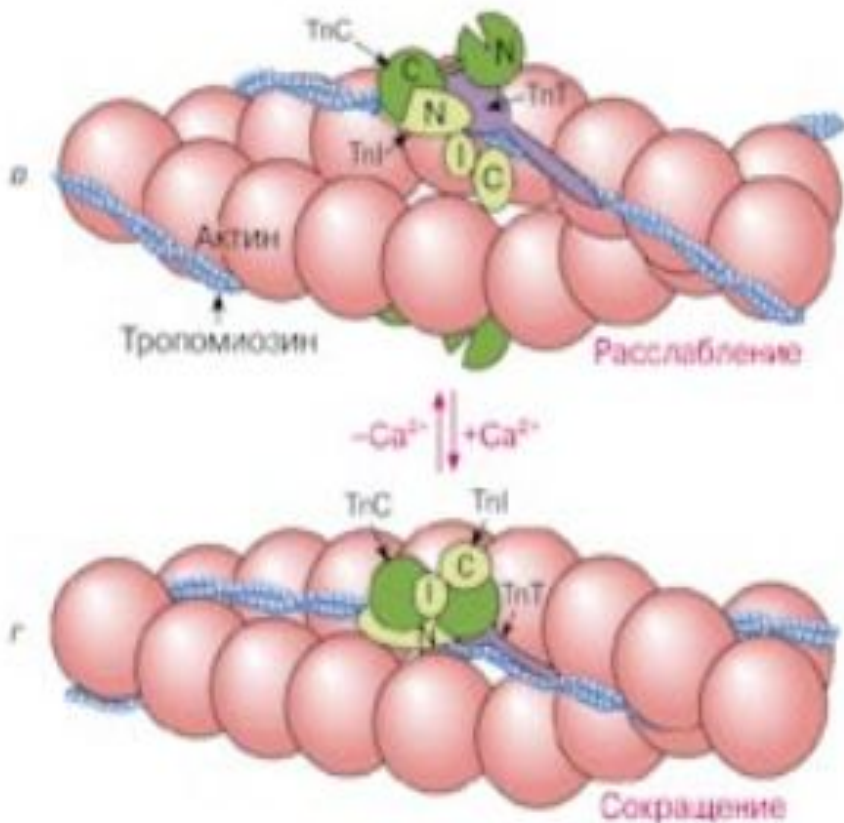
- Нитки бус актина перекручены друг относительно друга, поэтому с двух сторон филамента образуются канавки. В глубине канавок размещается сильно спирализованный белок **тропомиозин**. Каждая молекула тропомиозина состоит из двух одинаковых - полипептидных цепей.



Актиновый механизм регуляции мышечного

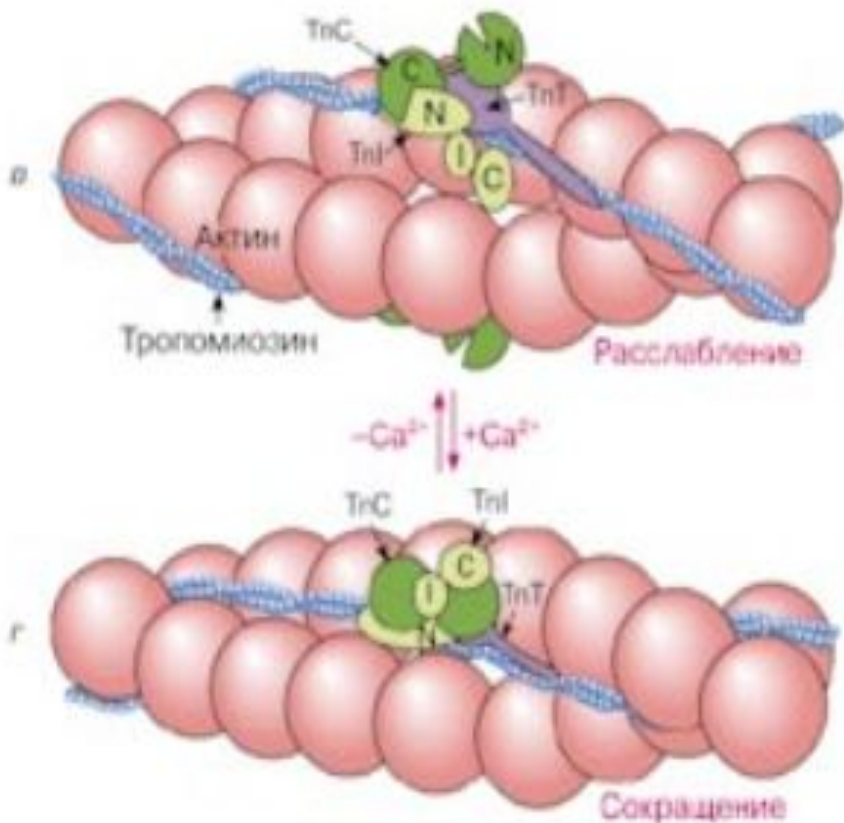
сокращения

- На актиновом филаменте располагается еще и тропониновый комплекс.
- Тропонин С, способен связывать Ca^{2+} . По структуре и свойствам очень похож на кальмодулин.
- Тропонин I может ингибировать (подавлять) гидролиз АТФ актомиозином.
- Тропонин Т прикрепляет тропонин к тропомиозину.



Актиновый механизм регуляции мышечного

сокращения



- При повышении концентрации Ca^{2+} в цитоплазме происходит насыщение регуляторных центров тропонина С .
- Тропонин С образует прочный комплекс с тропонином I. При этом ингибиторная и С-концевая части тропонина I диссоциируют от актина.
- Теперь ничто не удерживает тропомиозин на поверхности актина, и он закатывается на дно канавки. Такое перемещение тропомиозина увеличивает доступность актина для головок миозина, увеличивается площадь контакта актина с миозином, и головки миозина приобретают возможность не только контактировать с актином, но и прокатываться по его поверхности, генерируя при этом тянущее усилие.

Тетанические сокращения

Различают два режима сократительной деятельности скелетных мышц:

- одиночное;
- тетаническое сокращение.
- **Тетаническое сокращение** - это слитное длительное сокращение скелетной мышцы. В его основе лежит явление суммации одиночных мышечных сокращений.

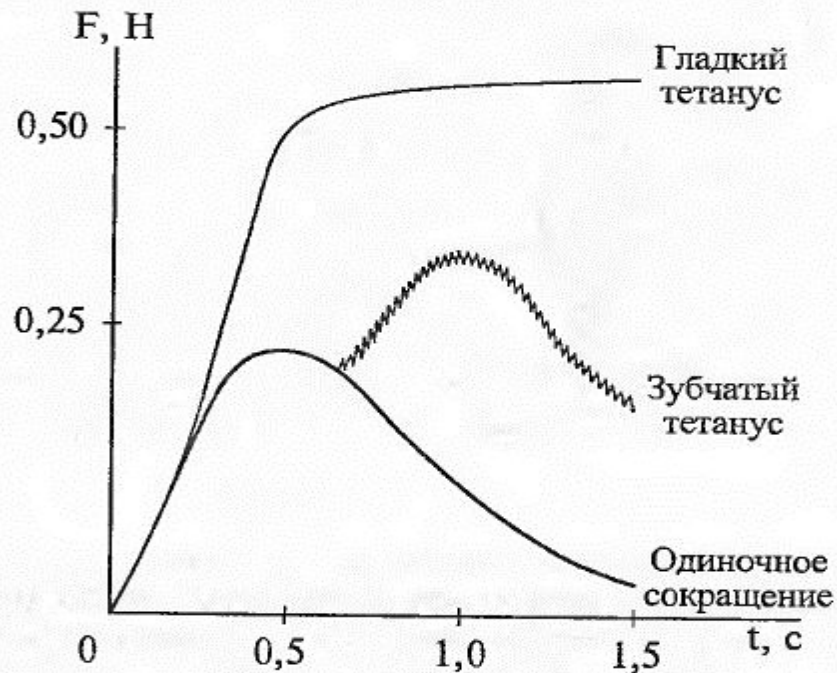


Рис. 4.27. Режимы сократительной деятельности скелетных мышц

Спасибо за внимание