

# Физиология мышц

1. Скелетные

2. Гладкие

# Физиологические свойства мышц



возбудимость

проводимость

сократимость

автоматия

# Раздражители мышц

# 1.растяжение

## 2.изменение концентрации химических веществ



п/п мышцы –  
в области синапса



гладкие мышцы имеют  
рецепторы к  
химическим  
веществам на всей  
поверхности

## 3.нервные импульсы



гладкие мышцы –  
От автономной н.  
с.



п/п мышцы –  
От соматической  
н.с.

# Биоэлектрические явления в скелетных мышцах

**ПОТЕНЦИАЛ  
ПОКОЯ**

Калиевой природы.  
Величина - 60 – 90 мВ.

**Потенциал  
действия**

Пикообразный.  
Амплитуда 120 -130 мВ.  
Длительность:

В глазных мышцах  
около 1 мс

В мышцах  
туловища – 2 – 3 мс

**Скорость распространения ПД по мышечному  
волокну 3- 5 м/с**

# Режимы мышечных сокращений



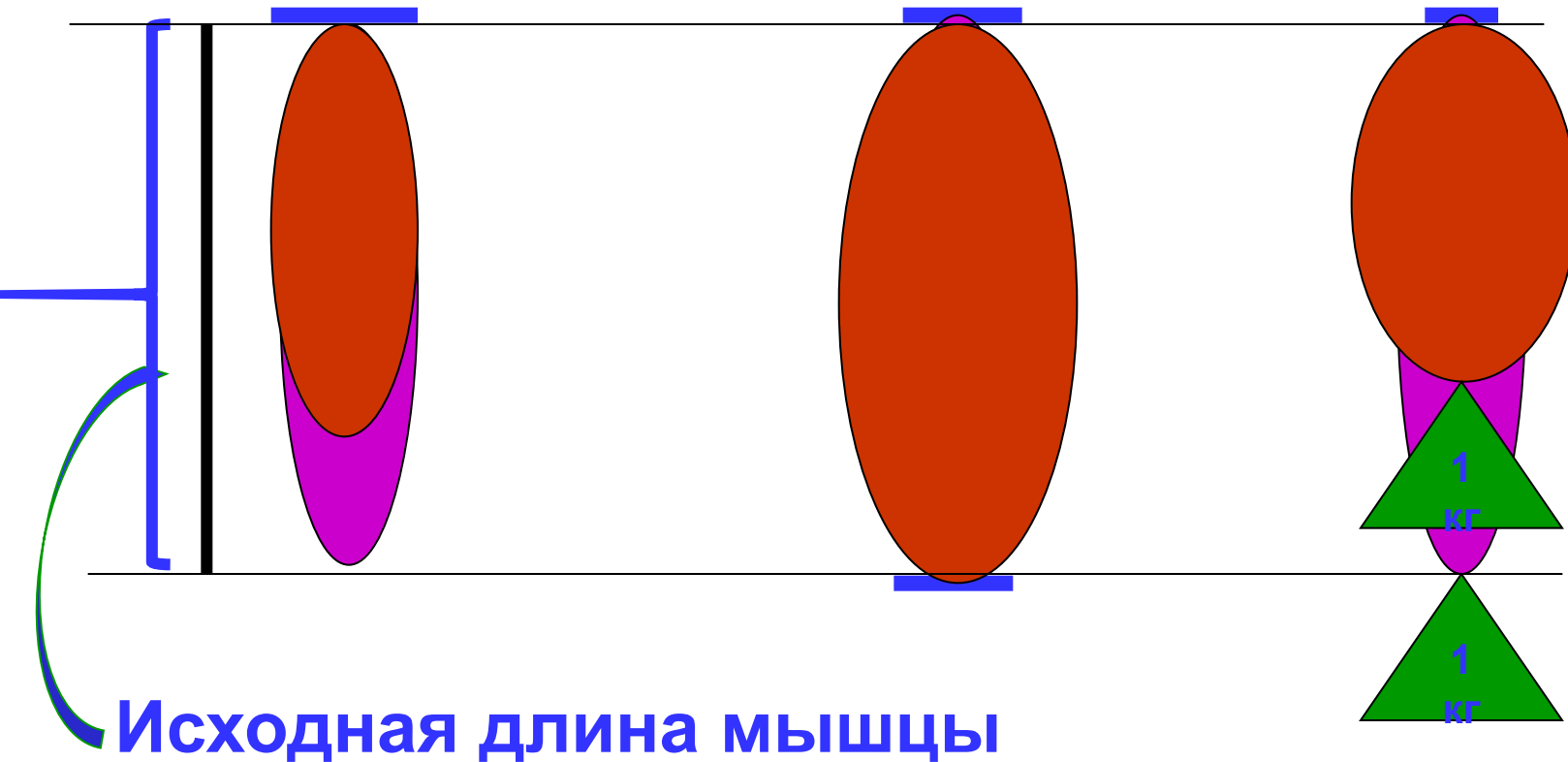
изотонический



изометрически  
й



смешанны  
й



# Виды мышечных сокращений , их характеристика

Тонические

Ритмические

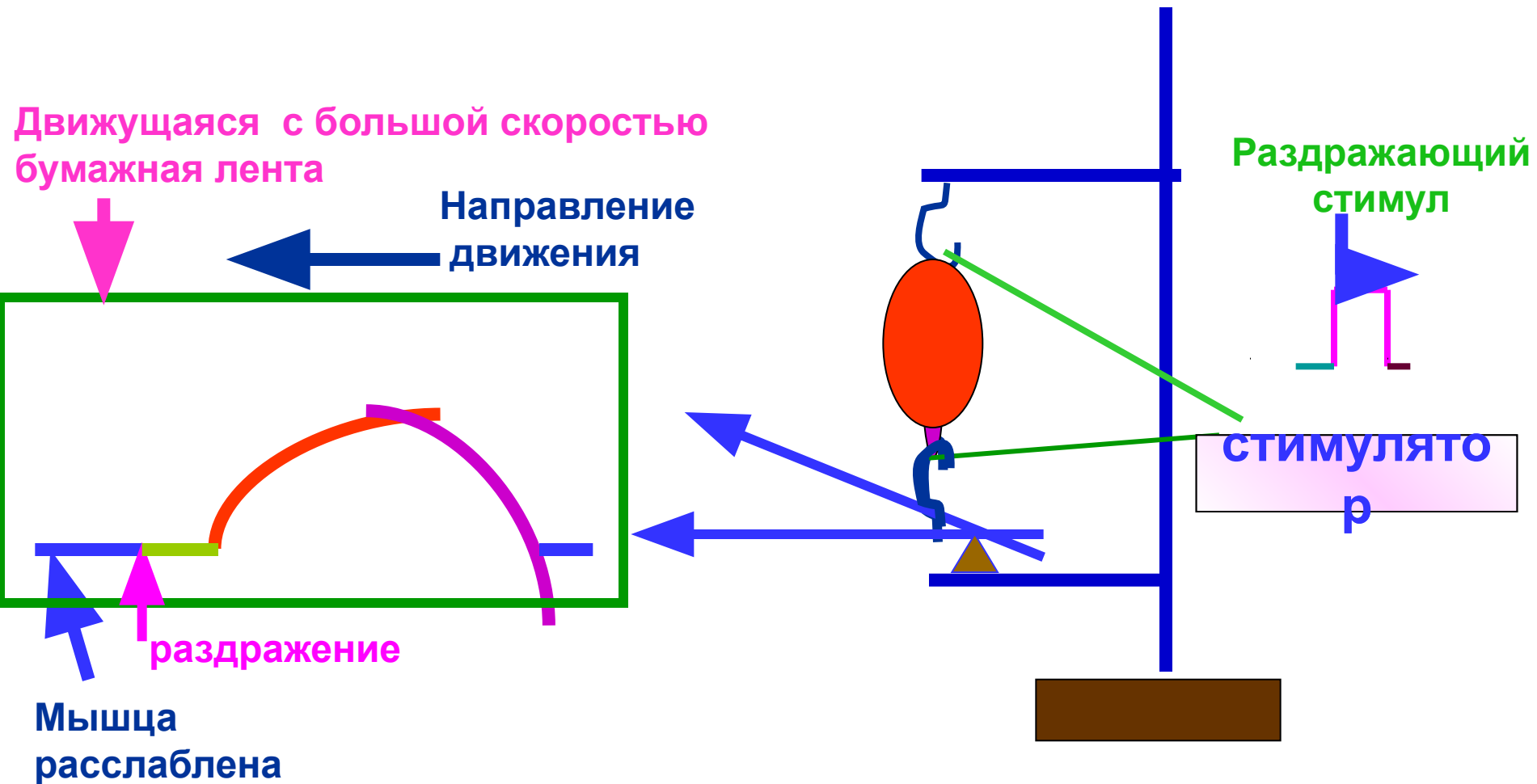
Одиночные

Тетанические

Зубчатый тетанус

Гладкий тетанус

# Установка для регистрации мышечных сокращений

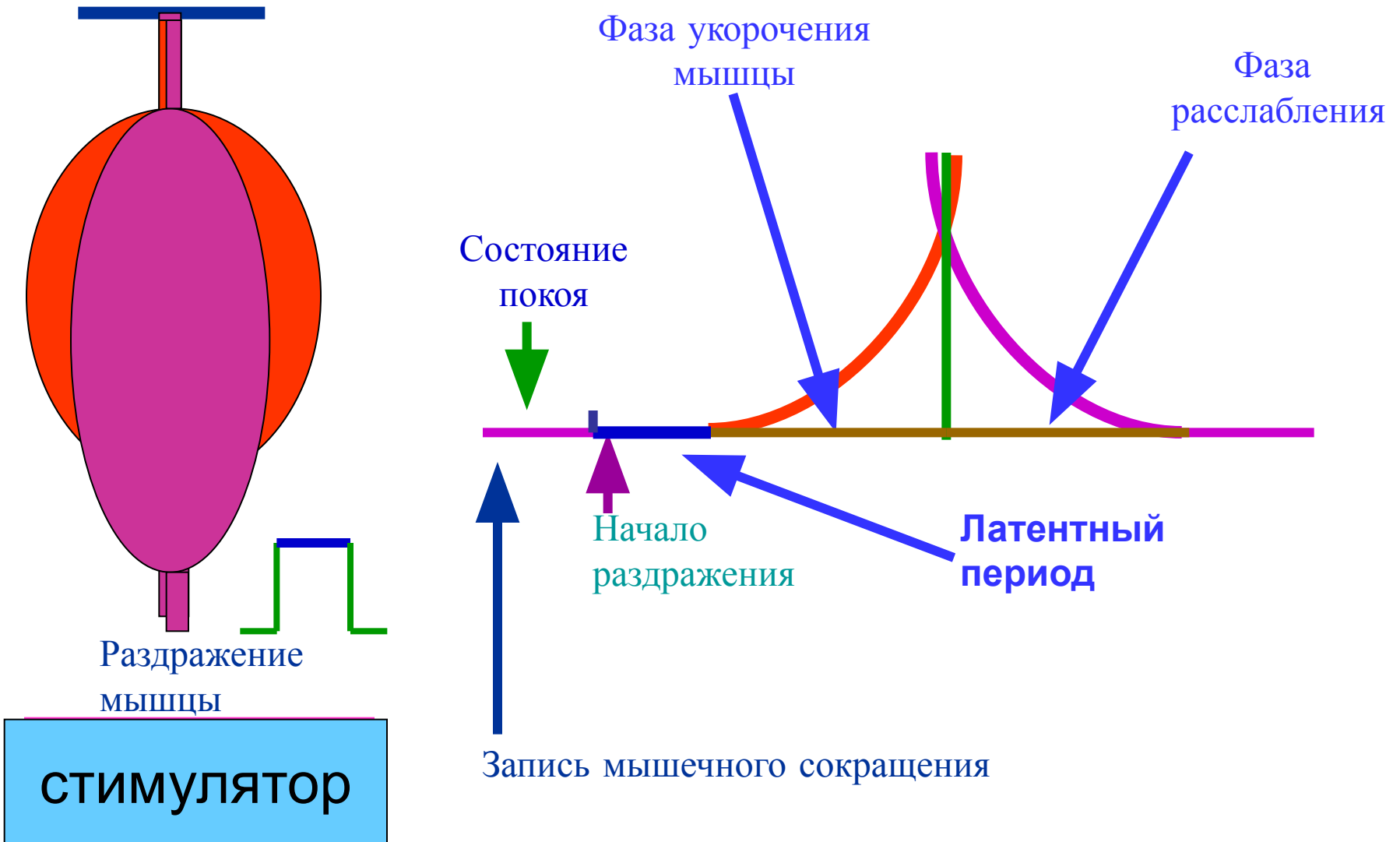




# Тонические сокращения

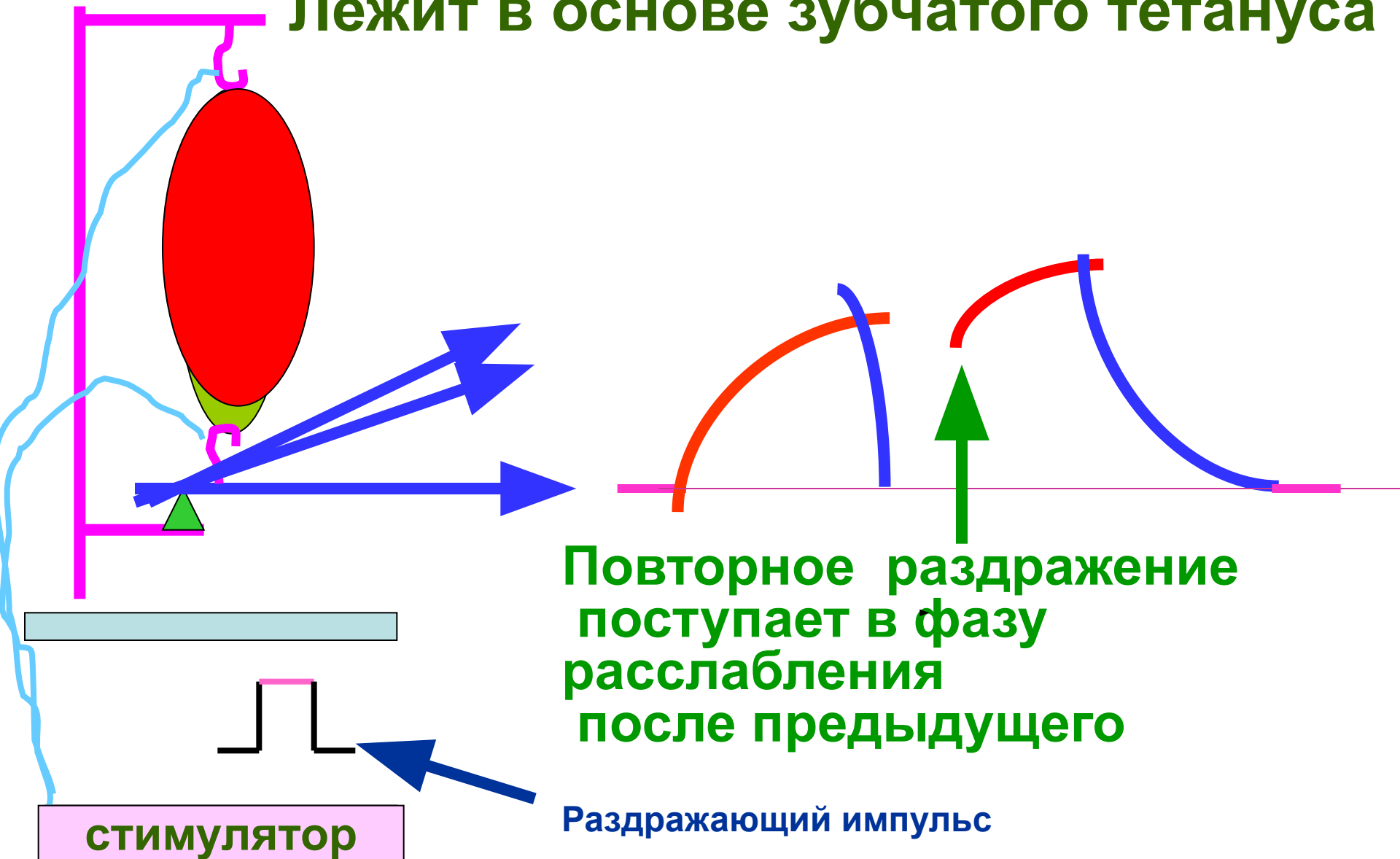
- это длительное напряжение мышц без расслабления.
  - **Ритмические сокращения**
- это чередование сокращений и расслаблений

# Схема формирования одиночного мышечного сокращения



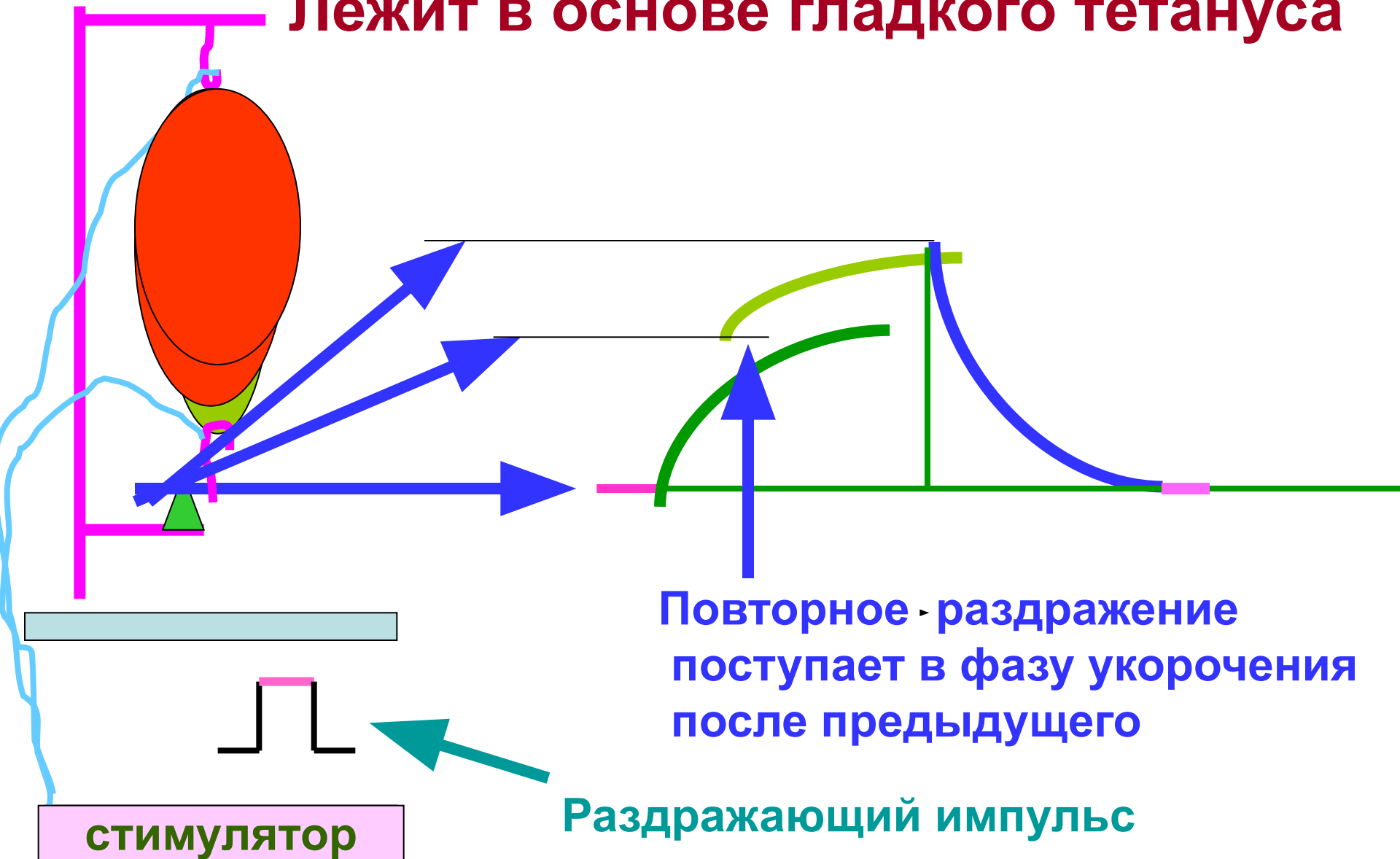
# Неполная суммация сокращений

Лежит в основе зубчатого тетануса

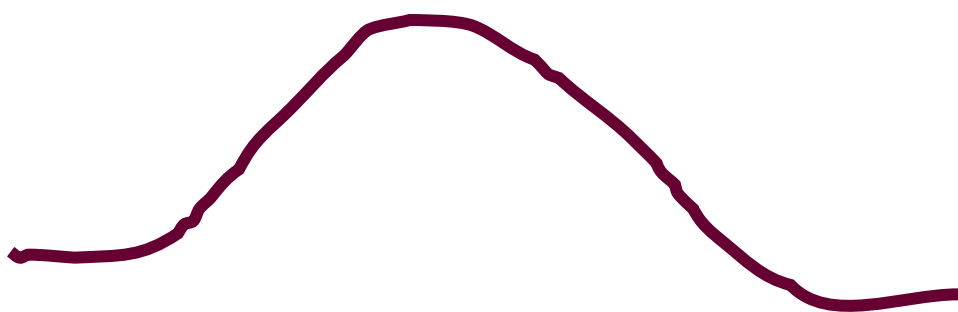


# Схема полной суммации сокращений

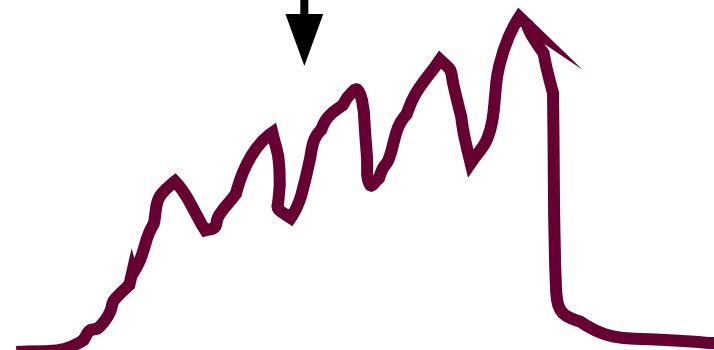
Лежит в основе гладкого тетануса



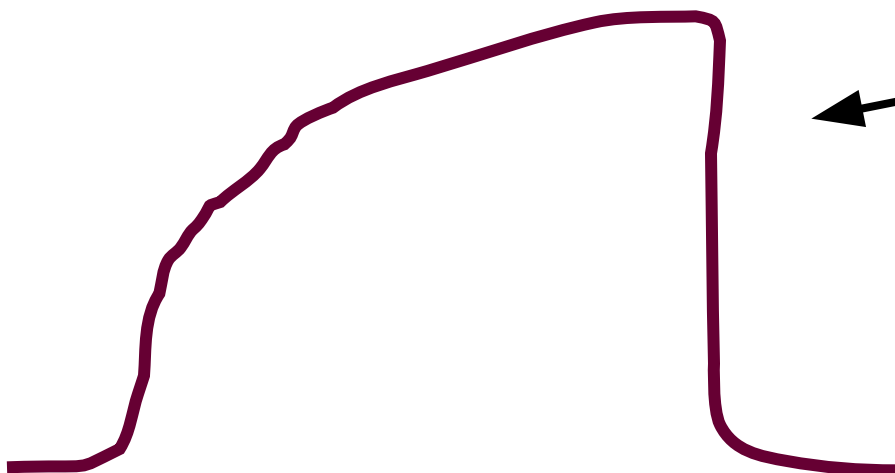
Одиночное  
сокращение



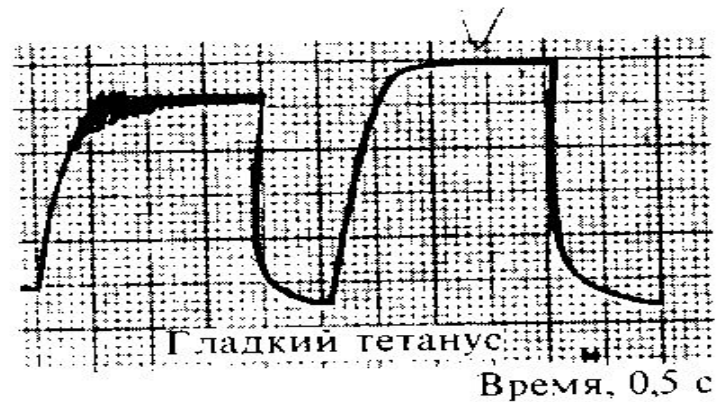
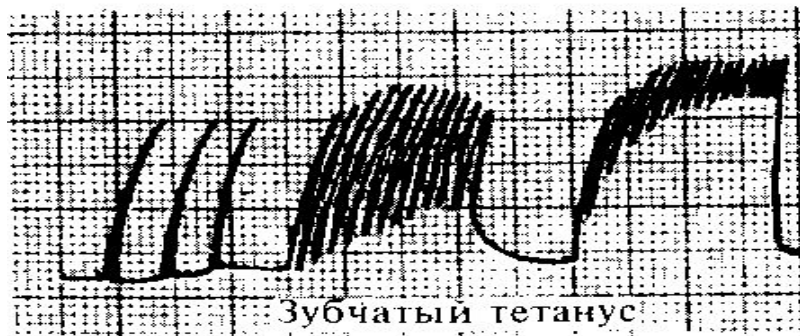
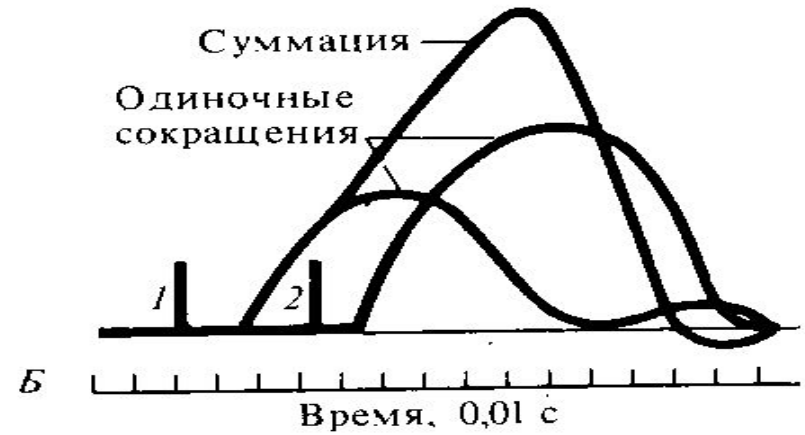
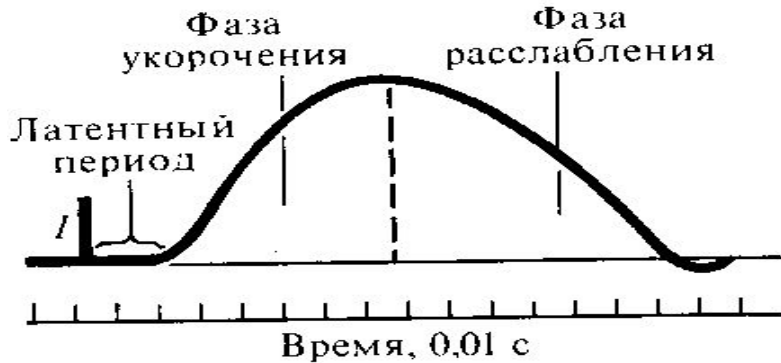
Зубчатый  
тетанус



Гладкий  
тетанус



# Виды сокращений МЫШЦ



# Элементы мышц

# Трофический аппарат мышцы

Представлен ядрами и органеллами.  
Обеспечивает синтез сократительных белков

# Энергетический аппарат мышцы

Представлен митохондриями,  
образующими АТФ



# Специфический аппарат МЫШЦЫ

- Представлен Т-системой, триадой. Образована вертикальным
- впячиванием поверхностной мембраны и прилегающими двумя боковыми цистернами саркоплазматического ретикулума, содержащими Са.

# Сократительный аппарат МЫШЦЫ

- Представлен:
- 1. - сократительными белками:  
актином и миозином;
- 2. – модуляторными белками:  
тропонином и тропомиозином

# **Характеристика сократительного аппарата мышцы**

**Мышечное волокно**



**Сократительные элементы  
–  
миофибриллы**



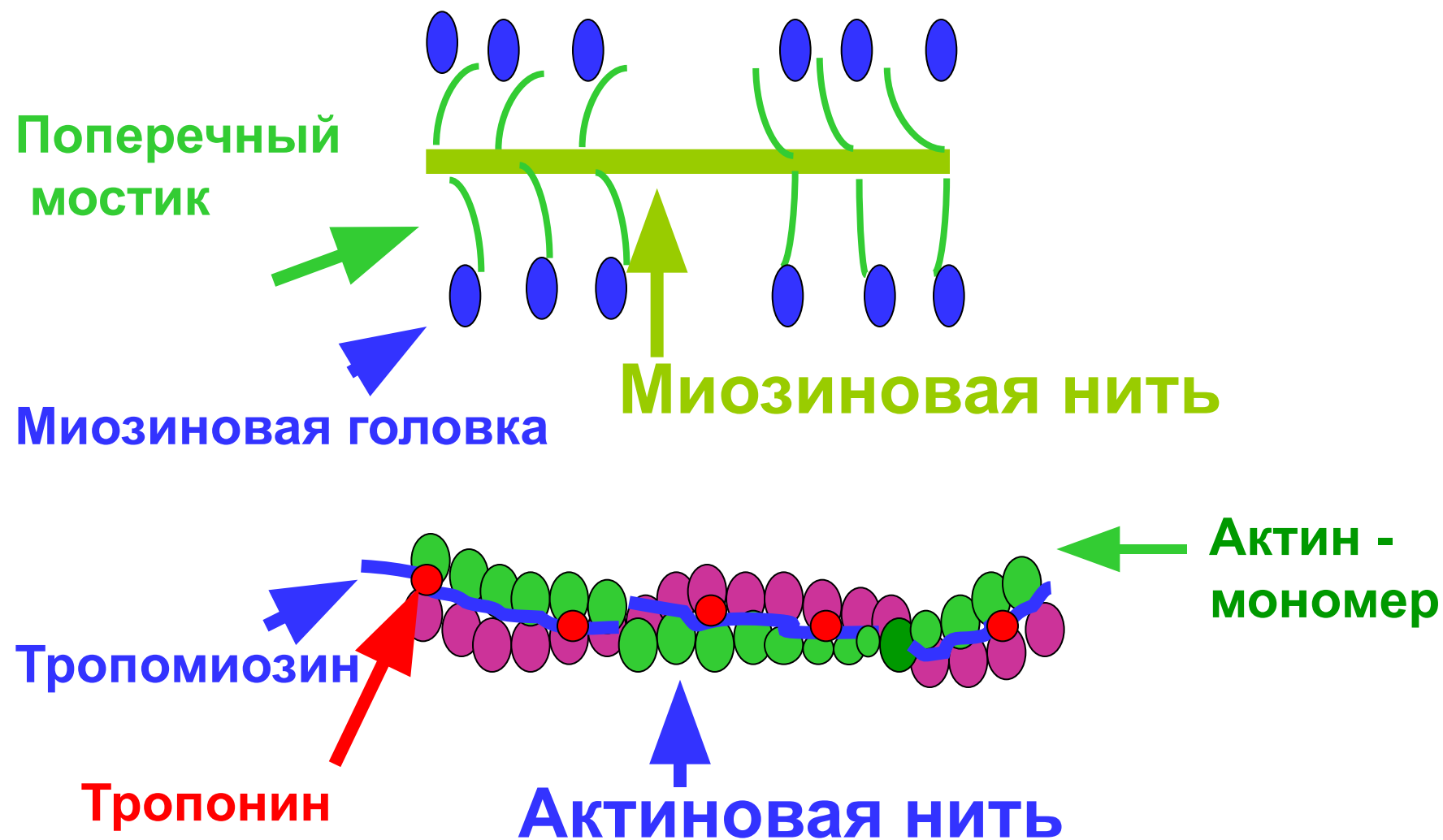
**Миофиламенты –  
протофибриллы**

**Диаметр от 10 до 100 мкм  
Длина - от 5 до 400 мм  
в зависимости от длины  
мышцы**

**1000 и более в волокне  
Толщина 1 – 3 мкм**

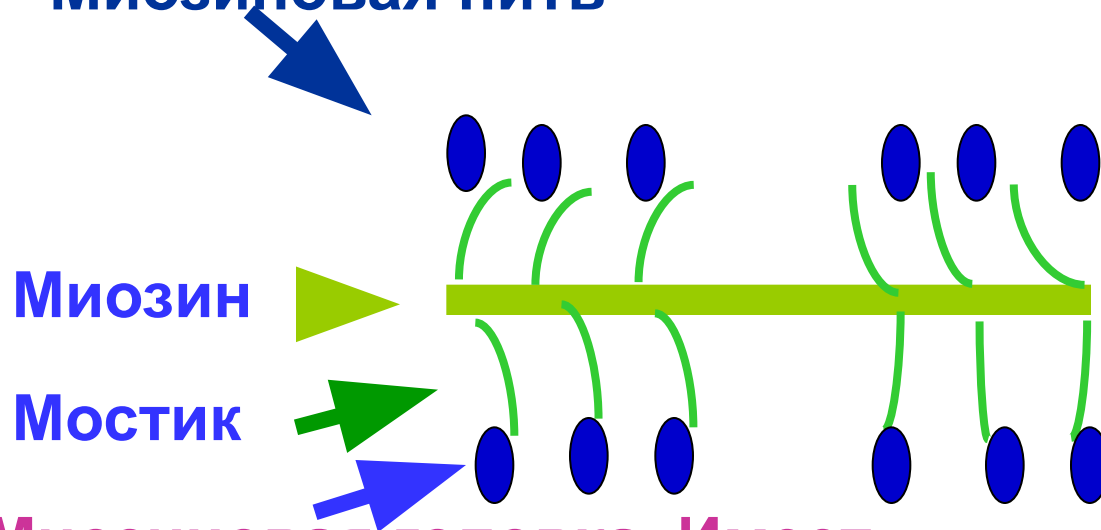
**До 2500. Состоят из  
актиновых и  
миозиновых нитей.  
Расположены  
упорядочено, образуют  
поперечную  
исчерченность.**

# Строение миозиновой и актиновой нитей



# Строение миозиновой и актиновой нитей

Миозиновая нить

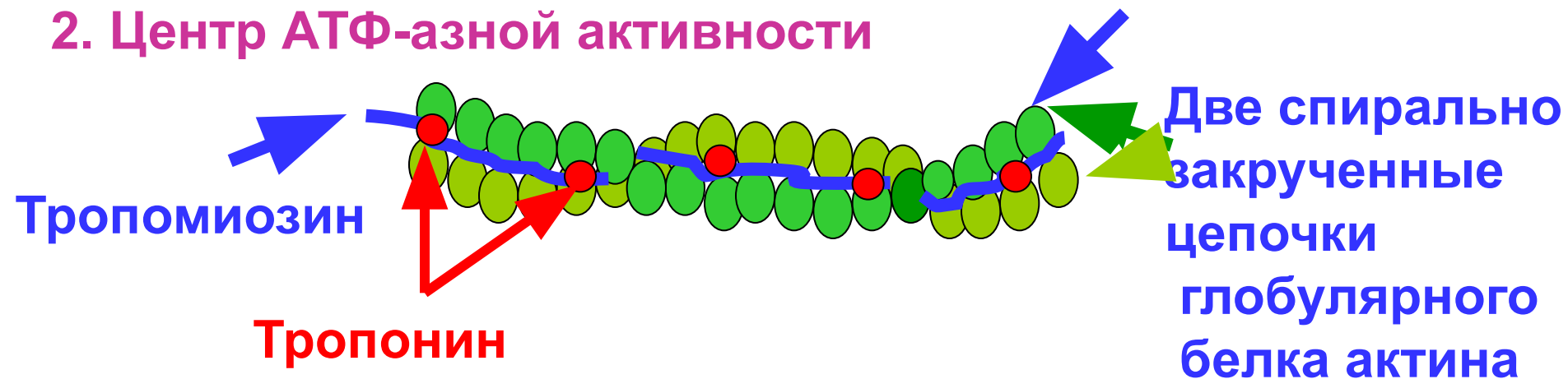


Миозин

Мостик

Миозиновая головка. Имеет  
2 центра: 1. Центр сродства к актину;  
2. Центр АТФ-азной активности

Актиновая нить

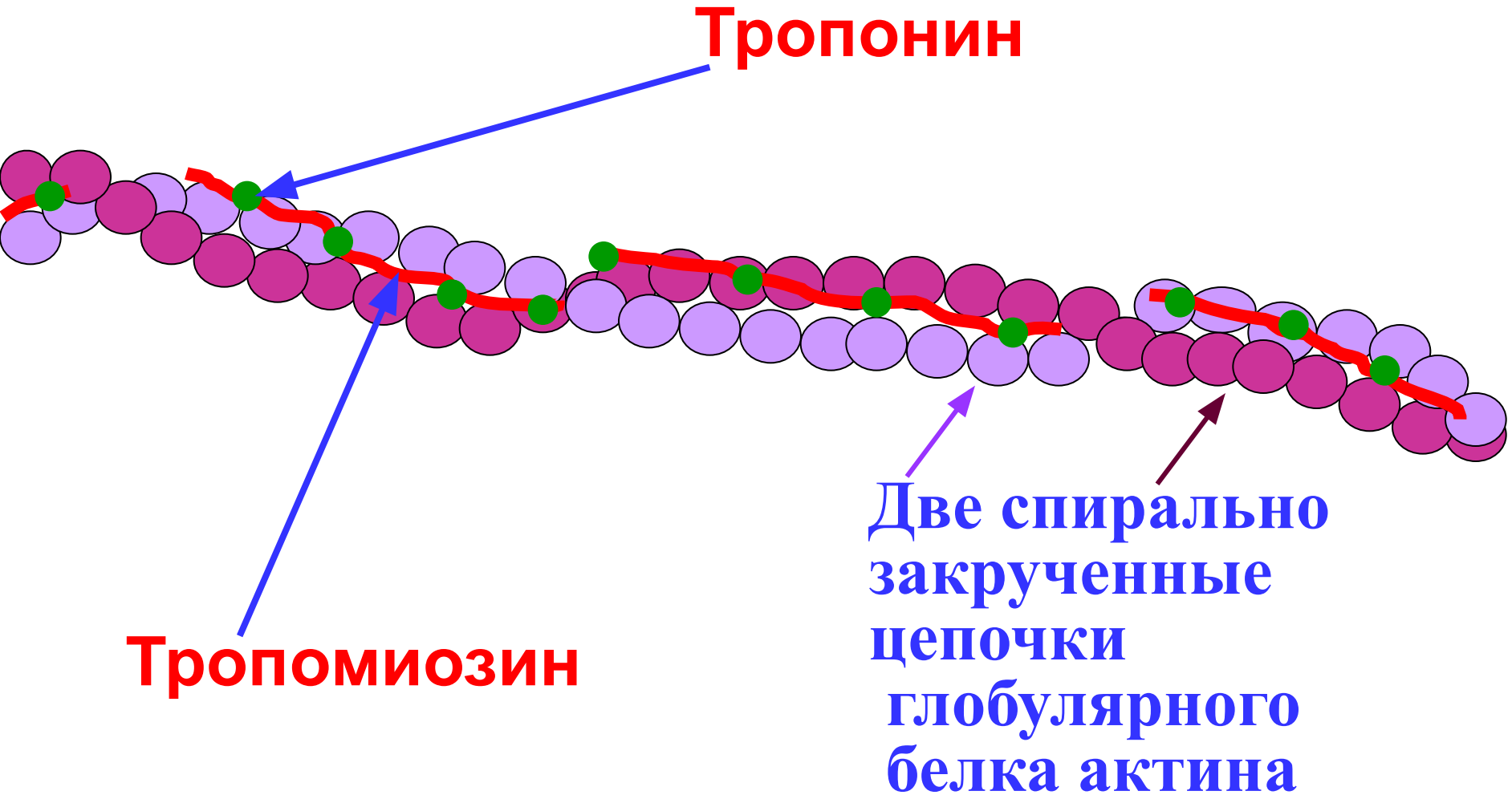


Тропомиозин

Тропонин

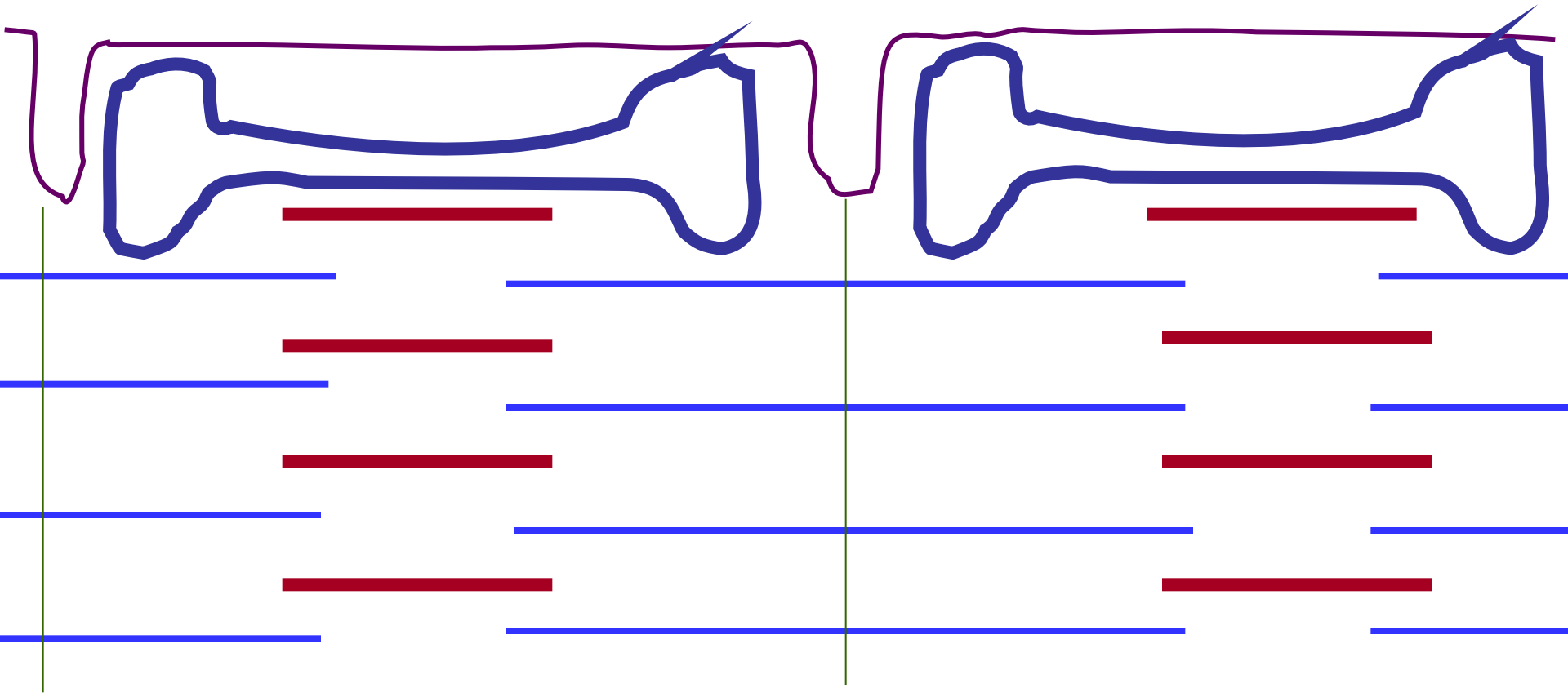
Две спирально  
закрученные  
цепочки  
глобулярного  
белка актина

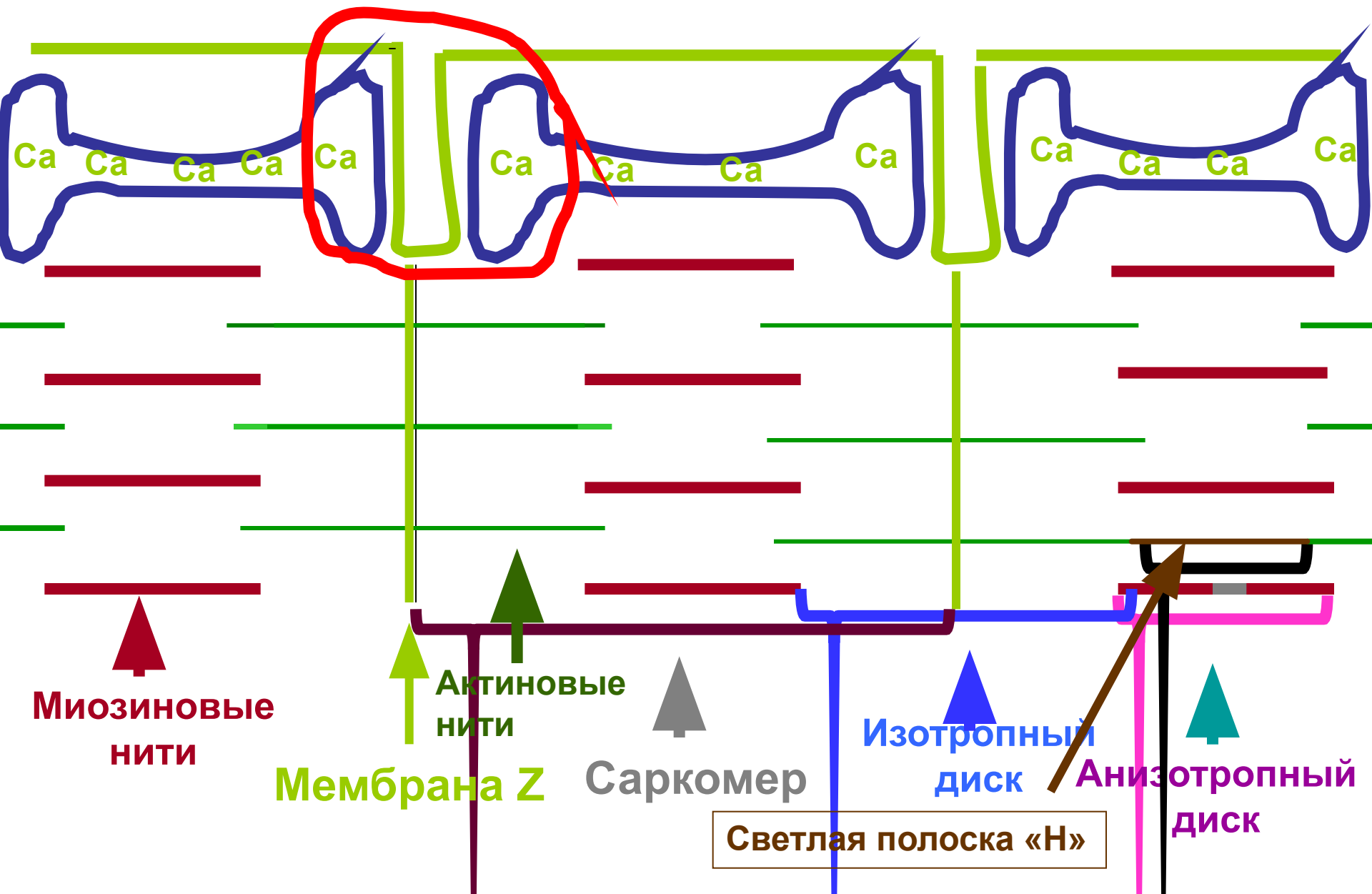
# Строение актиновой нити



# **Строение миофибриллы и саркомера**







**Механизм мышечного  
сокращения.**

**Теория скольжения.**

- В покое в межфибрилярном пространстве концентрация Са меньше  $10^{-8}$ М. Актиновые центры блокированы тропомиозином.
- При возбуждении мышечного волокна на его мембране возникает ПД, распространяется внутрь волокна по Т-системе.

- $\text{Ca}^{2+}$  ВЫХОДИТ ИЗ БОКОВЫХ цистерн СПР в межфибрилярное пространство и концентрация его увеличивается до  $10^{-6}$  М.

- $\text{Ca}^{2+}$  связывается с тропонином, смещается тропомиозин и открывается актиновый центр.
- Между центром сродства к актину на миозиновой головке и активным центром актина устанавливается СВЯЗЬ.

- Образуется актомиозиновый комплекс. Активируется АТФ-азный центр миозиновой головки и расщепляется АТФ.

- Миозиновая головка поворачивается на  $45^\circ$  и продвигает актиновую нить между миозиновыми т.е. происходит скольжение актина вдоль миозина



- Связь актина и миозина разрывается,
- МИОЗИНОВАЯ ГОЛОВКА возвращается в исходное положение и процесс повторяется.

# Расслабление.

- Прекращение поступления раздражения к мышце активирует кальциевый насос, который перекачивает  $\text{Ca}^{2+}$  в СПР. Его концентрация снижается.

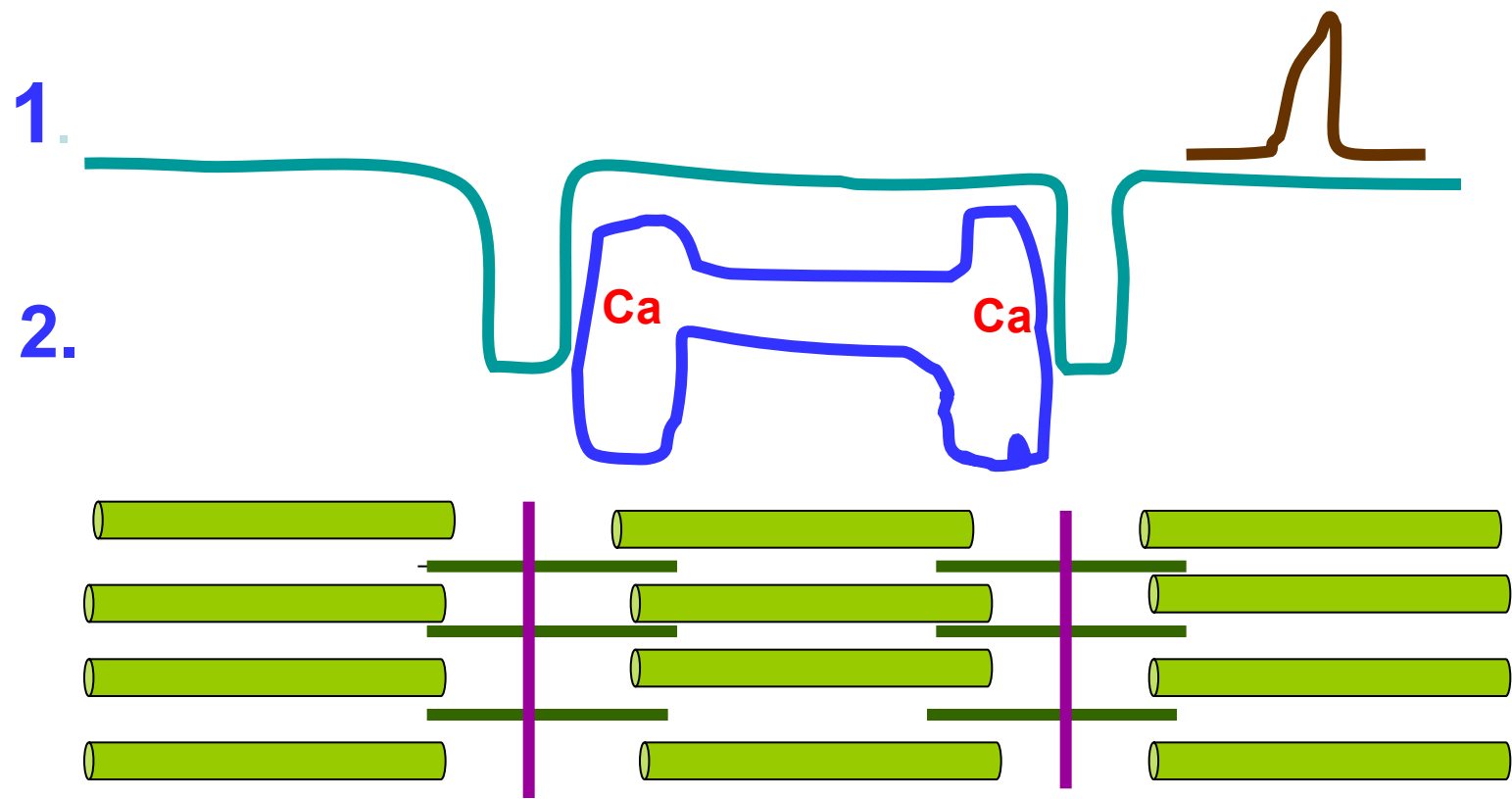
- Тропомиозин вновь закрывает актиновые центры и мышца расслабляется.

# Энерготраты мышц

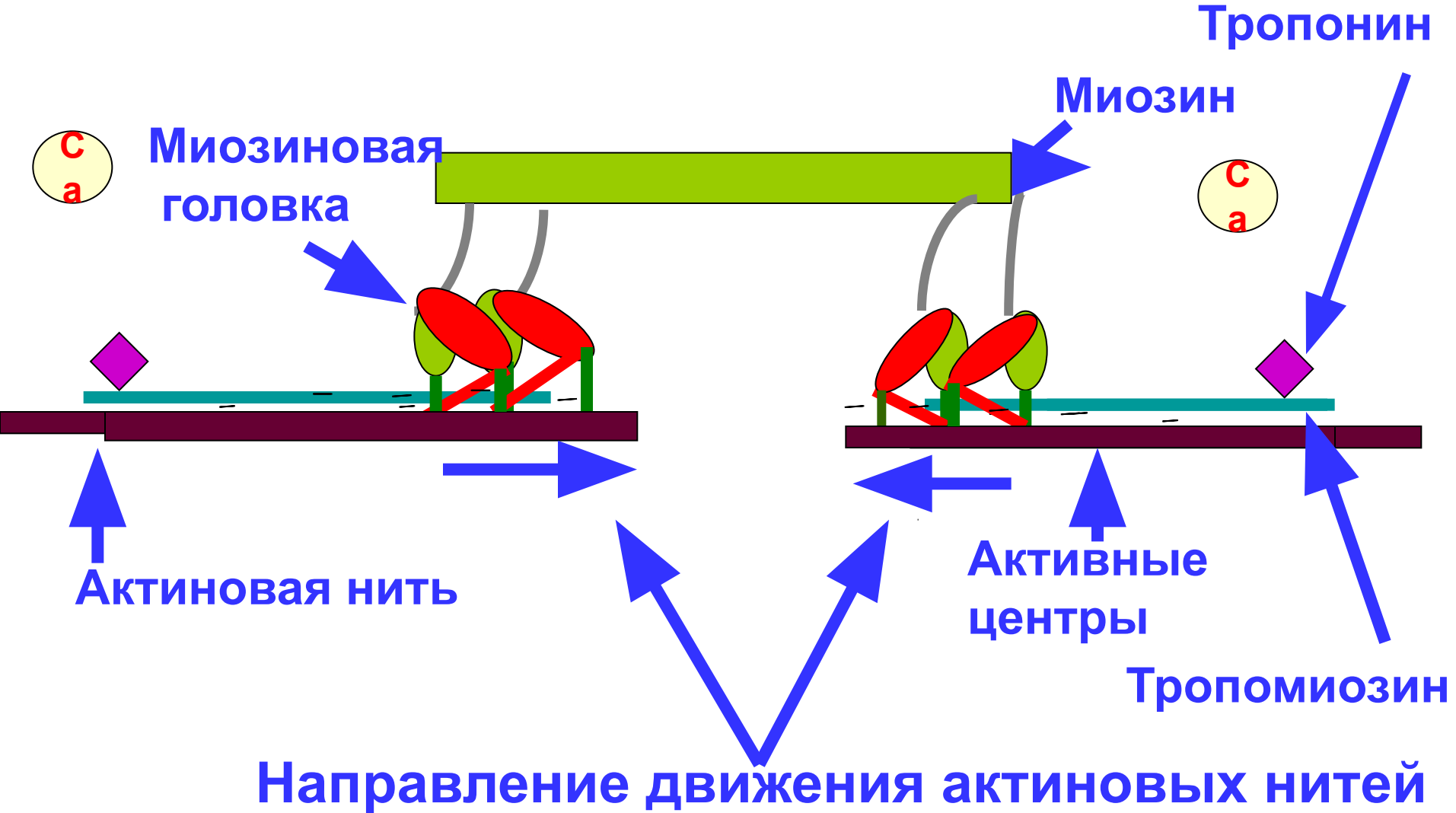
1. На работу ионных насосов:  
на сарколемме – Na- K насос,  
в мембране СПР – Ca насос.

2. На поворот миозиновой  
ГОЛОВКИ.

# Механизм мышечного сокращения



# Скольжение актина вдоль миозина



# Нейромоторные единицы

- **Синонимы:**  
двигательные единицы (ДЕ);  
моторные единицы (МЕ).
- Это совокупность мотонейрона и иннервируемых им мышечных волокон.



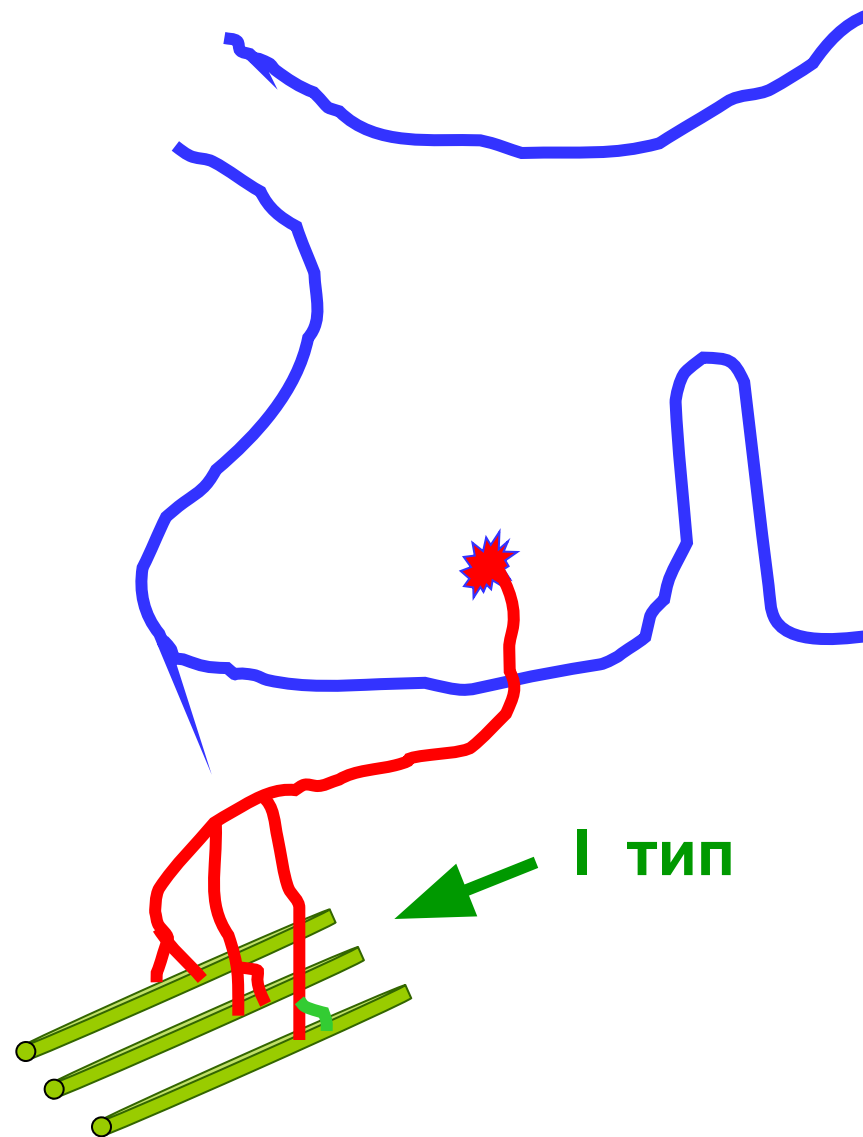
# Типы нейромоторных единиц

По морфофункциональным признакам различают три типа нейромоторных единиц.

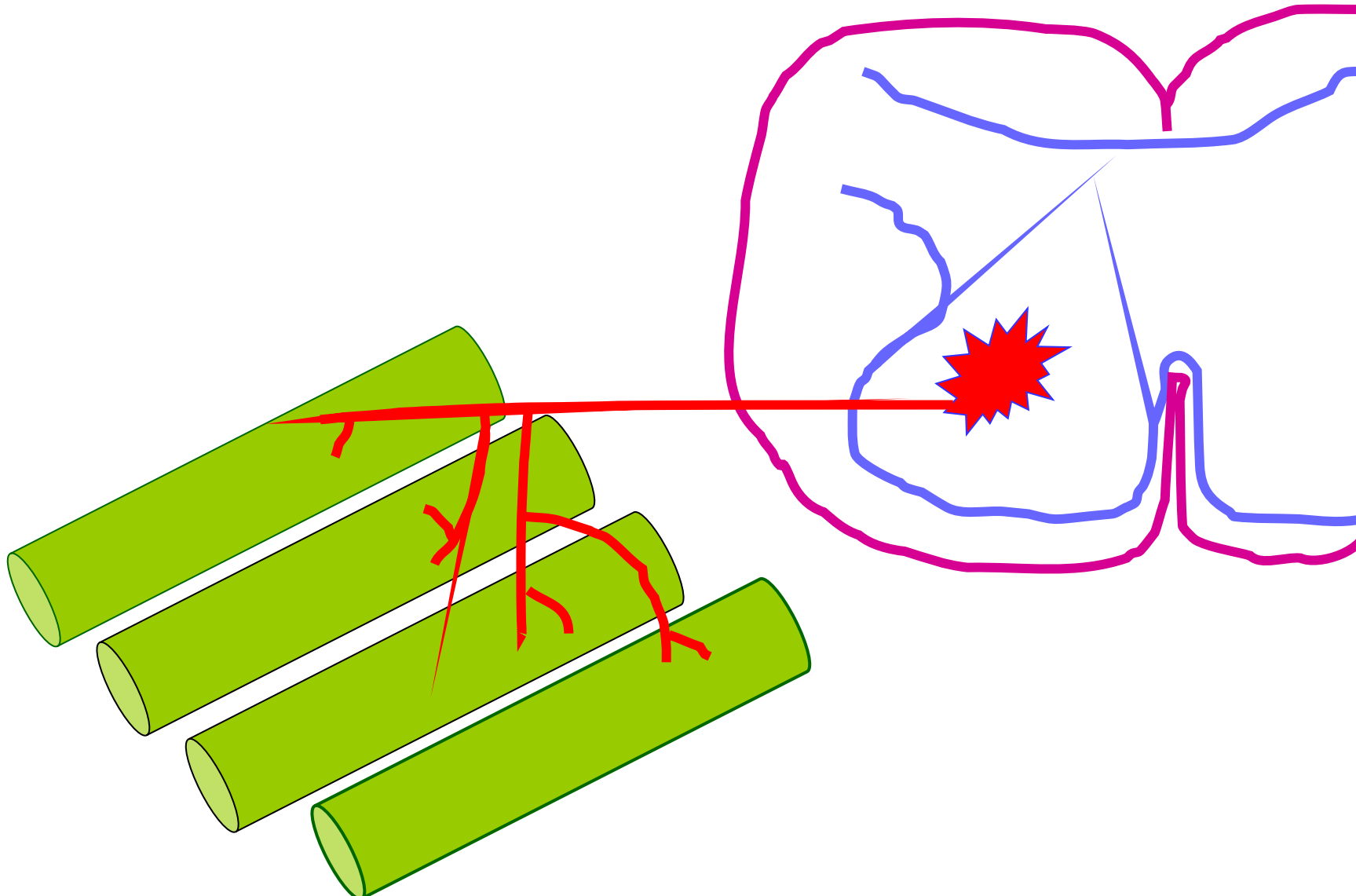


# **Характеристика нейромоторных единиц I типа**

1. Имеют хорошо развитую капиллярную сеть, в цитоплазме много митохондрий, поэтому неустоляемые
2. Имеют низкую активность миозиновой АТФ-азы, поэтому сокращаются медленно.
3. Мотонейрон мелкий с низким порогом активации и низкой скоростью распространения возбуждения по аксону.
4. Количество мышечных волокон в моторной единице невелико.
5. Миофибрилл в волокнах мало, поэтому развивают слабые усилия.
6. Обеспечивают тонус мышц.



# Характеристика нейромоторных единиц II типа



- **1. Легко утомляемые, т.к. имеют мало митохондрий и окружены небольшой капиллярной сетью**
- **2. Имеют высокую активность миозиновой АТФ-азы и высокую скорость сокращения**
- **3. Имеют крупный мотонейрон и большое количество мышечных волокон.**
- **4. В мышечных волокнах много миофибрилл, поэтому развивают большое усилие.**
- **5. Активируются при выполнении кратковременной мощной работы.**

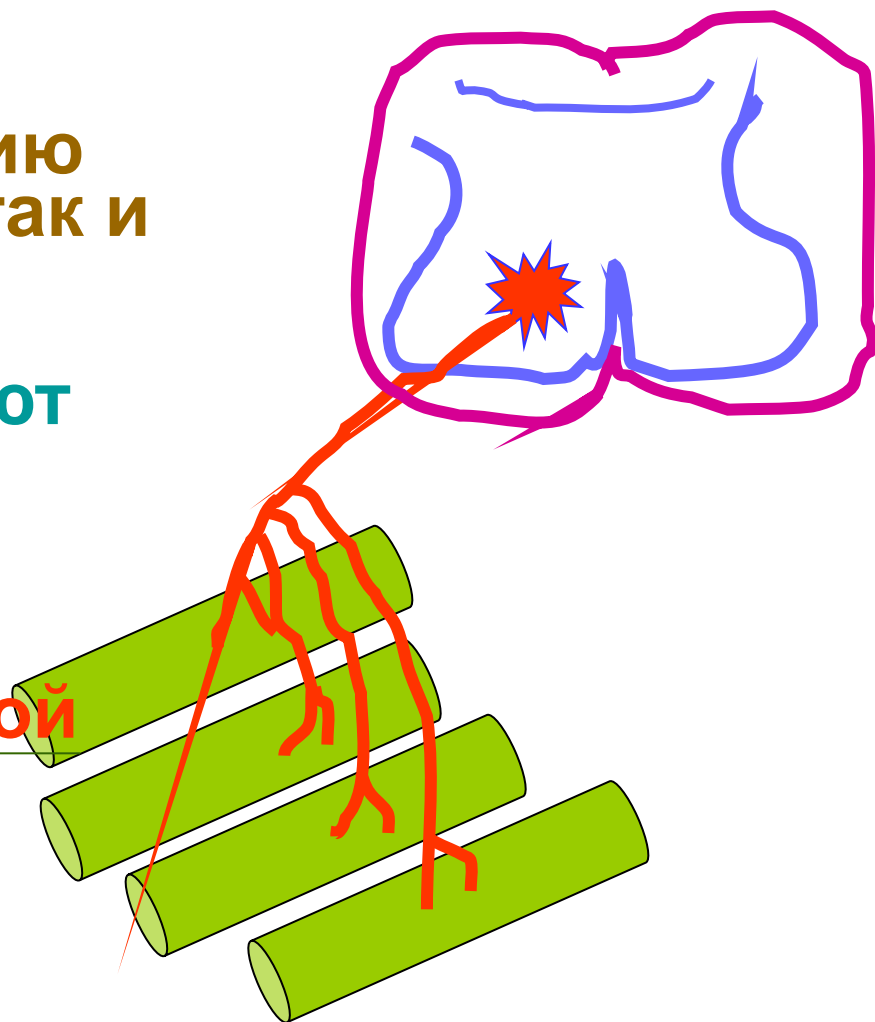
# **Характеристика двигательных единиц III типа**

- 1. Устойчивые к утомлению.
- 2. Быстрые. Включают **сильные, быстро сокращающиеся волокна.**

- 4. Обладают большой выносливостью благодаря использованию энергии как аэробного, так и анаэробного процессов.

- 5. По свойствам занимают промежуточное положение между моторными единицами I и II типа

- 6. Участвуют в длительной ритмической работе со значительными усилиями.



# Работа МЕ в естественных условиях

- Мышечные волокна одной МЕ сокращаются одновременно.
- Волокна разных МЕ сокращаются асинхронно.
- Развиваемое мышцей усилие зависит от количества одновременно активированных МЕ.



# Физиология гладких мышц

**ФУНКЦИИ** гладких мышц

**РЕГУЛИРУЮТ ВЕЛИЧИНУ  
ПРОСВЕТА ПОЛЫХ ОРГАНОВ**

**ОБЕСПЕЧИВАЮТ ДВИГАТЕЛЬНУЮ  
АКТИВНОСТЬ ПОЛЫХ ОРГАНОВ**

**НАПОЛНЕНИЕ И ОПОРОЖНЕНИЕ  
ПОЛЫХ ОРГАНОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ  
ТОНУСА СФИНКТЕРОВ**

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛАДКИХ МЫШЦ

**ВОЗБУДИМОСТЬ**

The diagram consists of a title at the top, followed by four rectangular boxes containing the terms 'ВОЗБУДИМОСТЬ', 'ПРОВОДИМОСТЬ', 'СОКРАТИМОСТЬ', and 'АВТОМАТИЯ' in descending order. Blue arrows point downwards from the title to the first box, from the first box to the second, from the second to the third, and from the third to the fourth. Additionally, a separate blue arrow points downwards from the title to the right side of the diagram, passing between the boxes.

**ПРОВОДИМОСТЬ**

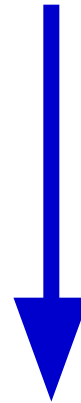
**СОКРАТИМОСТЬ**

**АВТОМАТИЯ**

# Раздражители гладких мышц



**Быстрое растяжение**



**Химические стимулы**



**Нервные импульсы**

# Характеристика автоматии

- Автоматия связана с работой пейсмекерных клеток гладкой мышцы.
- В этих клетках спонтанно меняется концентрация  $Ca$ ,
- что приводит к спонтанному возбуждению пейсмекерной клетки,
- распространению возбуждения по мышечным волокнам и их последующему сокращению.

# Биоэлектрические явления в гладких мышцах

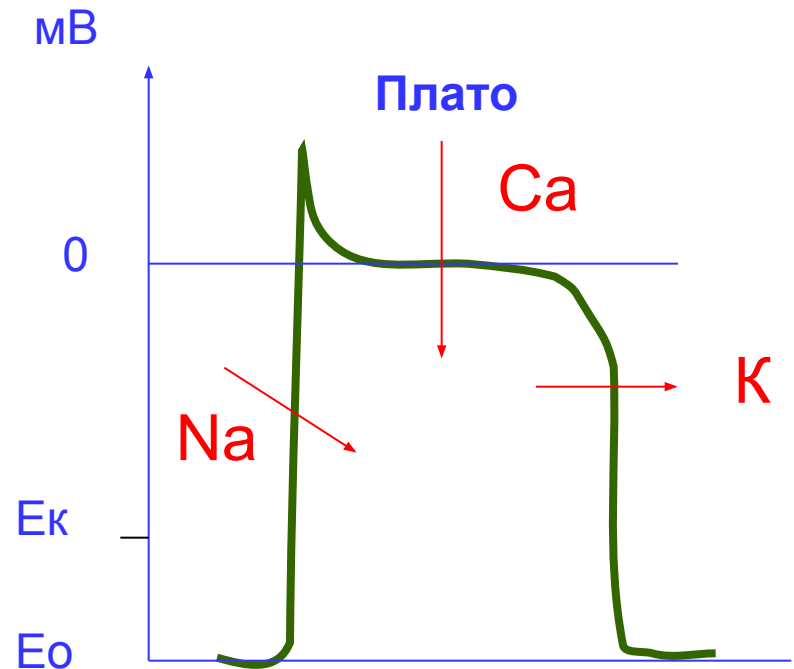
## Потенциал покоя

- Калиевой природы , - 60 – 70 мВ в волокнах без автоматии и - 30 – 70 мВ в волокнах с автоматией.
- Более низкое значение, чем у скелетных мышц связано с высокой проницаемостью мембраны для  $\text{Na}^+$

# Потенциал действия

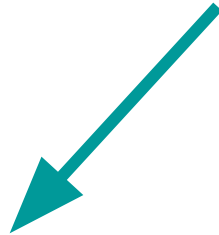
- **1. Пикообразный, длительность 80 мс. Ионный механизм связан с активацией натриевых каналов.**

- **2. Платообразный, длительность 90 – 500 мс. Ионный механизм связан с активацией Na и медленных Ca каналов**





# Типы гладких мышц



**Мультиунитарные**  
Ресничная мышца,  
Радужной оболочки  
глаза  
Поднимающие волосы



**Унитарные**  
Висцеральные  
Гладкие мышцы

# Мультиунитарные

- 1. Состоят из отдельных гладкомышечных волокон
- 2. Волокна иннервируются одиночным нервным окончанием.
- 3. Сокращаются независимо от других волокон.
- 4. Управляются нервными импульсами.

# Унитарные

- 1. Мышечные волокна сокращаются вместе как единое целое.
- 2. Волокна организованы в пласты или пучки.
- 3. Имеются щелевидные контакты (функциональный синцитий).

# Отличия гладких от п/п мышц

- 1. Вместо тропонинового комплекса есть кальмодулин.
- 2. Не имеют упорядоченного расположения нитей.
- 3. Наличие плотных телец, от которых отходят актиновые нити (выполняют роль Z-дисков в скелетной мышце).
- 4. Различна работа миозиновых мостиков.

- 5. Сокращения длительные, тонические (возможно связано с низкой активностью миозиновой АТФ-азы).
- 6. Низкое энергозатраты при сокращении.
- 7. Длительное одиночное сокращение (в 30 раз больше, чем в скелетной).

- 8. Развивают в 2 раза большую силу сокращения на единицу площади поперечного сечения, чем скелетные мышцы.

- 9. После полного сокращения могут удерживать ту же силу при снижении приходящей импульсации и низком расходе энергии (механизм защелки).

- 10. Явление релаксации напряжения

(пластический тонус).

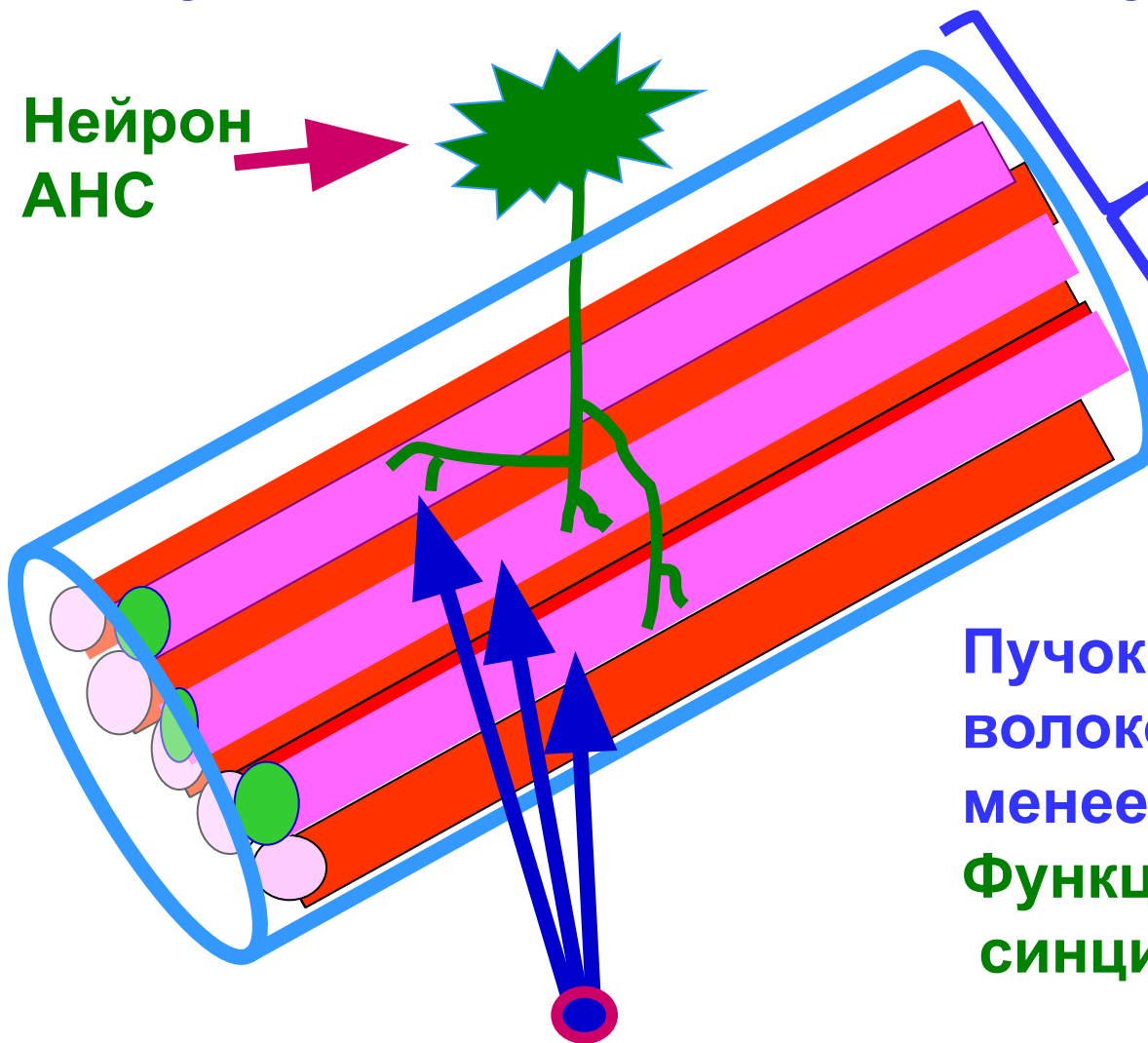
Поддерживает постоянное давление, несмотря на длительные, значительные по величине изменения объема.



# Функциональные единицы унитарных

гладких мышц

Нейрон  
АНС



Пучок мышечных  
волокон, диаметром не  
менее 100 мкм.

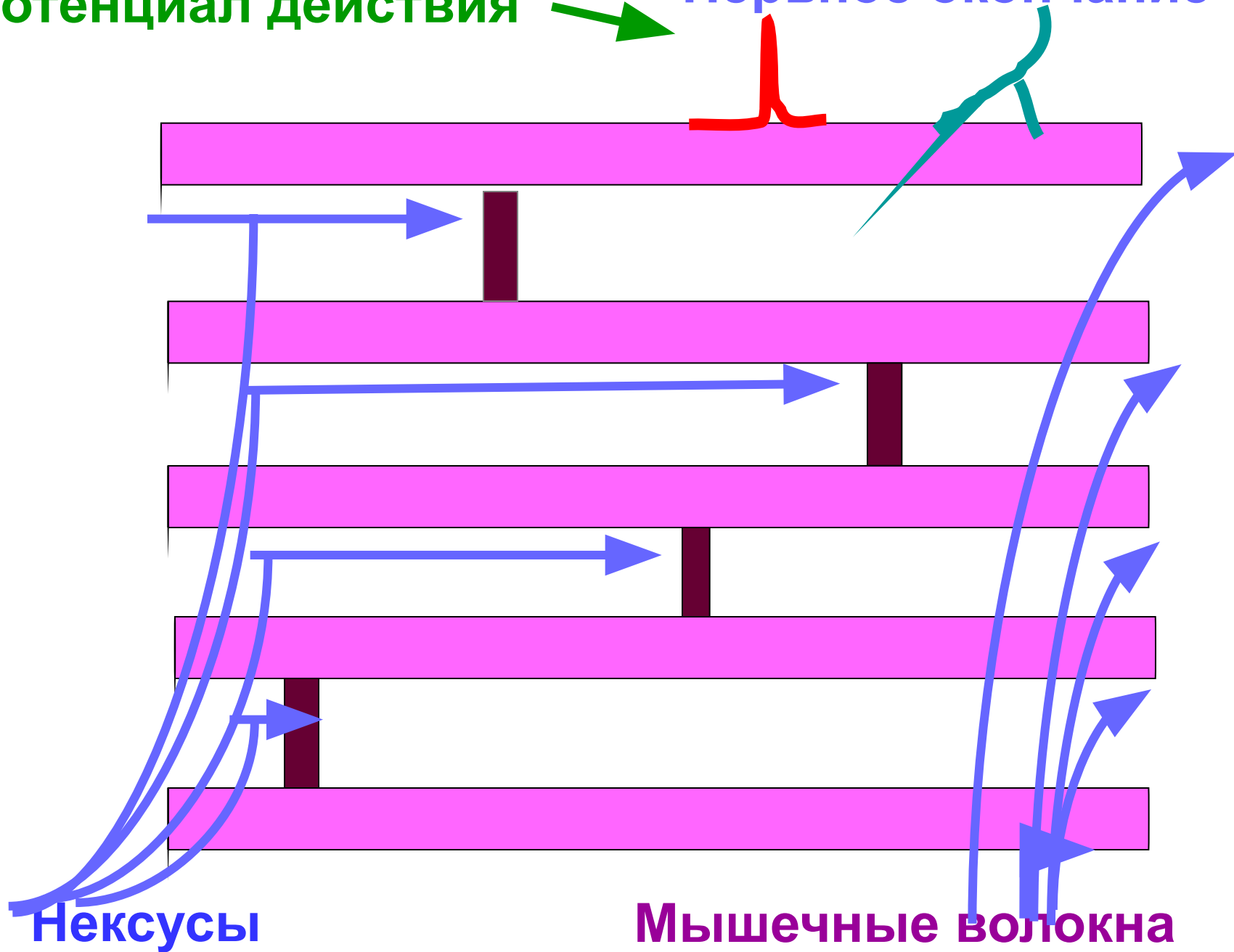
Функциональный  
синцитий.

Группа иннервируемых волокон  
в функциональной единице

# Распространение возбуждения по функциональному синцитию

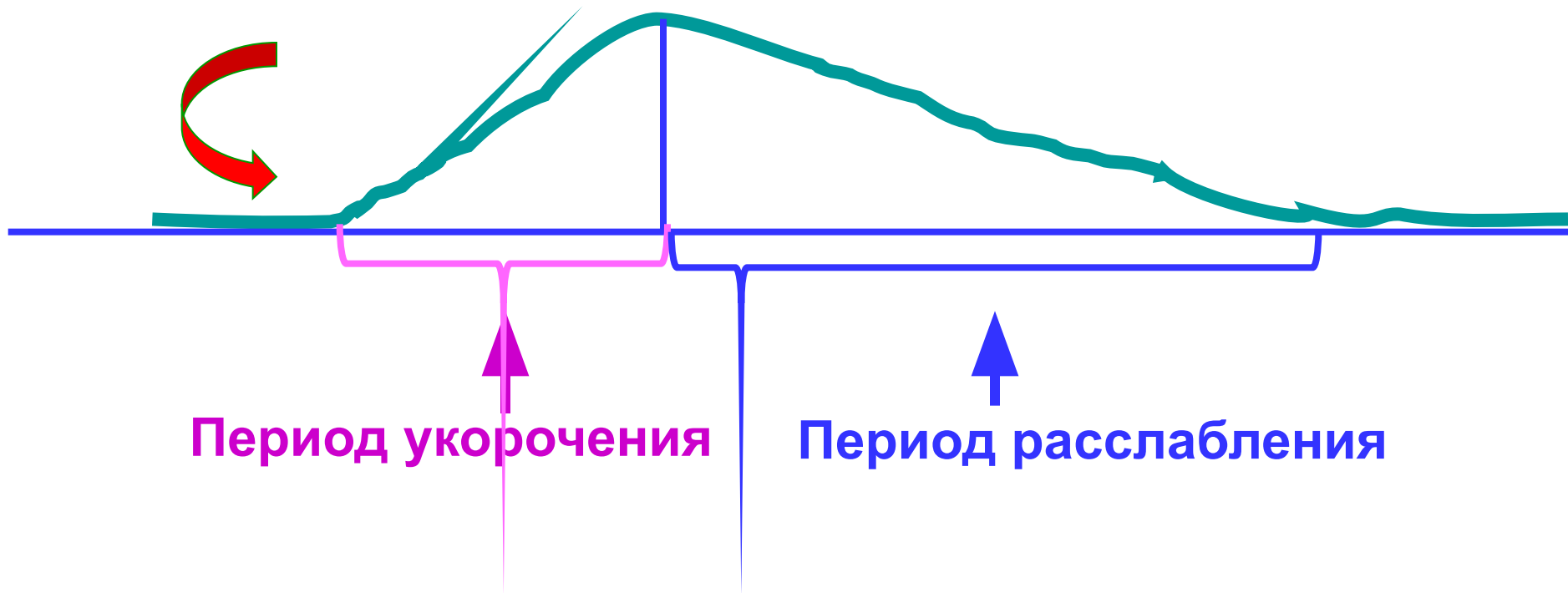
Потенциал действия

Нервное окончание



# Виды сокращений гладких мышц

## Одиночное сокращение



**Тонические  
сокращения**

→ **Пластический тонус.**

Способность гладких мышц сохранять приданную форму при медленном растяжении .

**Ритмическ  
ие  
сокращени  
я**

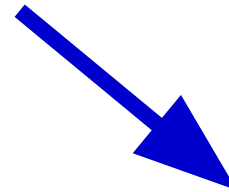
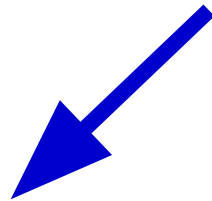
→ **Чередование сокращений и расслаблений.**

**Пример -перистальтика.**

→ **Осуществляется за счет сокращения продольных и поперечных слоев мышц стенки полых органов.**

# **Физиология секреторной клетки**

- Характеристика секрета.
- Модифицированная плазма,
- обогащенная тем или иным
- веществом, выполняет физиологическую или защитную функцию.
- **Работа секреторной клетки**



**Синтез секрета  
по  
генетической  
программе**

**Выделение  
секрета**

# Биоэлектрические явления в секреторной клетке

**Потенциал покоя**

**-30,**  
**редко – 80 мВ,**  
**калиевой природы**

**Секреторный**

**потенциал**

При действии раздражителя увеличивается выход К из клетки, возникает **гиперполяризация секреторной клетки**, что приводит к выделению секрета.



# Динамика секреции

**Фоновая**

**Вызванная**

