

# ГЛАВА 11. МЫШЦЫ

---

# СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ

Скелетные мышцы состоят из отдельных многоядерных волокон, обладающих поперечной исчерченностью.

Эта исчерченность образована чередованием темных А-дисков и светлых I-дисков.

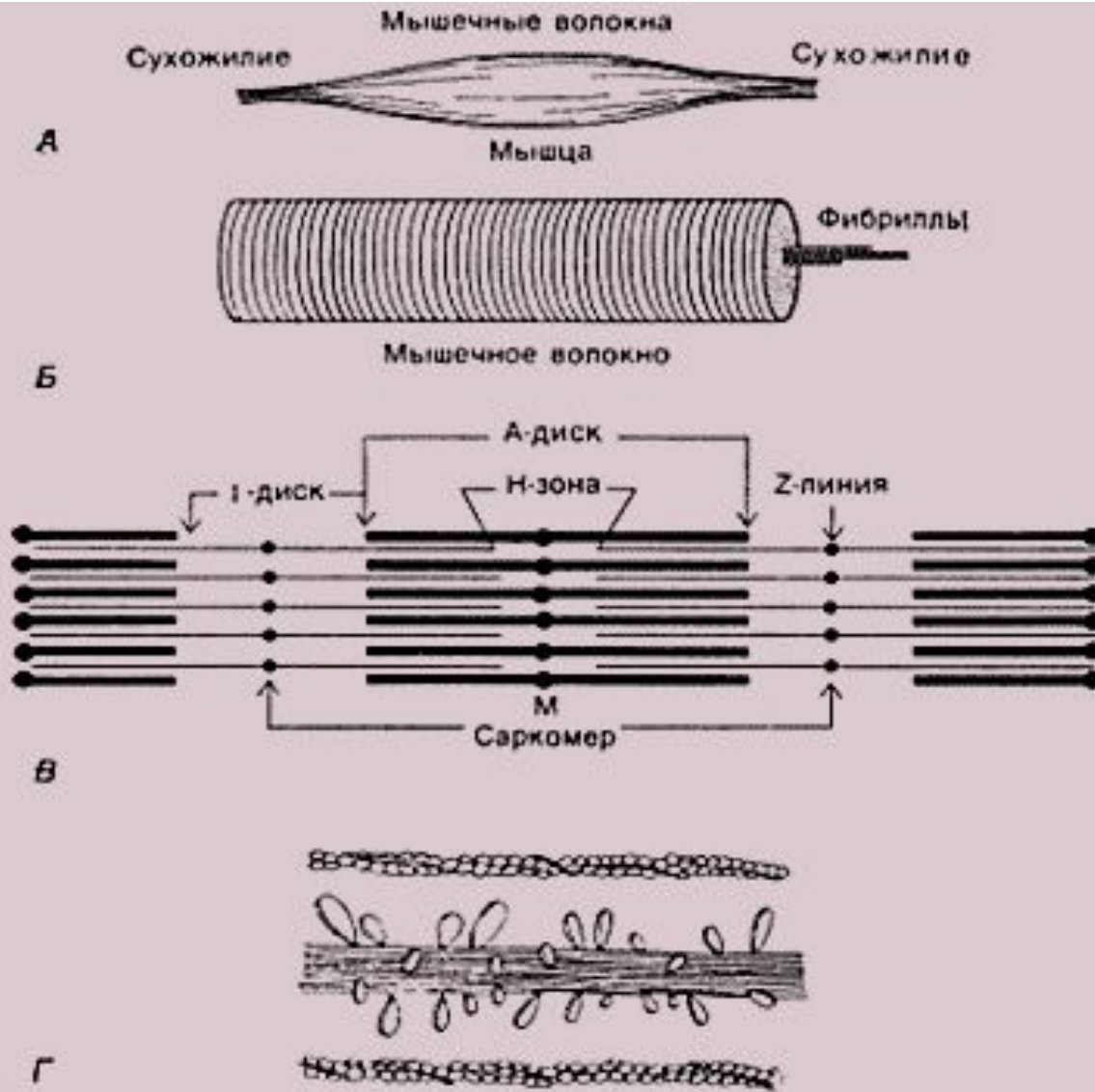
Через середину I-диска проходит Z-линия; две соседние Z-линии ограничивают саркомер.

Рис.11.1. А - Скелетная мышца; мышечные волокна прикреплены к сухожилиям.

Б – Отдельное волокно, состоящее из миофибрилл.

В – Отдельная миофибрилла.

Г – Поперечные мостики между толстыми миозиновыми и тонкими актиновыми нитями.



## САРКОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ И Т-ТРУБОЧКИ

Саркоплазматический ретикулум и сеть Т-трубочек образуют вокруг миофибрилл решетку, пронизанную отдельными фибриллами. Т-трубочки расположены перпендикулярно фибриллам, а СПР – параллельно. Одна трубочка в центре и две цистерны ретикулума по бокам образуют триады. На каждый саркомер приходятся 2 триады. Главная функция Т-системы состоит в быстрой передаче ПД от клеточной мембраны к миофибриллам. СПР обеспечивает также внутриклеточный ток кальция.

## СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ БЕЛКИ

I- и А-диски состоят соответственно из молекул актина и миозина, образующих протофибриллы. В мышечном волокне содержатся также тропомиозин и тропонин. Тропомиозиновые и тропониновые нити регулируют взаимодействие толстых и тонких нитей в процессе мышечного сокращения.

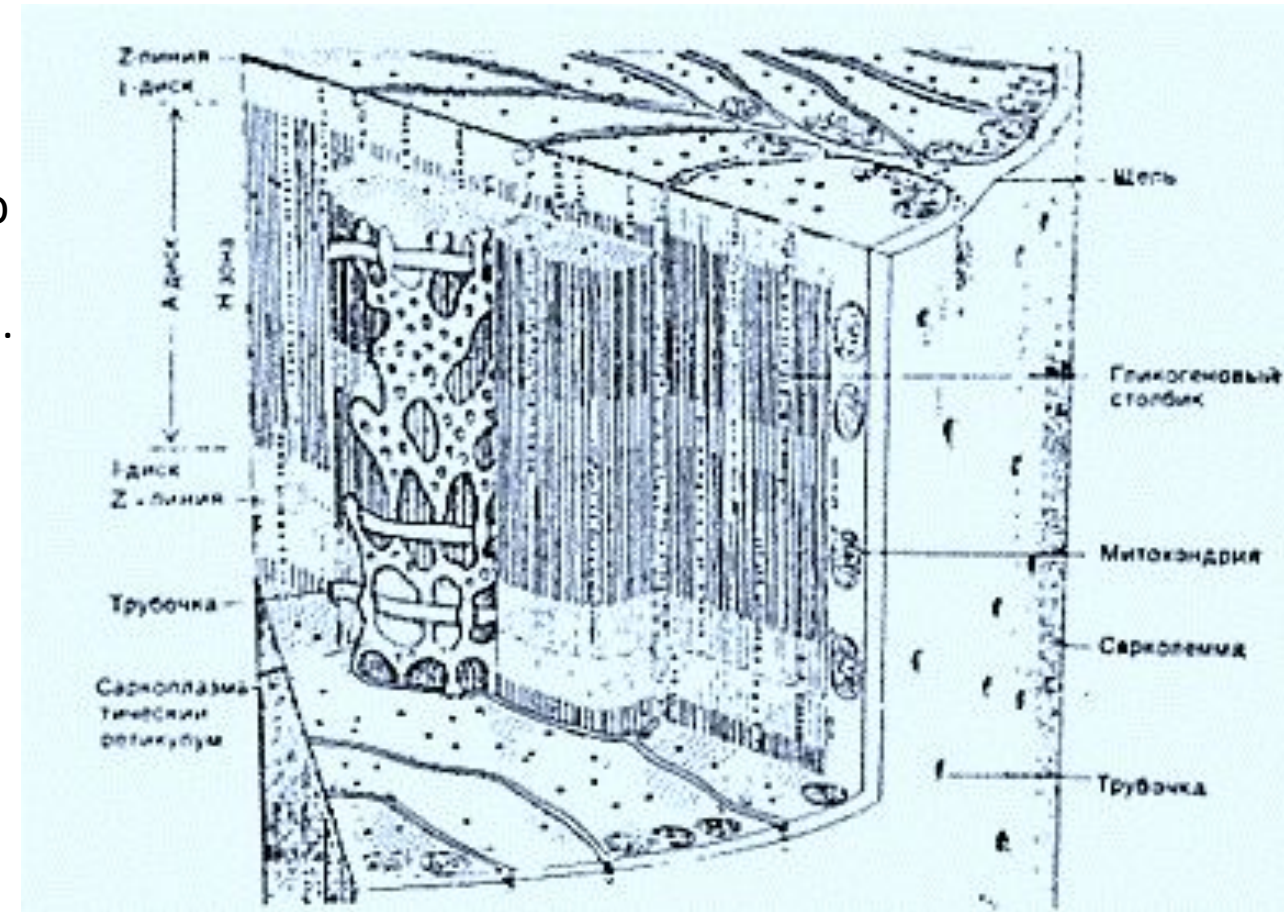


Рис. 11.2. Объемное изображение скелетной мышцы. Волокно, состоящее из фибрилл, окружено СПР и Т-трубочками, открывающимися в области сарколеммы.

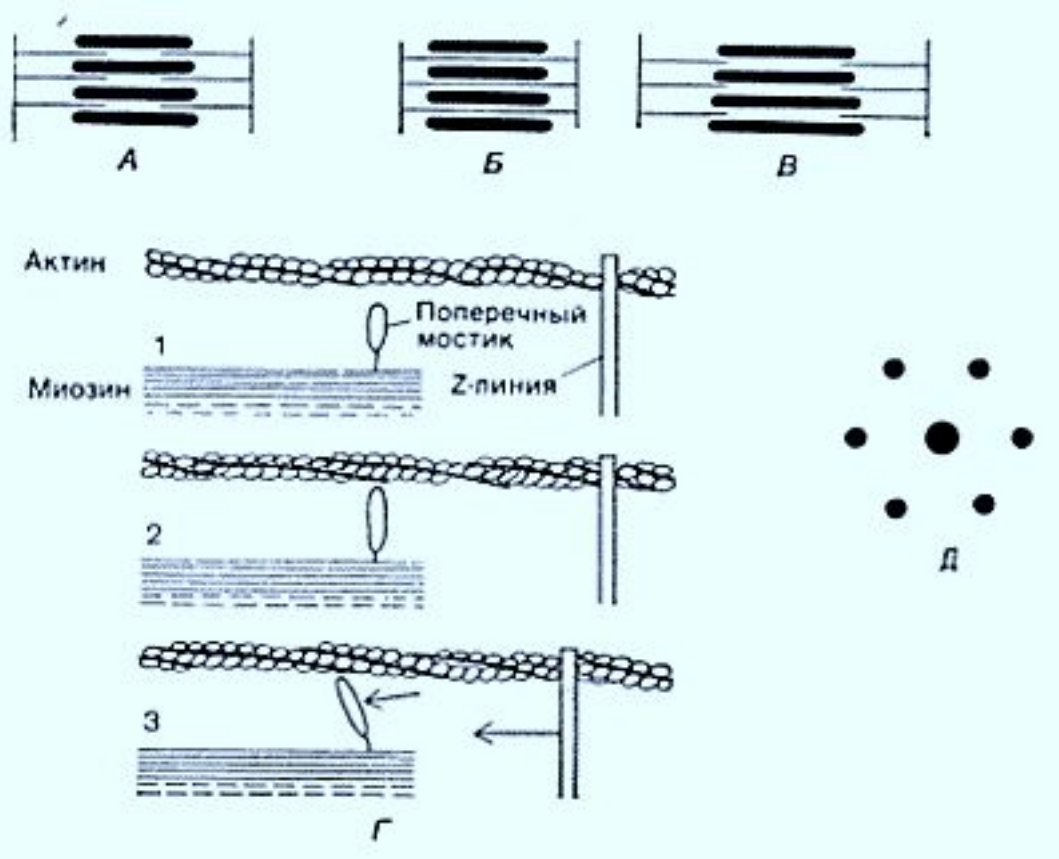


Рис.11.3. СПР и Т-трубочки. Миозиновые и актиновые нити в состоянии покоя (А) , сокращения (Б) и растяжения (В) . Укорочение мышцы при ее сокращении связано со скольжением актиновых нитей (Г) . Д. Поперечный разрез через А- и I-диски.

## МЕХАНИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

1. Кальций выходит из цистерн СПР и перемещается к толстым и тонким нитям.
2. Кальций связывается с тропонином.
3. Образуются поперечные мостики, актиновые нити скользят вдоль миозиновых нитей, что приводит к сокращению мышцы.

## ТЕОРИЯ «СКОЛЬЗЯЩИХ НИТЕЙ»

Длина миофибрилл изменяется в результате скольжения актиновых нитей вдоль миозиновых.

При изотоническом(происходящем при постоянной силе) сокращении мышца укорачивается.

При изометрическом сокращении сохраняется постоянная длина мышечных волокон.



## ДЛИНА, СИЛА И СКОРОСТЬ СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ

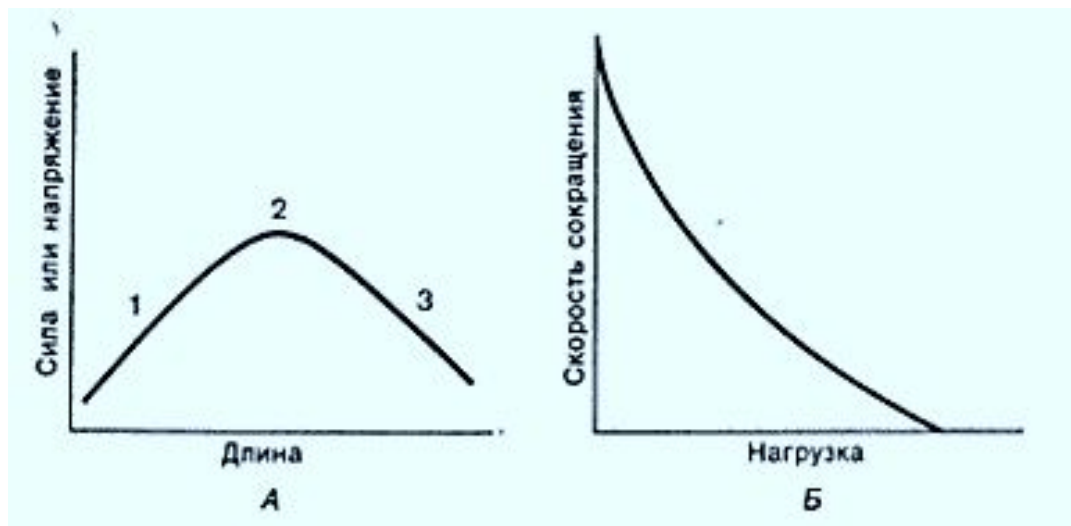


Рис.11.4. Зависимость между силой, напряжением и длиной мышцы.

А. При увеличении длины мышцы до точки 2 напряжение и сила ее сокращения возрастают, а при дальнейшем растяжении – падают.

Б. Зависимость скорости сокращения мышцы от нагрузки; чем больше нагрузка, тем меньше скорость сокращения.

## РЕАКЦИЯ МЫШЦ НА РАЗДРАЖЕНИЕ

На одиночный стимул мышца отвечает одиночным сокращением. Раздражение характеризуется интенсивностью, длительностью, частотой. Если на мышцу наносить повторные раздражения постоянной силы и длительности с частотой, ниже той, при которой возникает тетанус, то можно наблюдать феномен лестницы:

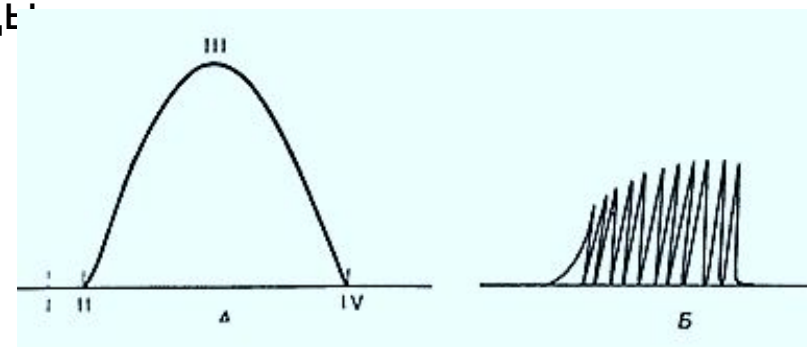
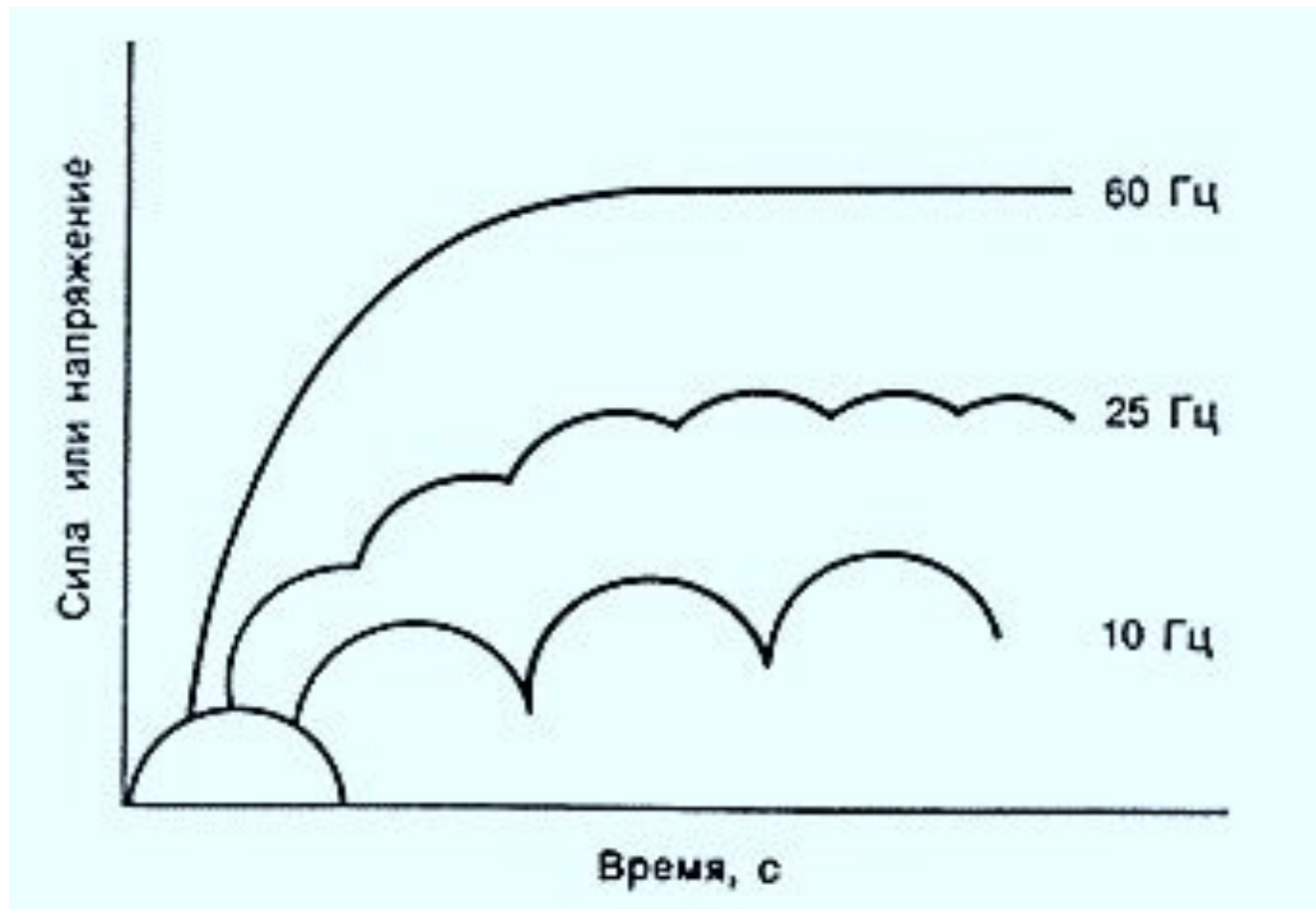


Рис. 11.5. А. Одиночное мышечное сокращение.

1-2 – латентный период, 2-3 – фаза сокращения, 3-4 – фаза расслабления.

Б. Феномен лестницы, проявляющийся в увеличении амплитуды первых шести сокращений.

Напряжение, развиваемое при суммации, больше, чем при одиночном сокращении.



## БЫСТРЫЕ И МЕДЛЕННЫЕ МЫШЦЫ

В быстрых мышечных волокнах более развит СПР, что способствует быстрому выбросу кальция. Это «белые» мышечные волокна. Медленные мышцы построены из более мелких волокон, они «красные» из-за высокого содержания миоглобина. Группа мышечных волокон, иннервируемых одним нервным окончанием, называется моторной единицей.

Рис.11.6. Суммация одиночных сокращений (увеличение силы или напряжения) при раздражении частотой 10 и 25 Гц. При действии тетанизирующей частоты (60 Гц) наблюдается дальнейшее увеличение амплитуды сокращения, но отдельные волны сливаются.

## МЫШЕЧНЫЙ ТОНУС И ФИЗИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА

Тонус мышцы – состояние ее частичного сокращения, когда мышца напрягается, но не производит движения.

Агонисты – мышцы, производящие движения в одном направлении, например сгибатели руки или ноги; антагонисты осуществляют движения в обратном направлении. Синергистами называются мышцы, способствующие деятельности агонистов.

## СЕРДЕЧНАЯ И ГЛАДКИЕ МЫШЦЫ

В миокарде в области Z-линий имеются участки слияния волокон, в этих участках образуются вставочные диски. Деятельность миокарда осуществляется непроизвольно. Т-система кардиомиоцитов локализована в области Z-линий (а не на месте слияния А-и I-дисков, как в скелетной мышце).

Сердечная мышца сокращается с максимальной силой в соответствии с законом «все или ничего», либо не сокращается вовсе. Для миокарда характерен период рефрактерности.

Волокна гладких мышц лишены поперечной исчерченности, содержат по одному ядру. Гладкие мышц разделяются на мультиунитарные и унитарные. Мультиунитарные волокна функционируют независимо друг от друга. Такие волокна обнаружены в ресничной мышце, мигательной перепонке и мышечных слоях крупных сосудов. Унитарные волокна тесны переплетены друг с другом. Такие мышцы имеются в большинстве органов, в том числе в пищеварительном тракте, матке и мочеточниках.