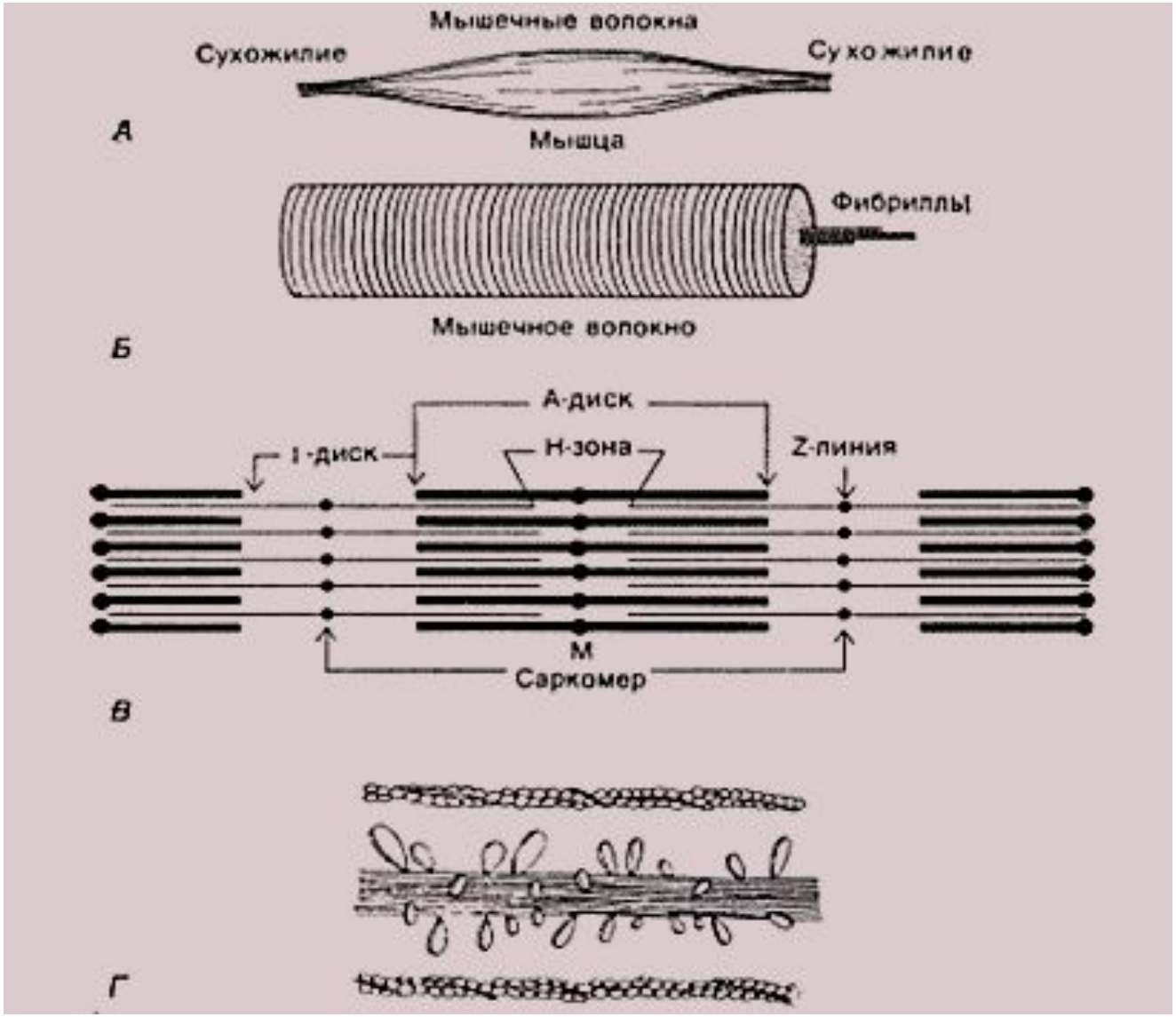
ГЛАВА 11. МЫШЦЫ

СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ



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

Эта исчерченность образована чередованием темных А-дисков м 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 кле-точной 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 ре-гулируют взаимодействие толстых и тонких нитей в процессе мышечно-го сокращения.

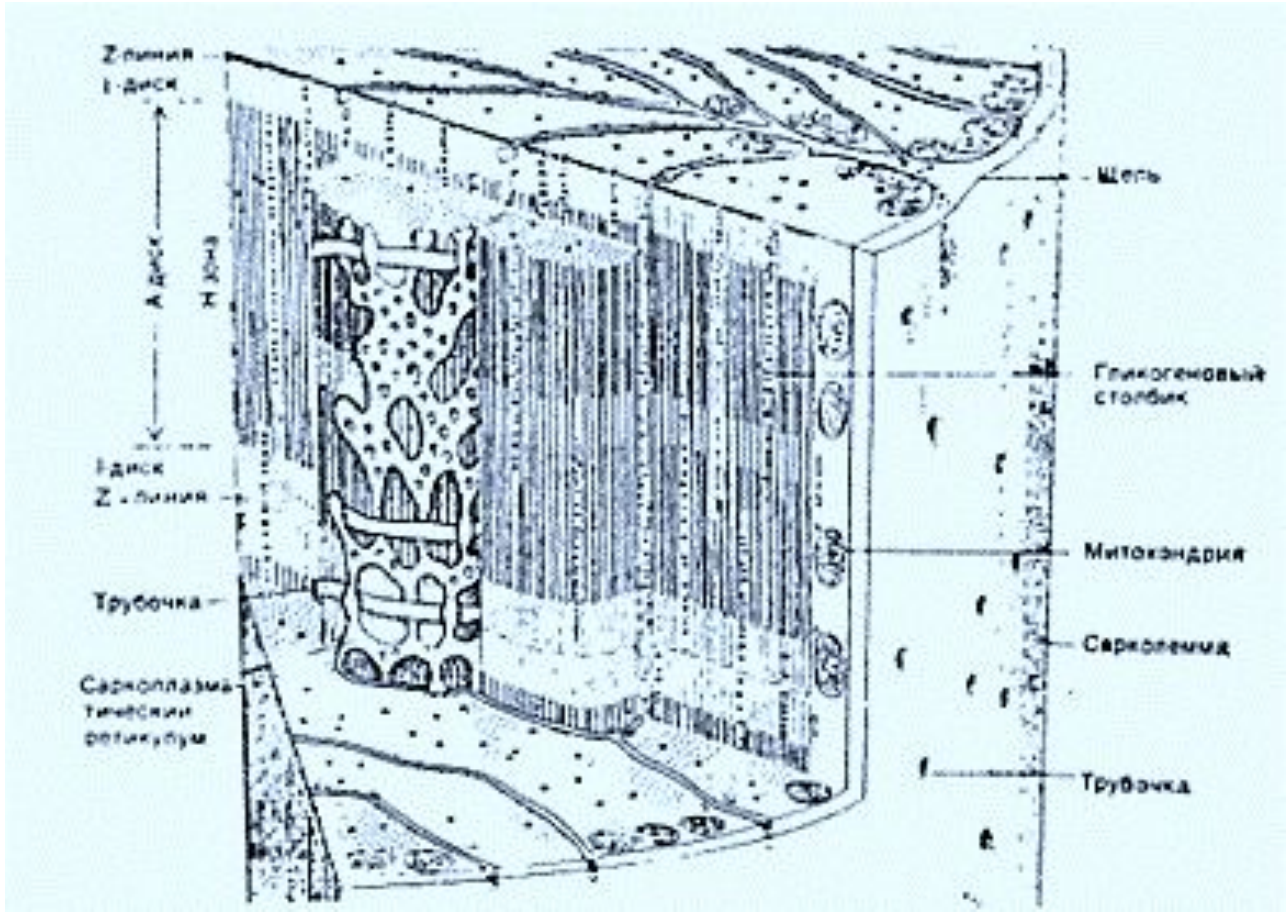


Рис. 11.2. Объемное изображение скелетной мышцы. Волокно, состоящее из фибрилл, окружено СПР и Т-трубочками, открывающимися в области сарколеммы.

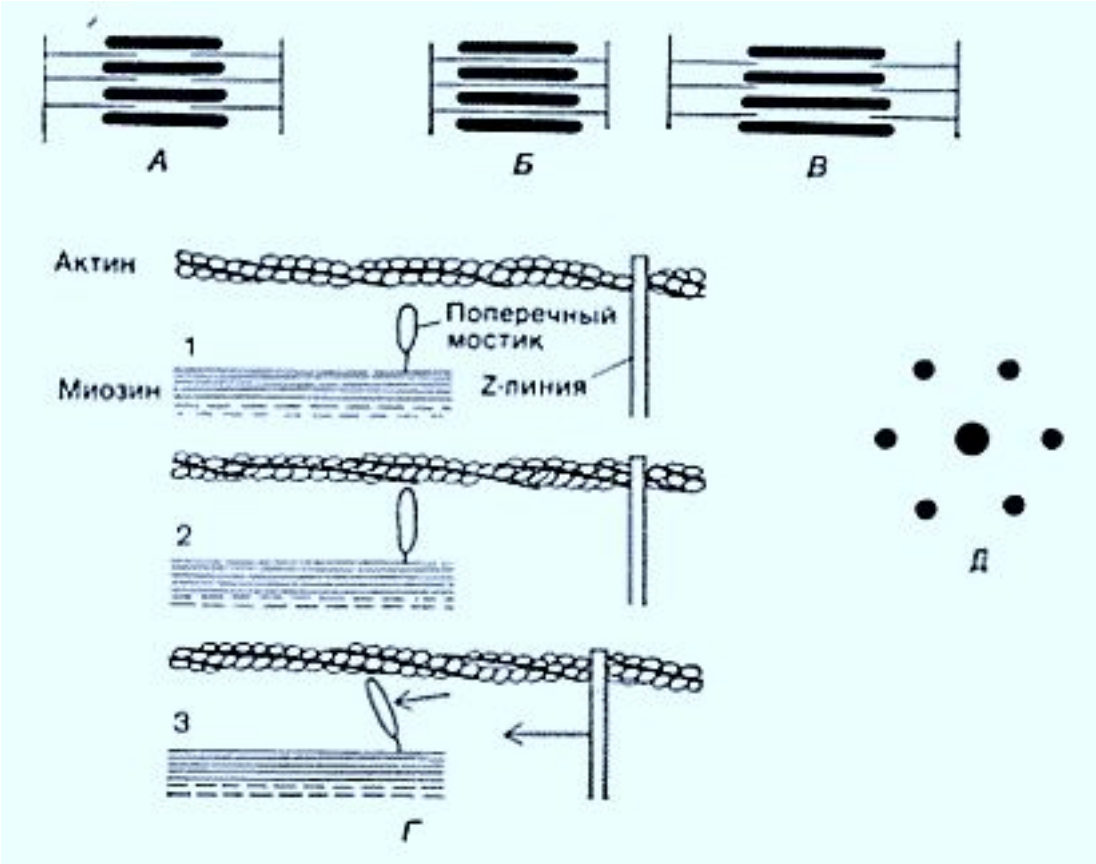


Рис.11.3. СПР и Т-трубочки. Миозиновые и актиновые нити в состоянии покоя (А) , сокращения (Б) и растяжения (В) . Укорочение мышцы при ее сокращении связано со скольжением актиновых нитей (Г) . Д. Поперечный разрез через А- и I-диски.

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

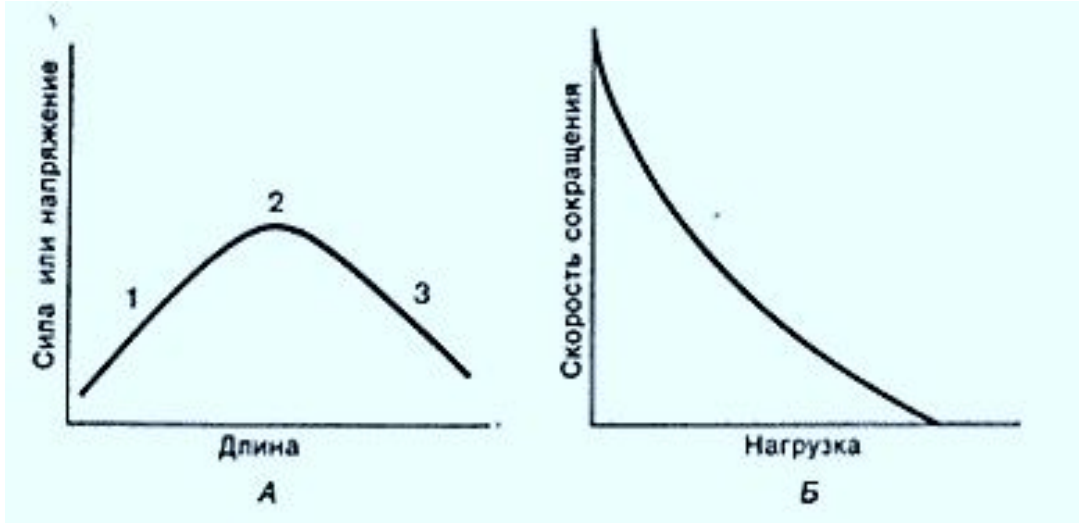


Рис.11.4. Зависимость между силой, напряжением и длиной мышцы.
А. При увеличении длины мышцы до точки 2 напряжение и сила ее сокращения возрастают, а при дальнейшем растяжении – падают.
Б. Зависимость скорости сокращения мышцы от нагрузки; чем больше нагрузка, тем меньше скорость сокращения.

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.

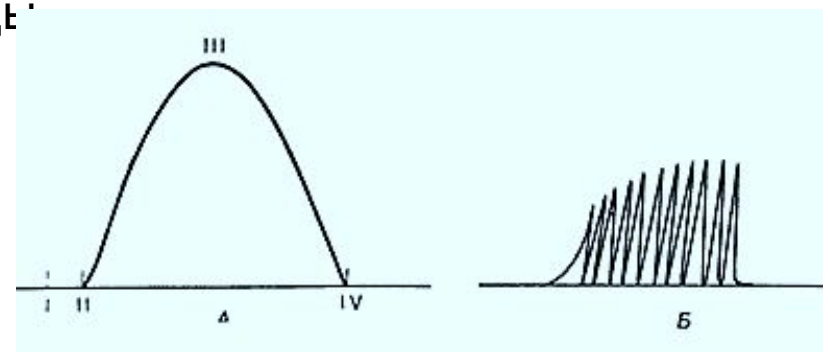
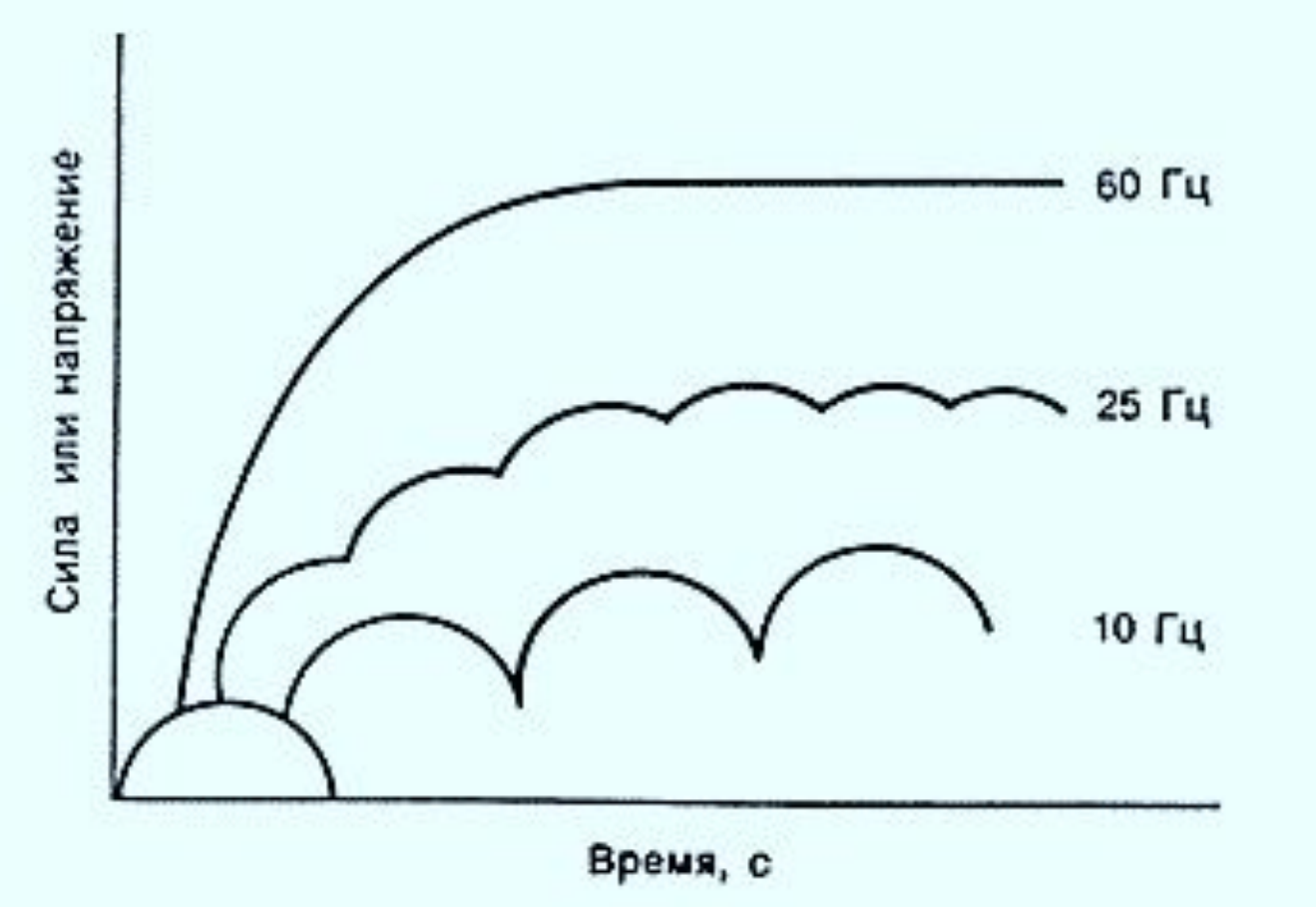


Рис. 11.5. А. Одиночное мышечное сокращение.
1-2 – латентный период, 2-3 – фаза сокращения, 3-4 – фаза расслабления.
Б. Феномен лестницы, проявляющийся в увеличении амплитуды первых шести сокращений.
Напряжение, развиваемое при суммации, больше, чем при одиночном сокращении.



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 окончание, 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.