

Лекция 5

Мышечные ткани

Это тип тканей, объединенных общей функцией - функцией сократимости. При этом скелетная мышечная ткань обеспечивает передвижение тела в пространстве. Гладкая мышечная ткань приводит в движение стенки внутренних органов. Сердечная мышечная ткань двигает кровь по сосудам. Миоэпителиальная ткань обеспечивает изменение размеров зрачка, а миоэпителиальная ткань способствует выведению секрета из желез. Двигательные процессы в организме разнообразны, но основой их является сокращение миофибрилл - специальных органелл движения. Существует 3 классификации мышечных тканей.

1. Физиологическая классификация:

- Мышечные ткани произвольного сокращения. Эти сокращения происходят под контролем коры полушарий и мозжечка. Управляет сокращениями соматическая нервная система. Эти сокращения зависят от сознания. Так сокращается скелетная мускулатура.

- Мышечные ткани непроизвольного сокращения. Ими управляет вегетативная нервная система. Так происходит сокращение мышц внутренних органов. Сокращения не зависят от сознания.

2. Морфологическая классификация:

- Гладкие или неисчерченные мышечные ткани.
- Поперечно-полосатые или исчерченные мышечные ткани, которые делятся на скелетную и сердечную мускулатуру.

3. Классификация основана на происхождении:

- Мышечные ткани мезодермального происхождения:
 - а) скелетная мускулатура образуется из миотомов сомитов
 - б) сердечная мускулатура образуется из дорсальных участков висцерального листка спланхнотомы
 - в) гладкая мускулатура образуется из мезенхимы

- Мышечные ткани эктодермального происхождения. Это миоэпителиальная ткань. Ее отростчатые корзинчатые клетки охватывают концевые отделы потовых, слюнных и молочной желез, обеспечивая выведение секретов из желез.

- Мышечные ткани нейроглиального происхождения. Это миоэпителиальная ткань, которая встречается в радужной оболочке и ресничном теле глазного яблока.

Гладкая мышечная ткань встречается во внутренних органах и кровеносных сосудах. Построена из гладких миоцитов. Это клетки веретеновидной формы. Длина клеток – от 20 до 100 мкм, в матке – до 500 мкм.

Гладкая мускулатура развивается из спланхнотомной мезенхимы. Ее клетки удлиняются и превращаются из звездчатых в веретеновидные. Они становятся миобластами, а позже – миоцитами. В срединной части клеток есть эллипсоидное или палочковидное ядро. Оно содержит

конденсированный хроматин (гетерохроматин) и 1-2 ядрышка. В цитоплазме гладких миоцитов присутствуют общеклеточные органеллы, среди которых хорошо развиты шероховатая ЦПС, комплекс Гольджи и митохондрии. В клетках есть запасы гликогена. Под плазмолеммой лежат многочисленные пиноцитозные пузырьки. Они депонируют катионы Ca^{2+} , необходимые для сокращения. Оболочка гладких миоцитов – сарколемма. Она состоит из плазмолеммы, базальной мембраны и ретикулярных волокон снаружи.

Сокращения гладких миоцитов тонические, то есть не самопроизвольные, медленные, ритмичные, частота сокращений 1-12 в минуту. Сокращения происходят с малым расходом энергии, поэтому гладкие миоциты не устают, хотя достигают большой силы сжатия.

В цитоплазме гладких миоцитов имеются специальные органеллы – миофибриллы. Это тонкие нити из сократительных белков актина и миозина. Актиновые нити тонкие, а миозиновые – толстые. У гладких миоцитов миофибриллы имеют пространственное строение, располагаются вдоль тела клеток, прикрепляясь к плазмолемме миоцитов.

В гладких миоцитах отсутствует поперечная исчерченность. Ткань обладает высокой степенью регенерации. При повреждении ткань регенерирует за счет размножения: а) гладких миоцитов; б) камбиальных клеток соединительной ткани, т.е. адвентициальных клеток и перicyтов; в) за счет гипертрофии миоцитов и гиперплазии органелл (в матке при беременности).

Каждый миоцит снаружи покрыт тонкой прослойкой РСТ – эндомизием с сосудами и нервами. Клетки плотно прилегают друг к другу и формируют пучки. Между пучками образуется широкая прослойка РСТ – перимизий, которая объединяет пучки в слой.

Поперечно-полосатая мышечная ткань бывает скелетной и сердечной.

Скелетная поперечно-полосатая мышечная ткань формирует скелетную мускулатуру. Ее сокращения тетанические, то есть сильные, быстрые, аритмичные, происходят с большими затратами энергии. Поэтому скелетные мышцы быстро устают. Сокращения скелетной мускулатуры произвольные.

Скелетная поперечно-полосатая мышечная ткань участвует и в построении переднего отдела пищеварительной трубки и дыхательной системы. В этом случае ее сокращения непроизвольные.

Ткань построена из поперечно-полосатых мышечных волокон – это неклеточная форма существования живого вещества – симпласты. Образование симпластов происходит в эмбриогенезе:

1. Стадия размножения клеток миобластов. Это одноядерные веретенновидные клетки. Они происходят из миотомов мезодермы. При размножении они увеличиваются по численности.

2. Стадия формирования мышечных трубочек. При этом миобласты перемещаются в места формирования мышц, выстраиваются там в виде цепочек и сливаются друг с другом. При этом цепочки покрываются снаружи базальной мембраной, куда снаружи вплетаются ретикулярные и коллагеновые волокна.

3. Стадия формирования симпластов или поперечно-полосатых мышечных волокон. В мышечных трубочках частично разрушается плазмолемма клеток по месту их контакта. Содержимое клеток смешивается, а внутри волокна постепенно формируются сократительные нити миофибриллы. Их становится так много, что они занимают большую массу волокна, смещаясь в центр и сдвигая ядра на периферию.

Таким образом, поперечно-полосатое мышечное волокно представляет симпласт. Оно появляется в результате слияния сотен клеток миобластов. Мышечное волокно имеет цилиндрическую форму. Его длина достигает 12 см, а толщина - 100 мкм.

Оболочка мышечного волокна – сарколемма, состоит из плазмолеммы, базальной мембраны и волокон (ретикулярных и коллагеновых).

Содержимое волокна – саркоплазма. Так как она образуется в результате слияния множества миобластов, то внутри волокна располагается множество овальных ядер, лежащих под самой плазмолеммой. Специальные органеллы – миофибриллы заполняют все волокно изнутри, так как миофибрилл в волокне до 2 тысяч. Миофибриллы прикрепляются к оболочке – сарколемме и протягиваются от одного конца волокна к другому. В саркоплазме мышечных волокон есть белок, определяющий цвет мышц. Это вещество хромопротеид миогемоглобин. Он способен присоединять кислород, как и гемоглобин эритроцитов. В симпласте много митохондрий и включений гликогена. Хорошо развита гладкая ЦПС, залегающая между миофибриллами.

В саркоплазме из сухого вещества 20% приходится на белки, причем 60% из них – на сократительные белки актин, миозин, тропонин, тропомиозин.

Миофибриллы – тонкие нити диаметром 1-2 мкм. Их длина равна длине мышечного волокна. Нить состоит из множества фрагментов, или саркомеров, лежащих последовательно друг за другом. Край саркомера состоит из мембраны – телофрагмы или линии Z, которая содержит гликозаминогликаны и белок тропомиозин. Посередине саркомера проходит линия M или мезофрагма. В центре саркомера лежит темный миозиновый диск, состоящий из параллельно лежащих толстых молекул белка миозина. По краям саркомера располагаются 2 половины светлых актиновых дисков, состоящих из параллельно лежащих тонких молекул белка актина. Целый актиновый диск делится телофрагмой на 2 равные части, принадлежащие 2 соседним саркомерам. Таким образом, в состав саркомера входят: Z-линия, 1/2 светлого актинового диска, целый темный миозиновый диск, 1/2 светлого актинового диска, вторая Z-линия. В симпласте миофибриллы лежат упорядоченно, что обеспечивает поперечную исчерченность волокна. Это связано с тем, что миозиновый диск обладает двойной лучепреломляющей активностью, и актиновый диск – только одиночной. Поэтому миозиновый диск выглядит более темным участком – анизотропный диск. Актиновый диск (изотропный) выглядит более светлым. При световой микроскопии в волокнах выявляется чередование светлых и темных участков. Это и есть поперечная исчерченность мышечных волокон.

Физиология мышечного сокращения.

Общепринятой теорией является модель мышечного сокращения Хаксли, или теория скольжения нитей. От плазмолеммы мышечного волокна в местах бывшего контакта миобластов внутрь саркоплазмы идут впячивания в виде трубочек. Они проходят перпендикулярно волокну через всю его толщину и называются Т-трубочками. Канальцы гладкой ЦПС в области Т-трубок образуют участки или терминальные цистерны, которые располагаются поперечно волокну. Две терминальные цистерны и лежащая между ними Т-трубочка образуют триаду.

Нервный импульс в виде волны деполяризации проходит по нервному волокну и передается на постсинаптическую мембрану нервно-мышечного синапса, которой является плазмолемма мышечного волокна. Затем нервный импульс идет по Т-трубочкам внутрь мышечного волокна и передается на лежащие рядом терминальные цистерны ЦПС. Из цистерн после их возбуждения выходят катионы Ca^{2+} , т.к. ЦПС после деполяризации становится проницаемым для этих ионов. Они вызывают в саркомере процесс более глубокого проникновения тонких актиновых молекул между толстыми миозиновыми молекулами. Поэтому укорачивается саркомер, а значит и миофибрилла, то есть короче становится все мышечное волокно. При этом в каждом саркомере на актиновых и миозиновых молекулах есть активные центры, между которыми могут возникать химические связи. При расслаблении мышечного волокна эти центры прикрыты вспомогательными белками тропонином и тропомиозином. Молекула белка миозина имеет головку (активный центр) и длинный хвост. Головка миозина может образовывать химические связи с активными центрами белка актина (залегают в виде шариков), а также обладают АТФ-азной активностью. Она способна расщеплять молекулы АТФ с высвобождением энергии, необходимой для сокращения саркомера. При возбуждении мышечного волокна катионы Ca^{2+} смещают молекулы вспомогательных белков тропонина и тропомиозина, и открывают при этом активные центры на молекулах актина и миозина. Между этими центрами возникают химические связи, за счет которых актиновые молекулы втягиваются более глубоко между молекулами миозина.

Каждое мышечное волокно окружено тонкой прослойкой РСТ, называемой эндомизией. Пучки мышечных волокон окружены более толстыми прослойками РСТ. Это перимизий. В эндомизии и перимизии находятся сосуды и нервы, питающие мышцу. Снаружи мышца покрыта эпимизией из РСТ. С концов к мышце прикрепляются сухожилия.

Скелетная мускулатура хорошо регенерирует благодаря за счет клеток миобластов (миосателлитоцитов), которые располагаются в расщелинах мышечного волокна. Однако необходимо соблюдение следующих условий:

1. Сближение краев поврежденного мышечного волокна.
2. Тщательное удаление из зоны регенерации мертвых тканей.
3. Восстановление непрерывности кровеносных сосудов.

Особенности строения сердечной поперечно-полосатой мускулатуры.

Сердечная мышечная ткань бывает:

1. Рабочая мускулатура, формирующая миокард.
2. Проводящая мускулатура сердца, располагающаяся в эндокарде.

Рабочая мускулатура сердца. По строению, силе сокращения, энергетическим затратам и по количеству миофибрилл занимает среднее положение между гладкой и поперечно-полосатой мускулатурой. Вначале она формируется из миобластов, как симпласт, но клетки, выстраиваясь в цепочки и покрываясь базальной мембраной, так и остаются внутри сердечного волокна обособленными клетками.

В кардиомиоцитах 1 или 2 ядра, лежащих в центре клеток. Клетки образуют анастомозы с соседними волокнами для более быстрого распространения нервных импульсов. Снаружи кардиоциты покрыты сарколеммой, состоящей из плазмолеммы кардиомиоцита и базальной мембраны снаружи. Периферическую часть клеток занимают миофибриллы, построенные также, как в скелетной мышечной ткани. Цистерны гладкой ЦПС и Т-трубочки развиты слабее, чем в скелетной мышечной ткани. Это связано с автоматией сердечной мышцы и меньшим влиянием нервной системы. Базальная мембрана отсутствует в местах вставочных дисков. Вставочные диски - это место контактов двух кардиомиоцитов. В световом микроскопе имеют вид темных полосок. В электронном микроскопе видны в виде ступеней или зубчатой линии и состоят из трех зон:

1. Зона десмосом.
2. Зона нексусов (щелевых контактов) - места передачи возбуждения с одной клетки на другую.
3. Зона прикрепления миофибрилл.

Между волокнами есть прослойки РСТ с сосудами и нервами. Ткань работает ритмично всю жизнь, не уставая. Сокращения не самопроизвольные, контролируются вегетативной нервной системой.

В сердечной мышечной ткани нет камбиальных клеток. Регенерация идет на внутриклеточном уровне в соседних кардиомиоцитах: они увеличиваются в размерах и берут на себя функцию погибших клеток. На месте погибших кардиомиоцитов образуется соединительнотканый рубец.

Проводящая мускулатура сердца состоит из атипичных клеток Пуркине грушевидной формы. Они в два раза больше рабочих кардиомиоцитов. В них очень мало миофибрилл, много саркоплазмы, в которой много гликогена, нет Т-трубочек. В клетках 1 ядро. Их функция - генерация нервных импульсов и передача их на рабочие клетки. Это автономная нервная система сердца. Она состоит из волокон Пуркине, пучков Гисса, и 2 узлов – предсердного и атриовентрикулярного. Несмотря на автоматизм, работа сердечной мышечной ткани строго регулируется вегетативной нервной системой. Симпатическая нервная система учащает и усиливает, парасимпатическая - урежает и ослабляет сердечные сокращения.