

Крисевич Т. О. – старший преподаватель кафедры обще биологии и ботаники

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА (АКТИВНАЯ ЧАСТЬ)

В течение всего учебного года каждое утро вас преследует «де жа вю»: звонит будильник, а значит пора собираться в школу. Вы накрываете голову подушкой, но поскольку будильник не умолкает, начинаете вставать, чтобы его выключить.

Все эти привычные действия, которые вы совершаете каждое утро почти бессознательно, сводятся лишь к одному явлению – работе мышц.

Скелетные мышцы приводят в движение кости, изменяют положение тела человека, участвуют в образовании стенок ротовой, брюшной полостей, таза, входят в состав стенок глотки, верхней части пищевода, гортани, осуществляют движения глазного яблока и слуховых косточек, а также - дыхательные и глотательные движения.

Различают три вида мышц:

- ✓ поперечно-полосатые
- ✓ гладкие
- ✓ сердечная

Основная особенность мышечных клеток состоит в том, что они способны преобразовывать химическую энергию АТФ в механическую энергию сокращения.

Поперечно-полосатые мышцы.

Поперечно-полосатые мышцы выполняют в организме следующие функции:

- передвижение человека и частей его тела в пространстве
- поддержание позы
- дыхание
- жевание и глотание
- артикуляция и мимика
- защита внутренних органов

Большая часть поперечно-полосатых мышц прикреплена к костям скелета, поэтому их называют скелетными мышцами. У среднего человека масса мышц составляет 30 – 40% от массы тела. У тренированных людей этот показатель составляет 50% от массы тела. В теле человека насчитывается около 400 мышц.

Поперечно-полосатые мышцы сокращаются произвольно, т.е. по нашему желанию. Сокращение происходит в том случае, когда к мышце приходят электрические импульсы из соответствующих отделов ЦНС.

Большинство скелетных мышц обеспечивают движение какого-либо сустава, подразделяясь на:

- сгибатели
- разгибатели
- приводящие сустав
- отводящие сустав
- вращатели сустава

Обычно в любом движении сустава участвуют несколько групп мышц. Мышцы, совместно участвующие в каком-либо движении сустава, называют синергистами, а мышцы, участвующие в движении этого же сустава в противоположном направлении, - антагонистами.

ПРИМЕР. В локтевом суставе сгибатель – двуглавая мышца, и разгибатель – трехглавая мышца – являются антагонистами.

Т.к. работа каждого сустава находится под контролем высших отделов нервной системы, работа всех групп мышц, обслуживающих какой-либо сустав, происходит согласованно. На каждый сустав в одном направлении могут действовать две и более мышцы.

У двуосного сустава (например, седловидный) мышцы группируются соответственно двум его осям, вокруг которых совершаются движения.

К шаровидному суставу, имеющему три оси движения (многоосный сустав), мышцы прилегают со всех сторон.

ПРИМЕР. В плечевом суставе имеются мышцы сгибатели и разгибатели (движение вокруг фронтальной оси), отводящие и приводящие (движения вокруг саггитальной оси) и вращатели, осуществляющие движения вокруг продольной оси: вовнутрь (пронаторы) и наружу (супинаторы).

Каждая мышца покрыта соединительнотканной оболочкой, фасцией, отделяющей ее от других мышц. Она участвует в образовании сухожилий, которые прочно срастаются с костью. При травмах сухожилие обычно не рвется, а отрывается от мышцы или кости.

ПРИМЕР. Сухожилие четырехглавой мышцы способно выдержать нагрузку около 600 кг.

Рассмотрим строение и механизм сокращения скелетной мышцы. Мышечная ткань состоит из клеток, называемых мышечными волокнами. Снаружи волокно окружено оболочкой – сарколеммой. Внутри сарколеммы содержится саркоплазма (цитоплазма), содержащая ядра и митохондрии. В саркоплазме содержится огромное количество сократительных элементов, называемых миофибриллами.

Миофибриллы проходят от одного конца мышечного волокна до другого. Они существуют сравнительно короткий срок (около 30 суток), после чего происходит их обновление. В мышцах идет интенсивный синтез белка, необходимый для образования новых миофибрилл.

Мышечное волокно содержит большое количество ядер, которые располагаются непосредственно под сарколеммой, поскольку основная часть волокна занята миофибриллами. Наличие большого числа ядер обеспечивает

синтез новых миофибрилл. Такая быстрая смена миофибрилл обеспечивает высокую надежность физиологических функций мышечной ткани.

Каждая миофибрилла состоит из правильно чередующихся светлых и темных участков. Эти участки, обладая разными оптическими свойствами, создают поперечную исчерченность мышечной ткани.

Анизотропные участки обладают свойством двойного лучепреломления. В обычном свете они выглядят темными, а в поляризованном – прозрачными в продольном направлении, и непрозрачными в поперечном.

Другие участки в обыкновенном свете выглядят светлыми. Это изотропные участки и они не обладают двойным лучепреломлением.

В центре светлого изотропного участка проходит темная полоска, которая представляет собой тонкую мембрану, сквозь поры которой проходят миофибриллы.

Чередующиеся темные и светлые участки образуют повторяющиеся вдоль миофибриллы одинаковые участки – саркомеры. Каждая миофибрилла состоит из многих тысяч последовательно соединенных саркомеров. Они отделены друг от друга Z – пластинами. Длина каждого саркомера около 2, 5 мкм.

С помощью электронного микроскопа было выяснено, что каждая миофибрилла диаметром 1 мкм состоит из нескольких тысяч протофибрилл – тонких, удлинённых полимеризованных молекул белков миозина и актина.

Миозиновые нити (толстые филаменты) в два раза толще актиновых (тонкие филаменты), и в состоянии покоя мышечного волокна актиновые нити своими концами входят между миозиновыми нитями.

Светлые участки миофибриллы соответствуют прохождению только актиновых нитей, а темные – миозиновых и актиновых. При сокращении мышцы длина филаментов не меняется. Сокращение обеспечивается тем, что тонкие филаменты скользят по толстым. Таким образом, сокращение мышцы (как явление, происходящее на уровне органа), можно свести к скольжению филаментов – явлению клеточного масштаба. Чтобы ответить на вопрос, почему филаменты скользят друг по другу, необходимо рассмотреть события на молекулярном уровне.

Как мы уже упоминали, толстые филаменты образованы белком миозином. В составе толстого филамента молекулы миозина упакованы «хвост к хвосту», а «головки» торчат наружу. Молекула миозина симметрична и состоит из двух половинок. Каждая половинка имеет «голову» и «хвост», соединённые подвижно, как на шарнире.

Если вы помните из курса общей биологии, связывание определенных веществ может изменять конформацию белка. В случае миозина связывание тех или иных веществ будет благоприятствовать или конформации с вытянутой «головой», или конформации с согнутой «головой».

В составе тонкого филамента имеется несколько белков, в данном случае для нас важен только белок актин. Его молекулы имеют форму шариков. Тонкий филамент напоминает две цепочки бус, закрученные относительно друг друга, где отдельная бусинка – молекула актина.

Мышца сокращается за счет энергии АТФ, которая расщепляется белком миозином до АДФ и фосфата. Способность миозина гидролизовать АТФ была обнаружена еще в 1939 году В. А. Энгельгардтом – тем самым, который открыл явление окислительного фосфорилирования.

АТФ – азная активность миозина обеспечивает переход химической энергии, освобождающейся при гидролизе АТФ, в механическую энергию сокращающейся мышцы.

Весь процесс движения толстых и тонких филаментов происходит под действием ЦНС. Когда по аксону приходит нервный импульс, то из терминалей, расположенных на поверхности мышечного волокна выделяется небольшое количество медиатора ацетилхолина. Под действием ацетилхолина состояние актина и миозина меняется, и нити миозина начинают заходить глубже в промежутки между нитями актина. Каждый саркомер укорачивается примерно в 2 раза, следовательно, мышца сокращается. Как только действие ацетилхолина прекращается, происходит расслабление мышцы.

Работа поперечно-полосатых мышц.

На работу мышц тратится большое количество АТФ. Поэтому содержание этого нуклеотида в мышцах заметно выше, чем в клетках большинства органов. Скелетные мышцы способны развивать значительное усилие. Так, одно мышечное волокно, сокращаясь, способно поднять груз весом до 200 мг. Считается, что во всех мышцах человека содержится около 30 млн. волокон. Таким образом, все мышцы человека, сократившись одновременно, способны создать усилие в 30 тонн. Однако, это исключительно теоретический расчет, т.к. все мышцы не могут сократиться одновременно ни при каких условиях.

Чем чаще сокращается какая-либо мышца, и чем выше на нее нагрузка, тем быстрее развивается в ней утомление. Утомлением называется временное снижение работоспособности мышц. Причины утомления заключаются в том, что при работе в мышце накапливаются продукты обмена, препятствующие ее нормальному сокращению: молочная кислота, фосфорная кислота, калий и т.д. Кроме того, при длительной работе происходит утомление в тех отделах мозга, которые управляют движениями (например, мозжечок). Однако, при кратковременном прекращении работы, т.е. отдыхе, работоспособность мышц быстро восстанавливается, так как кровь удаляет из мышц вредные продукты обмена. У тренированных людей это происходит очень быстро, а у людей с нетренированными мышцами кровотока в них слабее, продукты обмена выносятся медленно, и такие люди после физической работы долго мучаются болями в мышцах.

Известно, что физические упражнения повышают активность головного мозга, но почему? Исследователи из Испании считают, что во всем «виноват» инсулиноподобный фактор роста – гормон ИГФ-1. После часа аэробного тренинга жировые клетки мозга начинают активно «впитывать» этот гормон, что как раз и приводит к повышению активности нейронов. Данный факт был

установлен в лабораторных условиях на крысах. Тренинг с тяжестями тоже приводит к повышению секреции ИГФ-1, так что в спортивном зале мы качаем еще и силу интеллекта.

В естественных условиях мышца сокращается рефлекторно, под действием импульсов, приходящих из ЦНС. Примером сгибательных рефлексов может служить коленный рефлекс. Рецепторы этого простейшего двигательного рефлекса лежат в сухожилиях мышц, и когда невропатолог ударяет молоточком по сухожилию, рецептор растяжения возбуждается и посылает нервные импульсы в спинной мозг. Рецептор представляет собой окончание аксона чувствительного нейрона.

Тела этих нейронов находятся в специальных узлах, расположенных вдоль спинного мозга. По аксону чувствительного нейрона возбуждение (сигнал о том, что сухожилие растянуто) достигает двигательного нейрона или мотонейрона. Тела мотонейронов расположены в передних рогах спинного мозга. Мотонейроны возбуждаются, и по его аксону возбуждение достигает ноги, мышца возбуждается и сокращается. Аксон мотонейрона ветвится в мышце и образует нервно-мышечные окончания (синапсы) на нескольких мышечных волокнах. Мотонейрон и те мышечные волокна, которыми этот мотонейрон управляет, вместе называется двигательной единицей.

В глазных мышцах, где требуются очень тонкие движения, один мотонейрон управляет всего 2 – 5 мышечными волокнами, т.е. двигательная единица очень маленькая. В мышцах пальцев руки в двигательной единице содержится 10 – 20 мышечных волокон, а в икроножной – до 1000 мышечных волокон. Характер сокращения мышцы зависит от того, с какой частотой поступают к мышечным волокнам импульсы по аксонам мотонейронов.

Если сокращение необходимо только для поддержания позы, то частота поступающих импульсов равна 5 – 20 импульсов в секунду, а если необходимо достигнуть резкого, сильного, двигательного сокращения – частота равна 50 импульсов в секунду.

Гладкие мышцы.

Гладкие мышцы входят в состав стенок внутренних органов: желудка, кишечника, матки, мочевого пузыря и других органов, а также большинства кровеносных сосудов.

Гладкие мышцы сокращаются медленно и непроизвольно. Гладкомышечные клетки невелики. Диаметр их составляет 2 – 10 мкм, а длина – 400 – 500 мкм. Эти клетки имеют одно ядро. Основной сократимости гладких мышц, так же как и поперечно-полосатых, является взаимодействие белков актина и миозина. Однако нити актина и миозина расположены в клетках гладких мышц не так упорядоченно, саркомеры отсутствуют. Скорость скольжения актина относительно миозина мала: в 100 раз медленнее, чем в поперечно-полосатых мышцах. Поэтому гладкие мышцы сокращаются медленнее: в течение десятков секунд. Благодаря этому тратится меньше АТФ, образуется меньше продуктов обмена и гладкие

мышцы могут находиться в состоянии сокращения очень долго, а утомление в них практически не развивается.

Например, мышцы стенок артерий находятся в сокращенном состоянии всю жизнь человека. Клетки гладких мышц очень тесно прижаты друг к другу, и между ними образованы специальные контакты, через которые возбуждение свободно переходит с одной клетки на другую. Поэтому при возбуждении одной клетки может возбудиться вся гладкая мышца, и по ней пройдет волна сокращения. Это очень важно для нормальных движений стенок желудка и кишечника.

Список рекомендуемой литературы:

1. Н. Е. Чепурнова, Г. Д. Ковалина «Регуляция жизненных функций организма», издательство Московского университета, 1978.
2. Т. Л. Богданова, Е. А. Солодова «Биология» справочник для старшеклассников и поступающих в вузы, Москва «АСТ – ПРЕСС» 2001.
3. Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский «Биология». Полный курс. В 3-х т. Том 1. Анатомия. – М.:ООО «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2002.