

Нейролаборатория ViTronics NeuroLab

$$F = ma$$

На платформе

LEGO® MINDSTORMS® Education EV3

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Введение

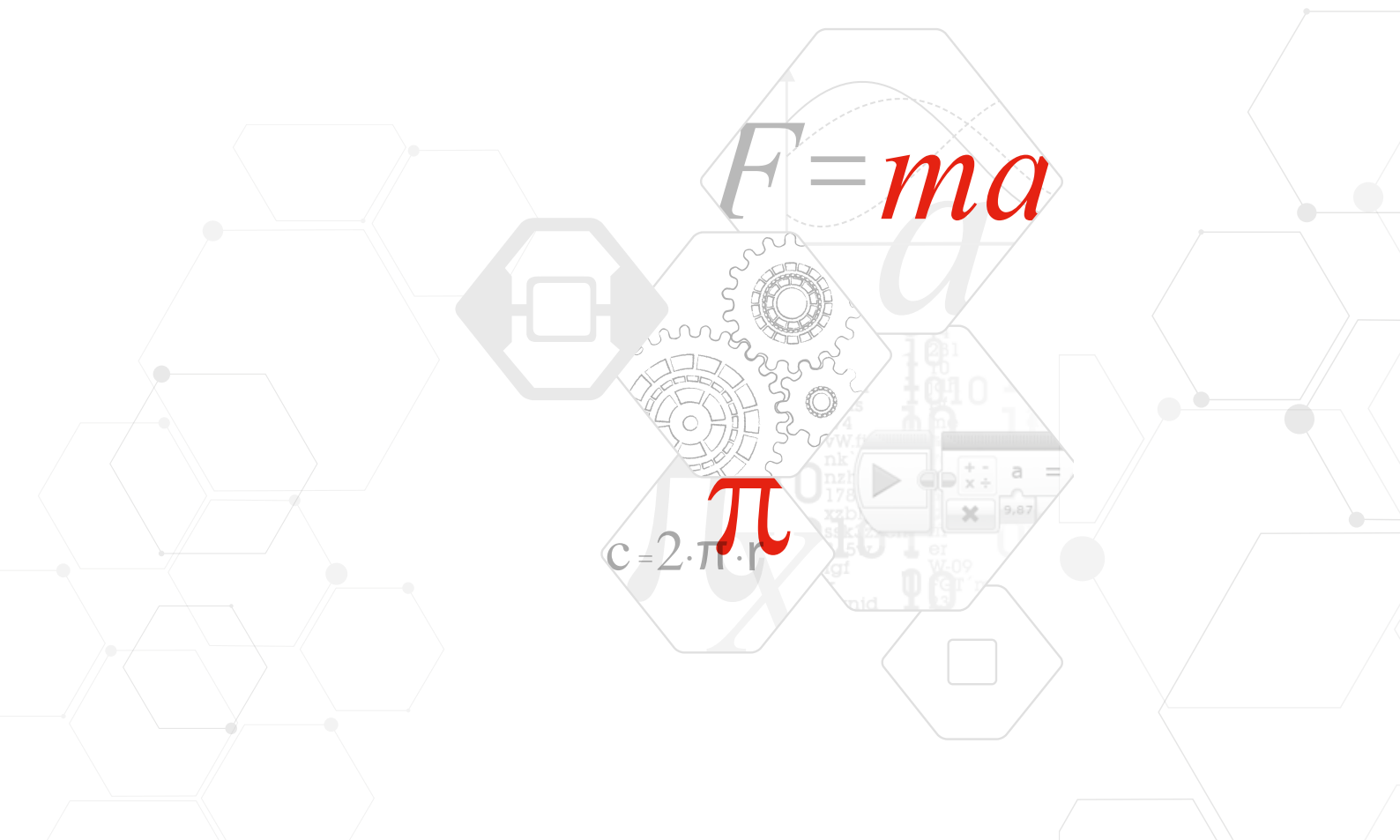
ViTronics NeuroLab – это обучающая платформа для изучения биосигналов человека. Используя конструктор Lego Mindstorms EV3 вместе с модулями биосигналов человека ViTronics NeuroLab, легко измерить пульс и сопротивление кожи, записать электроэнцефалограмму мозга и измерить мышечную активность. Образовательная программа нейроработы позволяет подробно изучить биосигналы человека в рамках школьного курса биологии. Данное пособие содержит в себе теорию по физиологии человека, а также 8 лабораторных работ, которые встраиваются в основную школьную программу. Таким образом, нейроработы позволяют изучить теоретические основы биосигналов, а также исследовать их на практике и применить полученные знания при создании инженерных проектов.

Выполняя задания лабораторных работ, учащиеся:

- познакомятся с тонкостями проведения научного эксперимента;
- смогут углубить свои знания в области биологии, информатики и физики;
- изучат базовые принципы обработки биосигналов человека.

Данный учебник является неотъемлемой частью ViTronics NeuroLab и предназначен для изучения теоретических основ перед выполнением практической работы.

Использование модулей ViTronics NeuroLab не ограничивается занятиями, предложенными в данном пособии. Изучив азы, вы сможете придумывать и проводить новые эксперименты, а также построить целую научно-исследовательскую работу в области физиологии человека и человеко-машинных интерфейсов!



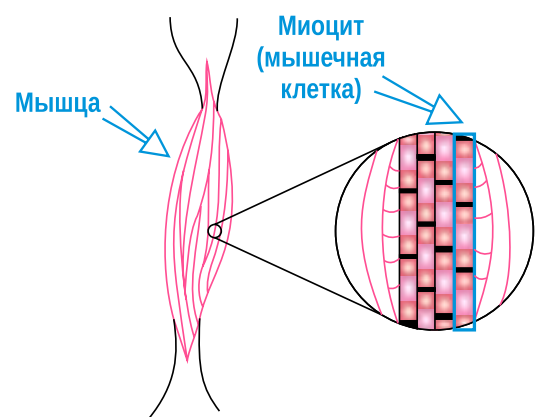
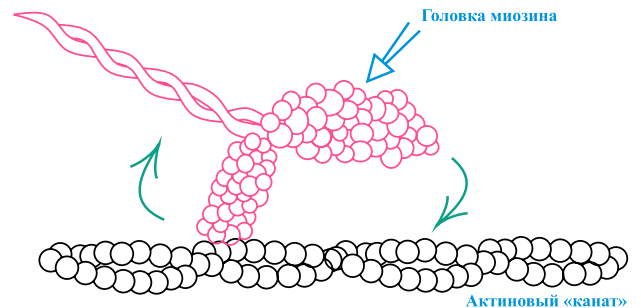
Содержание

Молекулярные механизмы сокращения.....	4
Работа мышц.....	4
Синергисты и антагонисты.....	5
Энергия для мышц.....	6
Утомление мышц.....	7
Электромиография.....	7
Автономная нервная система.....	8
Сердечно-сосудистая система.....	9
Регуляция активности сердца.....	9
Вариабельность сердечного ритма.....	10
Оптическая пульсометрия.....	11
Нейроны и передача сигналов.....	12
Головной мозг.....	13
Электроэнцефалография.....	14
Глаз.....	15
Электроокулография.....	16
Потовые железы.....	16
Кожно-гальваническая реакция.....	17
Приложения	
Словарь терминов.....	18
Крупные изображения.....	19

Молекулярные механизмы сокращения

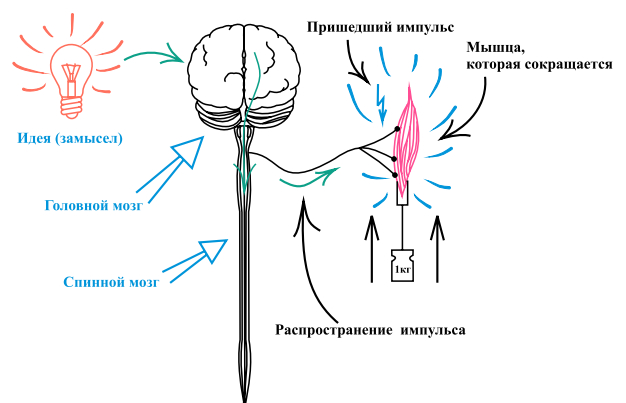
Сокращение мышцы обеспечивают миоциты – мышечные клетки. Их «двигателем» является актин-миозиновый комплекс, который состоит из двух белков: актин формирует тонкие нити, которые прикрепляются к противоположным концам клетки к Z-дискам (на микрофотографиях они выглядят как чёрные полосы, из-за чего скелетная мышечная ткань и называется поперечно-полосатой). Между нитями актина располагаются молекулы белка миозина. Этот белок имеет в своём составе две головки, которые могут прикрепляться к актиновым нитям.

Когда в цитоплазме мышечной клетки повышается содержание ионов кальция, миозин прикрепляется к нити актина и делает «гребок». За счёт энергии АТФ головка миозина отсоединяется от актина, к нему прикрепляется другая головка и делает ещё один «гребок». Таким образом за счёт энергии АТФ миозин «шагает» по актину. Благодаря этому миозин сближает актиновые нити противоположных концов клетки и миоцит сокращается. Такой актин-миозиновый комплекс развивает небольшое усилие, но в мышце их очень много, поэтому она способна развивать большую силу. Регуляция сокращения осуществляется ионами кальция: когда к миоциту приходит нервный импульс, в цитоплазму мышечной клетки поступает кальций и активирует миозин-актиновый комплекс. Однако в дальнейшем кальций выкачивается из клетки и миоцит расслабляется. Благодаря этому механизму возможны одиночные, быстрые сокращения.

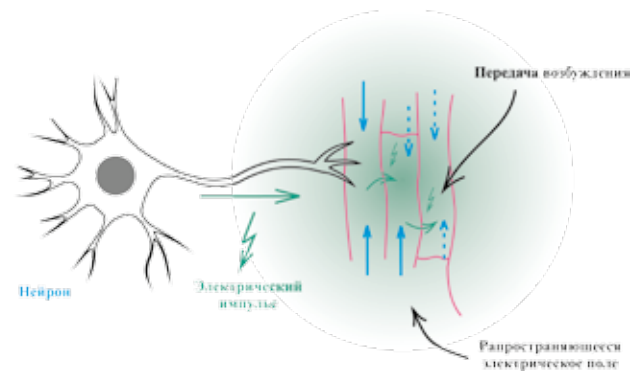


Работа мышц

Моторчиками мышцы являются миоциты – сократительные мышечные клетки, которые изменяют свою длину и развивают усилие. Миоцитам необходимо каким-либо образом сообщить, что они должны сократиться. Для этого нейроны посылают электрические сигналы мышцам, а те в ответ сокращаются. Когда мы задумываем какое-то движение, в головном мозге активируются нейроны двигательной коры. Они передают сигналы в спинной мозг, где располагаются мотонейроны. В спинном мозге сигналы о сложном движении переводятся на понятный мышцам язык: когда и на сколько нужно сократиться. Эти сигналы к мышцам поступают через мотонейроны, которые своими электрическими импульсами управляют мышцами.



Каждая мышца состоит из так называемых двигательных единиц (ДЕ) – совокупностей из десятков или сотен клеток, которыми управляет один мотонейрон из спинного мозга. Сначала при сокращении мышцы в работу включаются медленные ДЕ, которые слабо устают и способны выполнять длительную работу (например, поддерживать вертикальное положение тела). Когда их возможностей не хватает, в дело вступают быстрые ДЕ, которые способны кратковременно развивать большую силу, но за это приходится платить их повышенной усталостью.



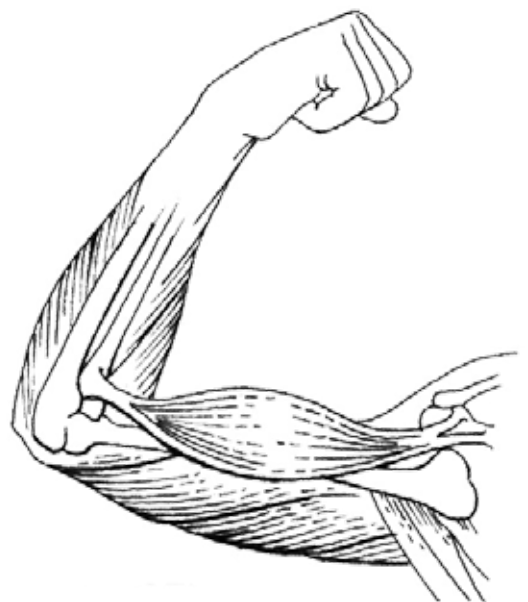
Когда к миоциту приходит электрический импульс, внутри него начинает работать актин-миозиновый моторчик – мышечная клетка сокращается. При этом сами клетки становятся маленькими генераторами электрического тока. Важно отметить, что сила сокращения определяется не величиной, а частотой приходящего сигнала. Чем чаще к миоциту приходят нервные импульсы, т. е. чем меньше промежутки времени между ними, тем большую силу он развивает, т. к. он просто не успевает расслабиться и остаётся в напряжённом состоянии. Если же по каким-то причинам протекание тока невозможно, то мышца сокращаться не будет. Расслабление мышцы происходит пассивно: если нет электрической стимуляции, то под действием упругих сил клетка возвращается в ненапряжённое состояние.

Синергисты и антагонисты

Движение живых организмов возможно благодаря мышечным клеткам. В разных организмах они расположены различным образом, что определяет характер движения. Например, кольчатые черви не имеют скелета и передвигаются попеременным сокращением мышц, образующих их тело. Похожим образом в организме человека по желудочно-кишечному тракту происходит перемещение пищи (перистальтика кишечника). Однако такие движения не очень эффективны и скудны.

У позвоночных набор возможных движений гораздо больше. Всё дело в наличии костей, которые создают подвижный каркас. Кости скрепляются между собой суставами, которые позволяют костям двигаться друг относительно друга. Движение костей в суставах создают мышцы, которые прикрепляются к ним с помощью сухожилий.

Мышца крепится к разным костям по обеим сторонам сустава. При её сокращении возникает вращение в суставе. Зачастую движение в одном суставе создаётся не одной мышцей, а двумя группами. Когда сокращаются мышцы первой группы, происходит вращение в одном направлении, а когда сокращаются мышцы второй группы – вращение происходит в противоположном направлении. Первую группу мышц называют синергистами, поскольку они вместе выполняют одно движение, а вторую называют антагонистами, поскольку мышцы второй группы совершают движение, противоположное первой группе. Например, при сгибании руки в локтевом суставе синергистами являются двуглавая мышца плеча (бицепс) и плечевая мышца, а их антагонистом – трехглавая мышца плеча (трицепс).



В нашем теле большое число различных по своему строению суставов. Их строение по-разному ограничивает свободу движений. Её принято характеризовать числом степеней свободы: оно показывает, какое число независимых переменных нужно, чтобы описать положение костей в суставе. Локтевой сустав имеет одну степень свободы: предплечье сгибается в одной плоскости, и его положение относительно плеча можно характеризовать одним углом. Также одну степень свободы имеют цилиндрические суставы в позвоночнике. Две степени свободы присущи седловидному суставу, который связывает большой палец с кистью, суставу между лопаткой и ключицей и суставам проксимальных фаланг пальцев. Тазобедренный сустав имеет 3 степени свободы: он обеспечивает поворот бедра в двух плоскостях (влево-вправо и вперёд-назад), а также вращение бедренной кости, благодаря которому мы можем вывернуть голень вбок. Эти движения создают 10 мышц бедра, которые закреплены на бедренной кости в разных местах. Таким образом, типы суставов и характер прикрепления к ним мышц определяет все многообразие движений.

Энергия для мышц

Чтобы мышца сокращалась, ей нужна энергия. Источником энергии в клетках являются питательные вещества: белки, жиры и углеводы. Самыми энергоёмкими из них являются жиры, белки же клетка использует для получения энергии в последнюю очередь, поскольку они выполняют множество других функций (ферментативная, транспортная, защитная и т. п.) В норме клетка использует углеводы для получения энергии.

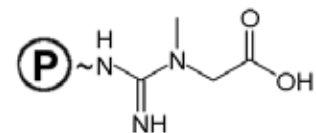
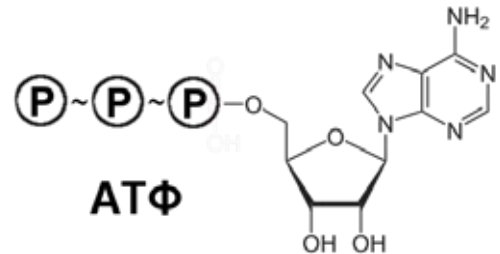
Мышечные клетки имеют запасы гликогена. Это полимер, построенный из остатков глюкозы – самого простого углевода. Когда мышца отдыхает, в ней синтезируется гликоген из глюкозы, поступающей в мышцу с током крови. Когда мышца работает, гликоген расщепляется на молекулы глюкозы. Все молекулярные машины, которые работают в клетке, используют гораздо более простой и универсальный источник энергии – аденозинтрифосфат (АТФ). Его ещё называют «энергетической валютой» клеток, поскольку энергия жиров, белков и углеводов клетки переводят в энергию АТФ. Когда от молекулы АТФ отщепляется фосфатная группа, выделяется энергия, которую могут использовать различные молекулярные машины. Одной из таких машин является актин-миозиновый комплекс.

Мышца сокращается, если миозин двигается вдоль нитей актина. Миозин прикрепляется к актину своей головкой и делает гребок. Для следующего гребка миозин использует одну молекулу АТФ, чтобы отсоединить свою головку от актина. Затем весь цикл повторяется снова. Таким образом, сокращение мышцы требует энергии АТФ.

Оказывается, что концентрация АТФ в миоцитах при умеренной нагрузке меняется слабо. Содержание АТФ клетки восполняют за счёт креатинфосфата (КФ). Из его фосфатной группы можно быстро получить АТФ. Сам же КФ синтезируется во время расслабления мышцы из избытка АТФ.

Сами молекулы АТФ клетка получает из глюкозы. Существуют два пути переработки глюкозы. В аэробном окислении глюкозы участвует кислород и образуется большое количество АТФ. Это основной, но медленный процесс метаболизма глюкозы. Но если при большой нагрузке на мышцу кислорода не хватает, чтобы восполнить нехватку АТФ аэробным окислением, запускается быстрый анаэробный гликолиз. Он не требует участия кислорода, но в этом случае образуется меньшее количество АТФ и молочная кислота. Именно она вызывает неприятные ощущения усталости в мышцах.

Таким образом, актин-миозиновый комплекс использует для своей работы АТФ. Сначала содержание АТФ восполняется за счёт расщепления КФ, затем – за счёт окисления глюкозы и распада гликогена.



Креатинфосфат