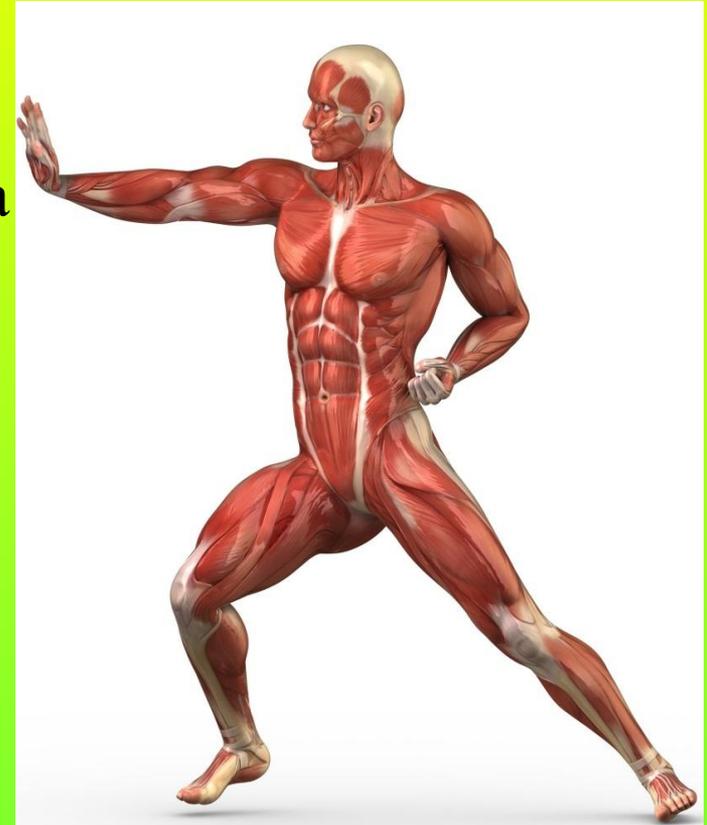


Тема 3. Функциональная характеристика мышц.

- **План:**
- 1. Двигательная функция мышц. Типы мышечного сокращения. Сила мышц и факторы, влияющие на ее величину.
- 2. Виды работы мышц.
- 3. Работа мышц по принципу рычага.
- 4. Адаптация мышечной системы к физическим нагрузкам..



1. Двигательная функция мышц. Типы мышечного сокращения. Сила мышц и факторы, влияющие на ее величину.

Двигательная функция мышц внешне выражается в следующем:

- а) *сближение костей* (т.е. близлежащих костных звеньев). При этом мышца активно сокращается (за счет укорочения брюшка), места прикреплений мышцы сближаются, расстояние между костями и угол в суставе уменьшаются в сторону тяги мышцы;

- б) *удержание костных звеньев в определенном положении.* Это происходит в результате относительно постоянного напряжения мышцы при незаметном изменении ее длины;
- в) *отдаление костных звеньев друг от друга.* Это движение осуществляется при эффективном действии внешних сил; при этом мышца удлиняется до определенного предела и отпускает кости, угол в суставе увеличивается (т. е. мышца находится в напряженном состоянии).

- ***Мышечный тонус*** — это минимальное непроизвольное (рефлекторное) напряжение мышцы.
- Полностью мышечный тонус исчезает только после смерти.
- О степени тонуса обычно судят по консистенции мышцы.
- Тонус мышцы регулируется центральной нервной системой и имеет рефлекторный характер, т.е. зависит от импульсов, возникающих в самой мышце, особенно при ее растягивании.

- Тонус зависит от следующих *факторов*:
- от возраста (у детей тонус меньше, чем у взрослых);
- от пола (у женщин тонус меньше, чем у мужчин);
- от физического развития организма;
- от физиологического состояния мышц;
- от эмоционального состояния (тонус ниже в подавленном состоянии).

Каждая мышца по морфологической характеристике может находиться в трех состояниях: исходном, удлинённом и укороченном. В зависимости от изменения длины мышц выделяют следующие типы мышечного сокращения:

- **ЭКСЦЕНТРИЧЕСКИЙ** - мышца удлиняется, совершается отрицательная внешняя работа; движение в суставе происходит с замедлением.
- **КОНЦЕНТРИЧЕСКИЙ** - (миометрический) мышца укорачивается; совершается положительная внешняя работа; движение в суставе происходит с ускорением.
- **ИЗОМЕТРИЧЕСКИЙ** - длина мышцы не изменяется; внешняя работа нулевая; движение в суставе отсутствует, происходит фиксация сустава.

- **Концентрический и эксцентрический** типы мышечного сокращения, т.е. сокращения, при которых мышца изменяет длину, относятся к **динамической форме сокращения**.
- **Изометрический тип** мышечного сокращения, при котором мышца не изменяет своей длины, относится к **статической форме сокращения**. В естественных двигательных актах наблюдаются все три типа мышечного сокращения.

- **Сила мышцы** характеризуется величиной максимального напряжения, которое она способна развить при возбуждении.
- **Для измерения силы мышцы** определяют либо тот максимальный груз, который она может поднять, либо максимальное напряжение, которое она может развить при изометрическом сокращении.
- **Сила мышцы зависит** как от ее морфологических свойств, так и от ее физиологического состояния.

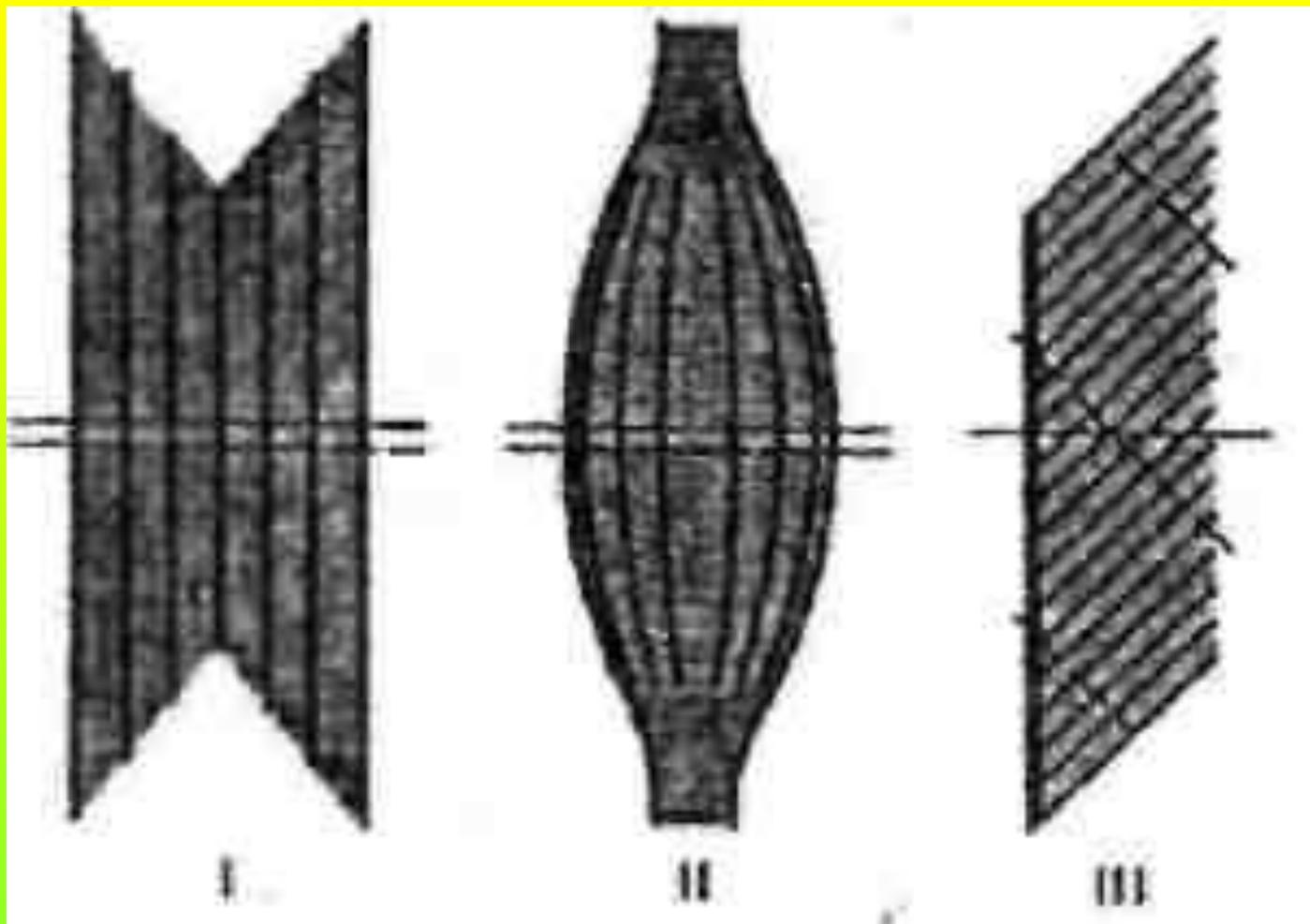
- **Факторы, влияющие на величину силы мышцы:**

- 1) ***длина мышцы:*** длинные мышцы сокращаются на большую величину, чем короткие (укорочение мышцы происходит на $1/3$, иногда на 50%);
- 2) ***количество мышечных волокон*** (чем большее количество волокон входит в состав мышцы, тем больше ее сила);

- **3) толщина мышечных волокон**
(толстые волокна развивают большее напряжение, чем тонкие);
- **4) направления волокон, составляющих мышцу** (с косыми волокнами сила мышцы больше, т.к. у них больше физиологическое поперечное сечение, большая подъемная сила);
- **5) исходная длина мышцы**
(эффективнее работает мышца после ее умеренного растяжения);

- **6) величина площади прикрепления мышцы** (чем больше площадь прикрепления, тем большую силу может развить мышца);
- **7) плечо силы** (чем больше плечо силы мышечной тяги, тем больше сила мышцы);
- **8) иннервация** (чем большее количество мотонейронов, иннервирующих данную мышцу, возбуждено, тем больше двигательных единиц приведено в действие, тем больше величина напряжения или сокращения мышцы; при учащении нервных импульсов, приходящих к мышце, ее сократительная сила возрастает).

- Различают **абсолютную и относительную силу мышц.**
- **Относительная сила мышцы** - это отношение ее максимальной силы к анатомическому поперечнику (площади поперечного сечения мышцы, проведенного перпендикулярно ее длине).
- **Абсолютная сила мышцы** - это отношение ее максимальной силы к физиологическому поперечнику (сумме площадей поперечных сечений всех мышечных волокон, образующих мышцу).



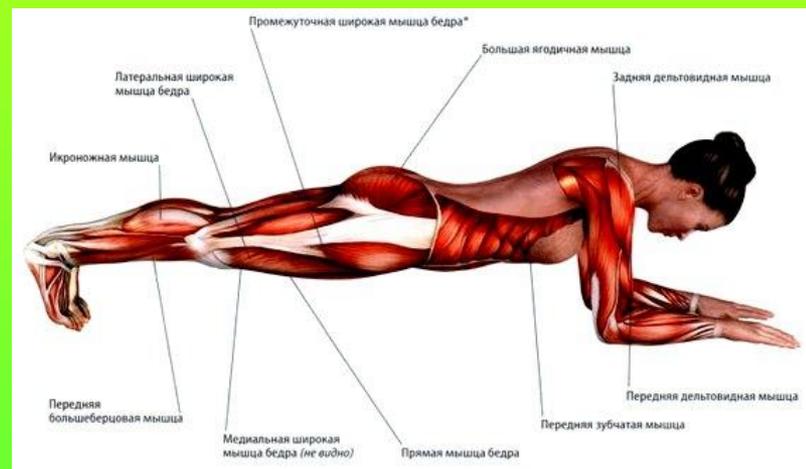
- **Схема анатомического (сплошная линия) и физиологического (прерывистая линия) поперечников мышц различной формы: / — лентовидная мышца, // — веретенообразная мышца, /// — одноперистая мышца.**

- **Физиологический поперечник** (т.е. площадь поперечного сечения всех волокон мышцы в целом) часто **не** совпадает с **анатомическим поперечником** (т.е. площадью поперечного сечения мышцы).
- Это совпадение есть только у параллельноволокнистых и веретенообразных мышц, построенных из длинных мышечных волокон.
- У перистых мышц, по типу которых построено большинство скелетных мышц человека, физиологический поперечник несколько больше анатомического.
- Благодаря этому перистые мышцы являются более сильными, чем параллельноволокнистые или веретенообразные.

- **Абсолютная сила мышц человека выражается в среднем следующими величинами (в килограммах на 1 кв. см): икроножная + камбаловидная - 6,24; разгибатели шеи - 9,0; жевательные - 10,0; двуглавая плеча - 11,4; плечевая - 12,1; трехглавая плеча - 16,8. Между силой и скоростью сокращения мышцы существует определенное соотношение: чем выше сила, развиваемая мышцей, тем меньше скорость ее сокращения, и, наоборот, с нарастанием скорости сокращения падает величина усилия.**

- Виды работы мышц
- 1. **Статическая** - работа, при которой мышечные волокна развивают напряжение, но практически не укорачиваются; движения тела или его частей не происходит.

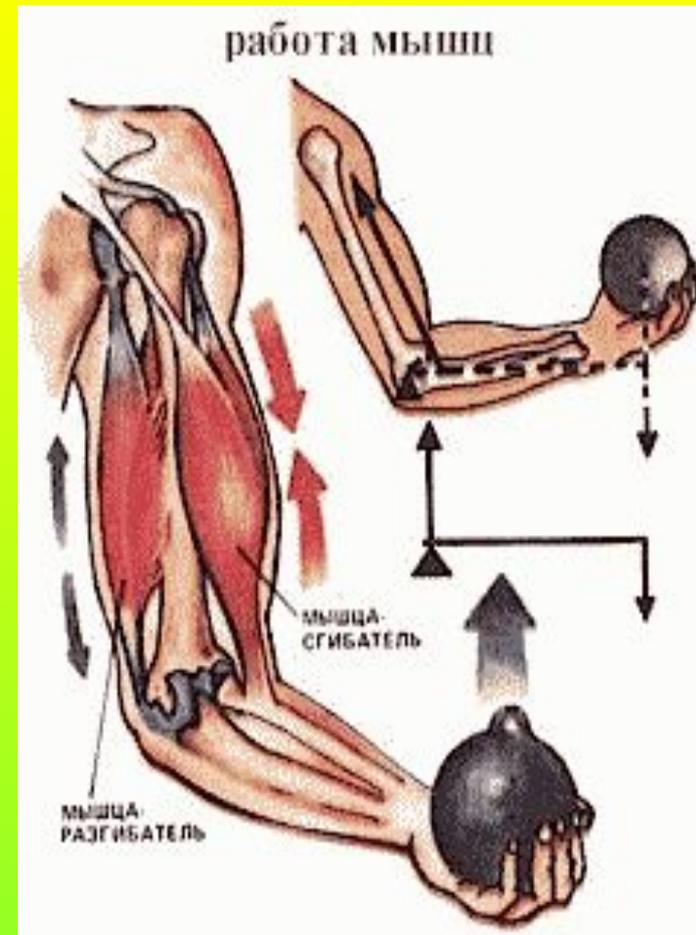
Удерживающая работа - при выполнении данной работы видимого действия не наблюдается, но мышца сокращена; происходит уравнивание действия сопротивления, моменты силы тяги.



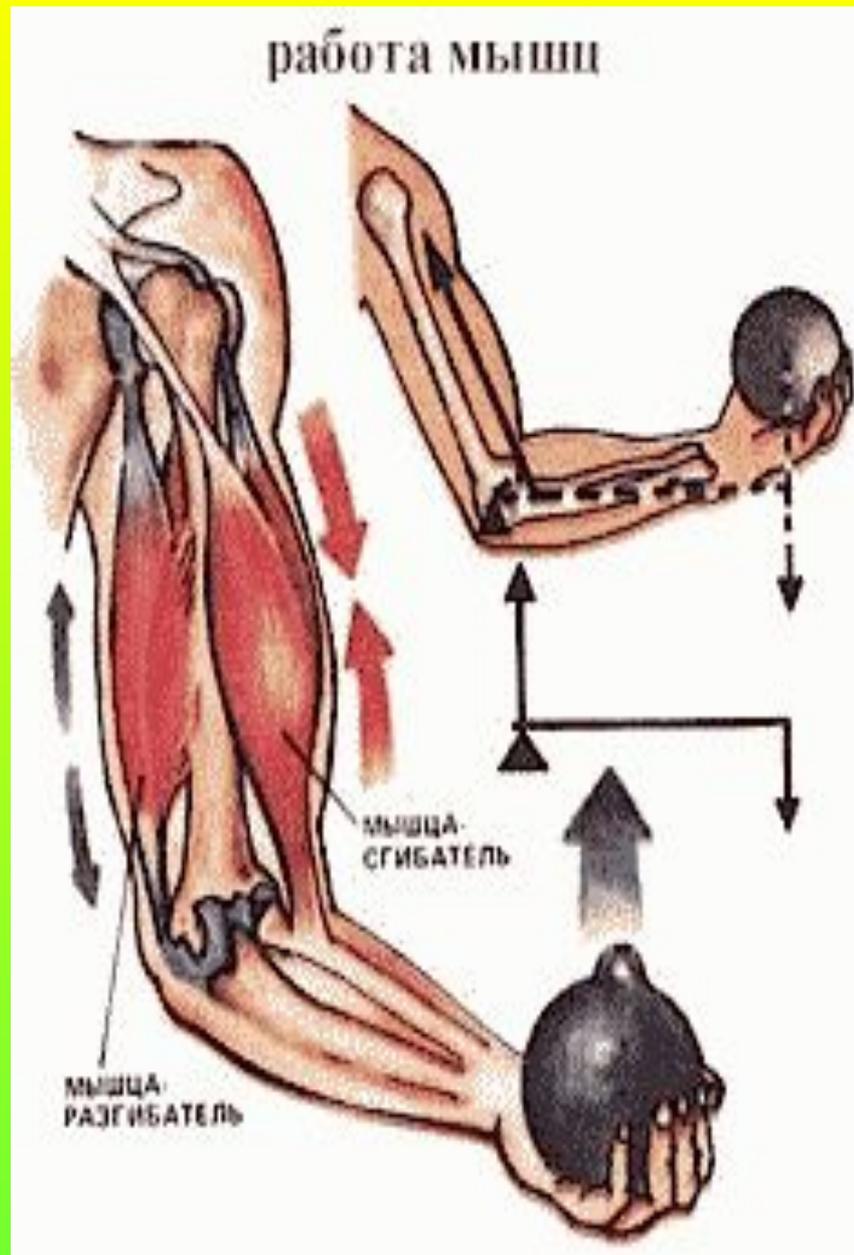
- **Динамическая** - это работа, при которой мышечные волокна укорачиваются или удлиняются, и происходит перемещение груза и движение костей в суставах.



- **Уступающая работа** - в этом случае мышца, оставаясь напряженной, постепенно расслабляется, уступая действию силы тяжести или работе мышц, момент силы тяги мышцы при этом меньше момента силы тяжести;
- **Преодолевающая работа** заключается в преодолении мышцей какого-либо сопротивления или силы тяжести данного звена тела, когда момент силы тяги мышцы (группы мышц) больше момента силы тяжести.



- **Например:** на ладонь положили груз, который удерживается на вытянутой руке - это работа **удерживающая**.
- Если ладонь с грузом поднимается вверх, то это работа - **преодолевающая**, если ладонь под действием силы тяжести пошла вниз - **уступающая** работа.



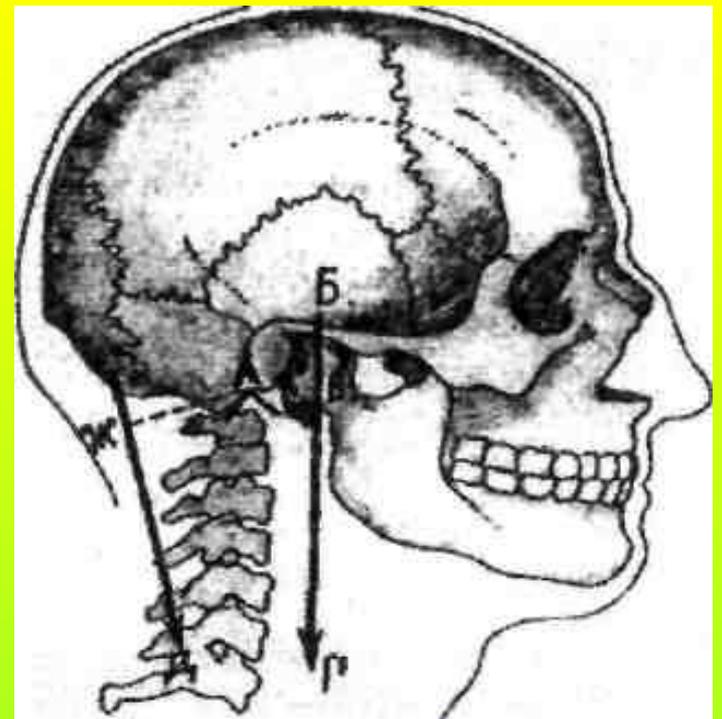
- Мышцы, сокращаясь, приводят в движение кости и действуют при этом как рычаги.
- **Рычаг** - это всякое твердое тело, закрепленное в одной точке, вокруг которой происходит движение.
- Обязательными элементами рычага являются:
 - *точка опоры;*
 - *точка приложения силы;*
 - *плечо рычага* - это расстояние от точки опоры до точки приложения силы;
 - *плечо силы* - это кратчайшее расстояние от точки опоры до линии действия силы

Если сила тяжести действует под прямым углом, то плечо силы и плечо рычага совпадают по величине.

- **Костные рычаги** — это звенья тела, подвижно соединенные в суставах под действием приложенных сил. Они служат для передачи движения и работы на расстояние.
- Различают **два вида рычагов**: первого и второго рода.

- Если две силы (сила тяжести и сила тяги мышц) приложены по разные стороны от точки опоры рычага и действуют в одном направлении, то тело является рычагом **первого рода**. Этот рычаг **двуплечий**, т.к. плечо силы тяжести и силы тяги мышц расположены по обе стороны от точки опоры, образуя соответственно **два равных плеча**. Такой рычаг является **рычагом равновесия**.

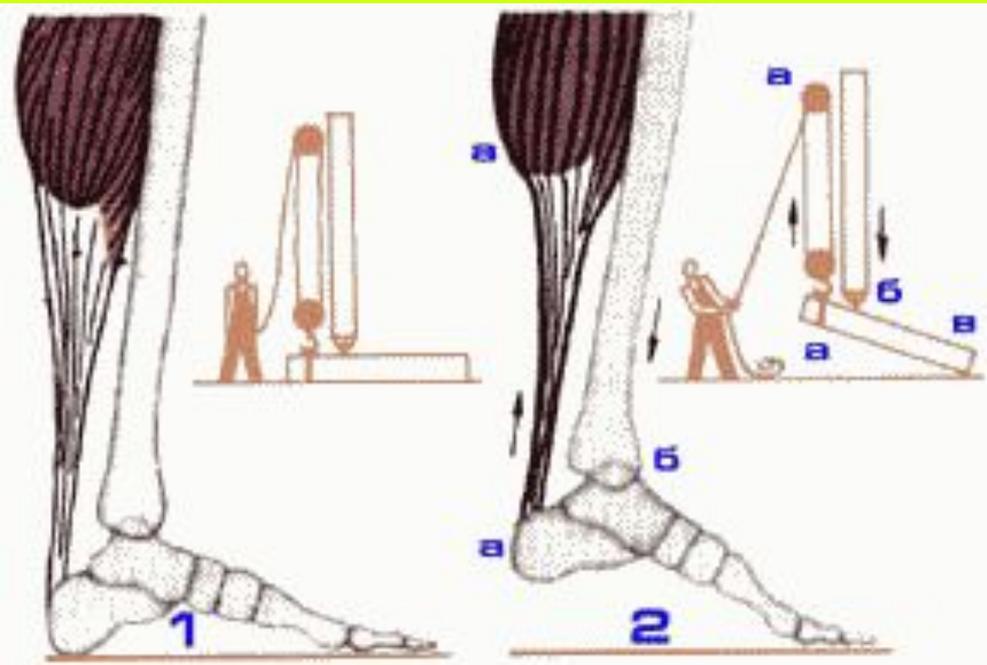
Примером рычага первого рода является соединение позвоночника с черепом, т.е. атлантозатылочный сустав. Его еще называют суставом равновесия, так как сила тяжести черепа уравновешивается силой тяги мышц затылка.



- Рычаг первого рода (рычаг равновесия).
- А- поперечная ось атлантозатылочного сустава;
- БГ- направление силы тяжести;
- ЕД- направление мышечной тяги; АВ- плечо рычага силы тяжести; аж- плечо силы мышечной тяги.

- **Рычаг второго рода - одноплечий**, т.к. плечо силы тяжести и плечо силы тяги мышц расположены по одну сторону от точки опоры и направлены в противоположные стороны. Различают две разновидности этого рычага. Первую разновидность обычно называют **рычагом силы**. Он характеризуется тем, что плечо силы мышечной тяги больше плеча силы тяжести.

Примером такого рычага может служить стопа во время подъема на полупальцы (рис.4).

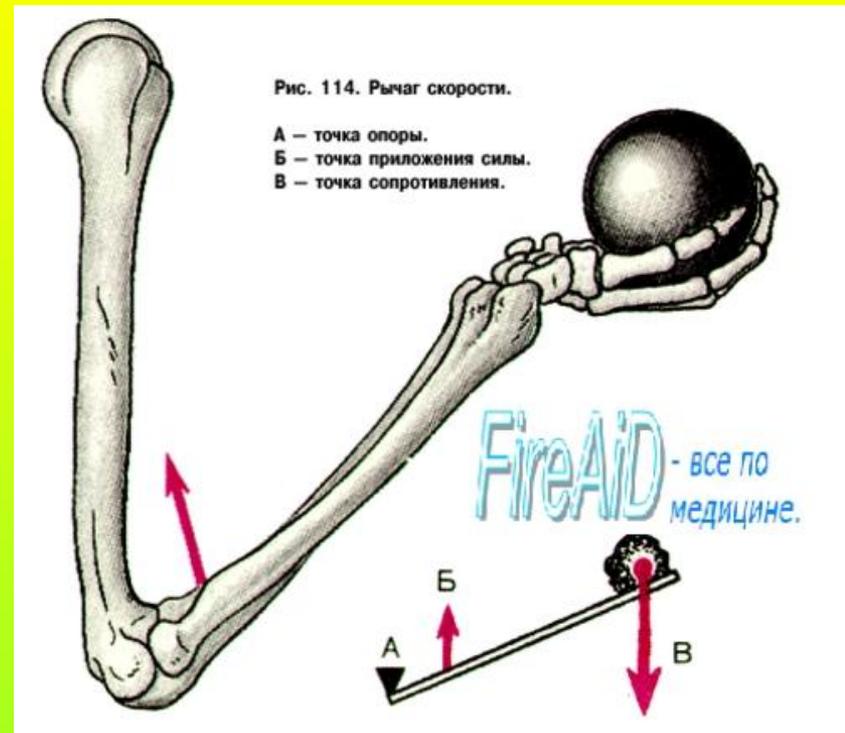


- Рычаг второго рода (рычаг силы).
- А - точка опоры; БВ - направление силы тяжести; ДГ - направление равнодействующей силы мышечной тяги; АЕ - плечо рычага силы мышечной тяги; АЖ - плечо рычага силы тяжести.

Местом опоры в данном случае являются главным образом головки плюсневых костей, через которые проходит ось вращения всей стопы. Сила мышечной тяги, если обозначить ее в виде прямой, идущей от пяточной кости в направлении тяги трехглавой мышцы голени, имеет большее плечо, чем сила тяжести. Сила тяжести передается на стопу через кости голени и давит непосредственно на таранную кость, способствуя опусканию стопы. Движения рычага этого вида довольно ограничены, здесь имеется выигрыш в силе за счет проигрыша в амплитуде и в скорости движения.

Вторую разновидность рычага второго рода принято называть **рычагом скорости**.

Он характеризуется тем, что сила мышечной тяги приложена вблизи оси вращения и имеет значительно меньшее плечо, чем противодействующая ей сила тяжести.



- **4.Адаптация мышечной системы к физическим нагрузкам**
- Физические нагрузки при систематических тренировках оказывают значительное влияние на мышцы, изменяя их строение и функцию. В процессе тренировок мышца изменяется на органном, клеточном, субклеточном и молекулярном (биохимическом) уровнях. Эти изменения приводят к адаптации мышцы к физическим нагрузкам. Изменения в строении мышц определяются методом биопсии.

**Физические нагрузки вызывают
неодинаковые
морфофункциональные перестройки
в мышцах, что зависит от характера
двигательной деятельности.**

**Нагрузки бывают преимущественно
динамического и статического
характера.**

<i>Статические нагрузки</i>	<i>Динамические нагрузки</i>
1. Резкое увеличение объема и веса мышц.	1. Умеренное увеличение объема и веса мышц.
2. Укорачивается мышечная часть, удлиняется сухожильная (т.е. увеличивается поверхность прикрепления мышц на костях).	2. Укорачивается сухожильная часть, удлиняется мышечная часть.
3. Увеличивается количество плотной соединительной ткани между мышечными пучками, что создает дополнительную опору.	3. Умеренное увеличение количества плотной соединительной ткани. В большей мере разрастается рыхлая соединительная ткань, где много эластических волокон.
4. Миофибриллы располагаются рыхло.	4. Увеличивается количество миофибрилл, которые «упакованы» очень плотно.
5. хорошо развита капиллярная сеть ^в виде петель	5. Ход капилляров прямолинейный.
°. Количество нервных волокон в мышцах относительно небольшое.	6. Количество нервных волокон в 4-5 раз больше, чем в мышцах,
	выполняющих преимущественно статическую работу.
7. Усиливается перистость мышцы, а значит и ее сила.	7. Отсутствие перехода в перистость.
8. Увеличение объема мышцы идет за счет миофибриллярной гипертрофии.	8. Увеличение объема мышцы идет за счет саркоплазматической гипертрофии и гиперплазии.

- Все указанные выше изменения в мышцах происходят на фоне процессов **рабочей гипертрофии и гиперплазии**.
- **Гипертрофия** - это утолщение мышечных волокон, т.е. увеличение объема и массы мышц (идет увеличение мышечного поперечника в результате мышечной тренировки).
- *Выделяют 2 типа рабочей гипертрофии:*
- *1) саркоплазматический **тип** связан с утолщением мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы (т.е. несократительной части мышечных волокон).*
- *2) **миофибрилярный тип** связан с увеличением объема миофибрилл (т.е. собственно сократительного аппарата мышечных волокон) и ведет к значительному росту максимальной силы мышц, а также и к росту абсолютной силы.*

- **Преимущественное развитие первого или второго типа рабочей гипертрофии определяется характером мышечной тренировки:**
- **а) длительные динамические упражнения с относительно небольшой нагрузкой вызывают гипертрофию первого типа;**
- **б) изометрические упражнения с большим мышечным напряжением приводят к развитию второго типа гипертрофии.**

Гиперплазия - это процесс увеличения количества мышечных волокон.

На определенном уровне тренированности исходное гипертрофированное мышечное волокно расщепляется на два новых волокна (отводки) из мышечных почек. В обычном мышечном волокне идет кровеносный сосуд, который питает мышцу. Потом этот сосуд раздваивается, и каждое новое мышечное волокно имеет свой сосуд.

Расщеплению мышечных волокон предшествует перестройка их моторной иннервации, в результате чего в новые мышечные волокна прорастают нервы с соответствующими синапсами.

Характер мышечной патологии, ее локализация, связь с видом спорта, возрастом спортсмена, его спортивным стажем и уровнем спортивной квалификации позволяют выявить основные причины поражения мышц: перенапряжение, микротравмы, нарушение координации движений, переутомление спортсменов, несоответствие между силовыми возможностями мышц и прочностью их сухожилий.

Современный спорт предъявляет чрезвычайно высокие требования к организму спортсмена. Уже сегодня для повышения устойчивости опорно-двигательного аппарата к механическим воздействиям могут быть рекомендованы апробированные методы. Среди них - отбор будущих спортсменов с учетом их генетической предрасположенности к занятиям определенным видом спорта.

- В отличие от костной системы, которая в значительной степени генетически детерминирована, **мышечная система лабильна** и во многом зависит от характера физической нагрузки. Поэтому **необходим подбор и характера таких режимов нагрузки**, которые направляли бы адаптационные процессы в костях, сухожилиях, суставных хрящах, связках, мышцах по рациональному пути **в полном соответствии с возможностями морфологических структур и предъявляемыми к ним требованиями.**

Спасибо за внимание!

