

# **Раздел: «СИСТЕМА ОПОРЫ И ДВИЖЕНИЯ».**

**Тема: «Скелетная мышца как активная часть опорно-двигательного аппарата. Сегментарный уровень регуляции движений. Особенности мышц челюстно-лицевой области».**

Лекция № 5.

# План:

1. Моторный синапс, строение, особенности передачи возбуждения.
2. Структурно-функциональные особенности мышечных волокон.
3. Механизм мышечного сокращения и расслабления.
4. Виды сокращений (одиночное, тетаническое), механизмы.
5. Оптимум и пессимум частоты раздражений (Н.Е. Введенский).
6. Понятие о моторной единице.
7. Сила, работа мышц и факторы ее определяющие.
8. Двигательные функции спинного мозга.
9. Спинальные двигательные рефлексy, классификация.
10. Спинальный шок и двигательные нарушения.
11. Особенности мышц челюстно-лицевой области.

# Опорно-двигательная система, строение, функции.

*Опорно-двигательная система* – комплекс костей, суставов, хрящей, связок и мышц, являющийся опорой для тела и обеспечивающий передвижение в пространстве, а также движение отдельных частей тела.

Кости скелета являются рычагами, которые приводятся в движение мышцами. Вследствие этого части тела изменяют своё положение относительно друг друга, перемещают тело в пространстве и выполняют опорную функцию.<sub>3</sub>

# Функции опорно-двигательного аппарата

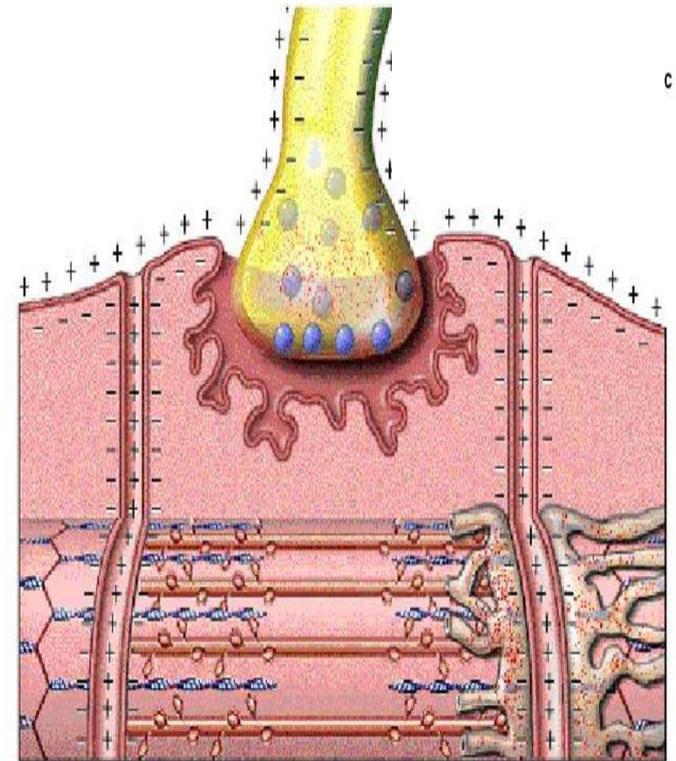
1. **опорная;**
2. **защитная;**
3. **двигательная;**
4. **рессорная** — смягчение толчков и сотрясений;
5. **функция кроветворения** - образование крови в красном костном мозге.
6. **метаболическая функция**-участие в обмене кальция, железа, меди и фосфора.
7. **биологическая** — участие в обеспечении жизненно важных процессов, такие как минеральный обмен, кровообращение, кроветворение и другие.

Человек рождается, развивается и существует в условиях земного тяготения – гравитации, и каждое движение связано с преодолением сил тяготения, потому опорно-двигательная система выполняет ещё и **антигравитационную** функцию.



# 1. Моторный синапс, его строение и особенности передачи возбуждения.

**Нервно-мышечный синапс** — эффекторное нервное окончание на скелетном мышечном волокне. Нейромедиатором в этом синапсе является ацетилхолин. В этом синапсе нервный импульс превращается в механическое движение мышечной ткани.



# Передача возбуждения в нервно-мышечном синапсе.

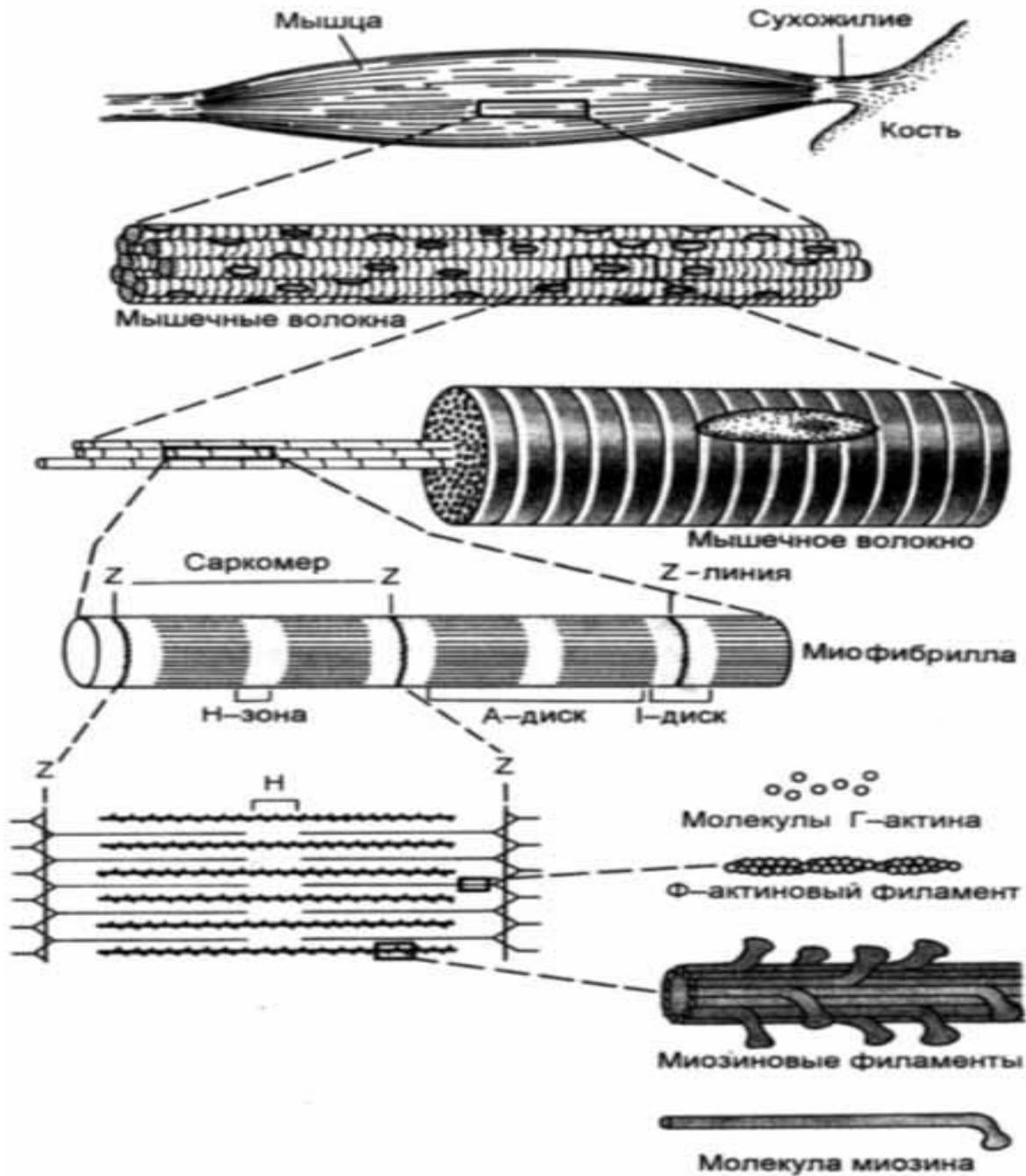
1. *электрический* – достижение ПД концевой веточки аксона, деполяризация терминали и выделение ацетилхолина (АХ) в синаптическую щель;
2. *Химический* – диффузия АХ к постсинаптической мембране и образование на ней его комплекса с холинорецептором;
3. *Электрический* – увеличение ионной проницаемости постсинаптической мембраны, возникновение локального потенциала (потенциала концевой пластинки, ПКП), развитие ПД мышечного волокна.

# ОСОБЕННОСТИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СИНАПСА

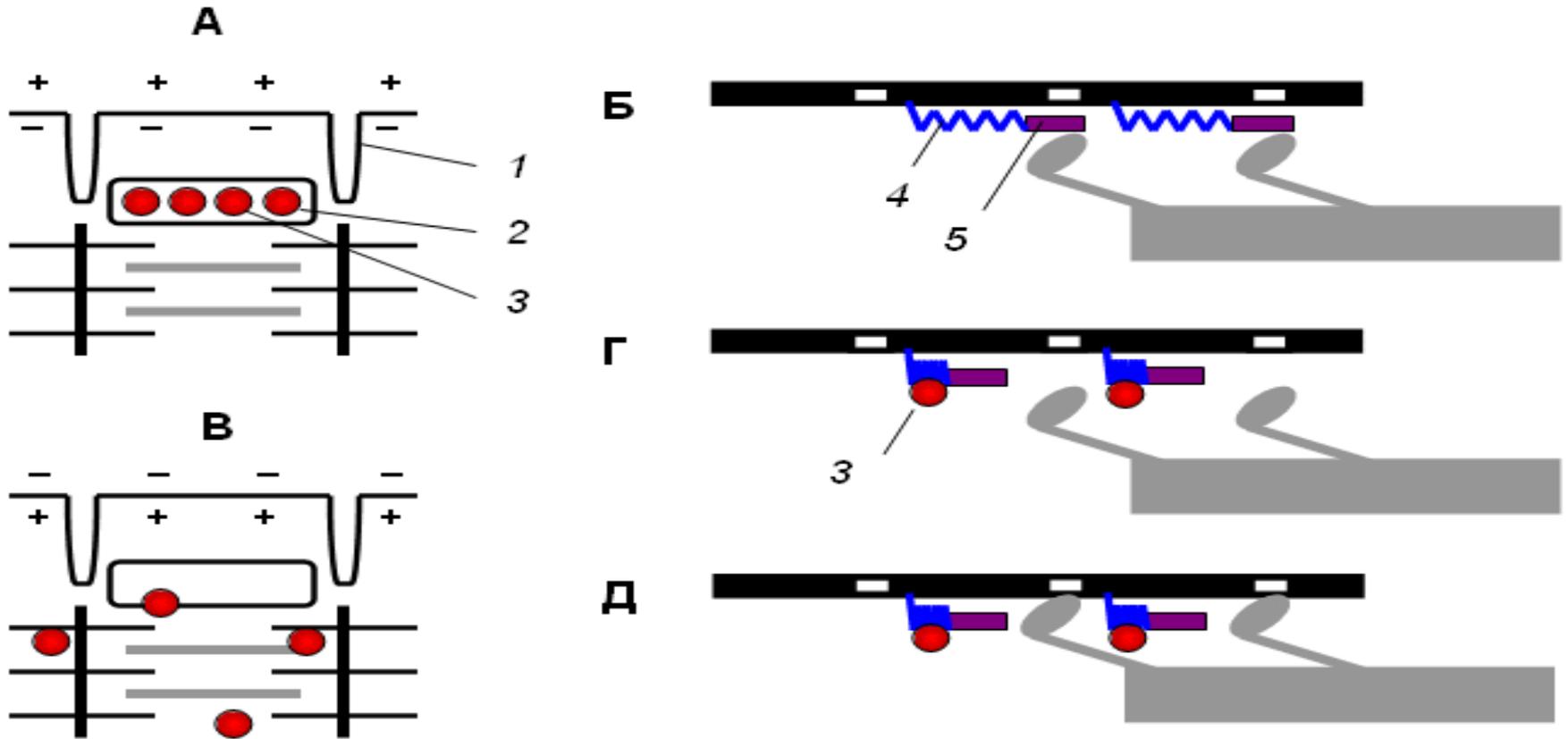
1. Нервно-мышечный синапс образован окончанием аксона моторного нейрона и мышечным волокном;
2. Медиатор – ацетилхолин;
3. Постсинаптическая мембрана (часть сарколеммы) имеет множество инвагинаций;
4. На постсинаптической мембране комплекс АХ+холинорецептор формирует ПКП (потенциал концевой пластинки).

## 2. Структурно-функциональные особенности мышечных волокон.





# 3. Механизм мышечного сокращения и расслабления.



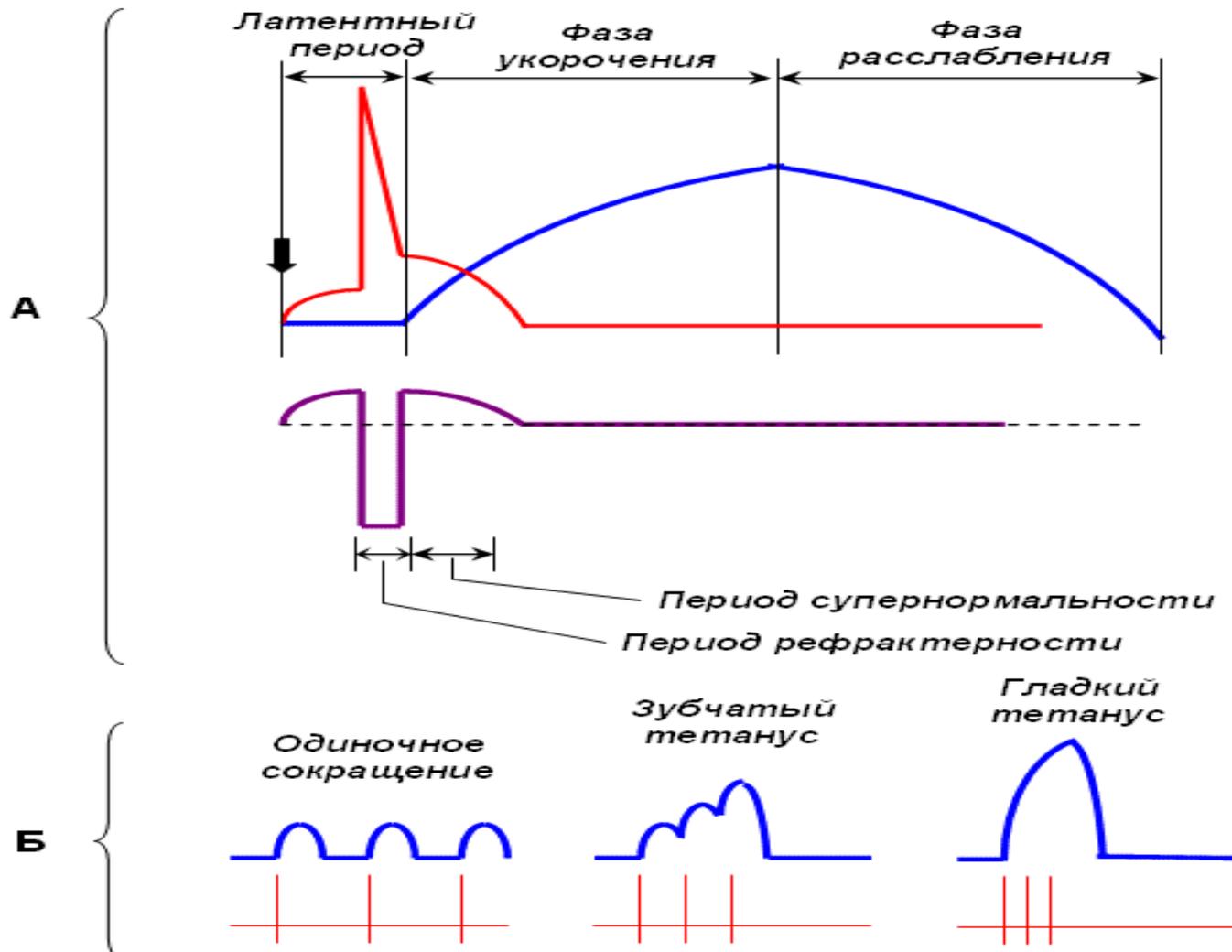
А,Б – расслабленное состояние мышцы; В,Г,Д – сокращение  
1. Т-система, 2. Саркоплазматический ретикулум, 3. Ионы кальция,  
4. Тропонин, 5. Тропомиозин

- ПКП – ПД
- распространение ПД по Т-системе (А, 1)
- Деполяризация саркоплазматического ретикулума (А,2) и освобождение ионов кальция (А,3)
- Ионы  $Ca^{++}$  связываются с белком тропонином, который изменяет свою конформацию и смещает молекулы белка тропомиозина, которые закрывали центры связывания актина (Г)
- К открывшимся центрам связывания присоединяются головки миозина, и начинается процесс сокращения (Д).

## **Расслабление скелетной мышцы**

Расслабление мышцы вызывается обратным переносом ионов  $\text{Ca}^{++}$  посредством кальциевого насоса в каналы саркоплазматического ретикулума. По мере удаления  $\text{Ca}^{++}$  из цитоплазмы открытых центров связывания становится все меньше и в конце концов актиновые и миозиновые филламенты полностью рассоединяются; наступает расслабление мышцы.

# 4. Виды сокращений (одиночное, тетаническое), механизмы.



- **Одиночные** мышечные сокращения возникают при действии одного ПД. Если очередной импульс приходит в мышцу после завершения фазы расслабления, возникает серия последовательных одиночных сокращений.
- При более высокой частоте импульсов, когда промежутки между импульсами мотонейрона меньше времени полного сокращения, но больше длительности фазы укорочения возникнет **зубчатый тетанус** – длительное сокращение, прерываемое периодами неполного расслабления мышцы.
- При дальнейшем увеличении частоты импульсов каждый следующий импульс будет действовать на мышцу во время фазы укорочения, в результате чего возникнет **гладкий тетанус** – длительное сокращение, не прерываемое периодами расслабления.

## 5. Оптимум и пессимум частоты раздражений (Н.Е. Введенский).

**Оптимум** (наилучший) – такая сила и частота раздражителя, которая обуславливает максимальную амплитуду мышечного сокращения (гладкий тетанус).

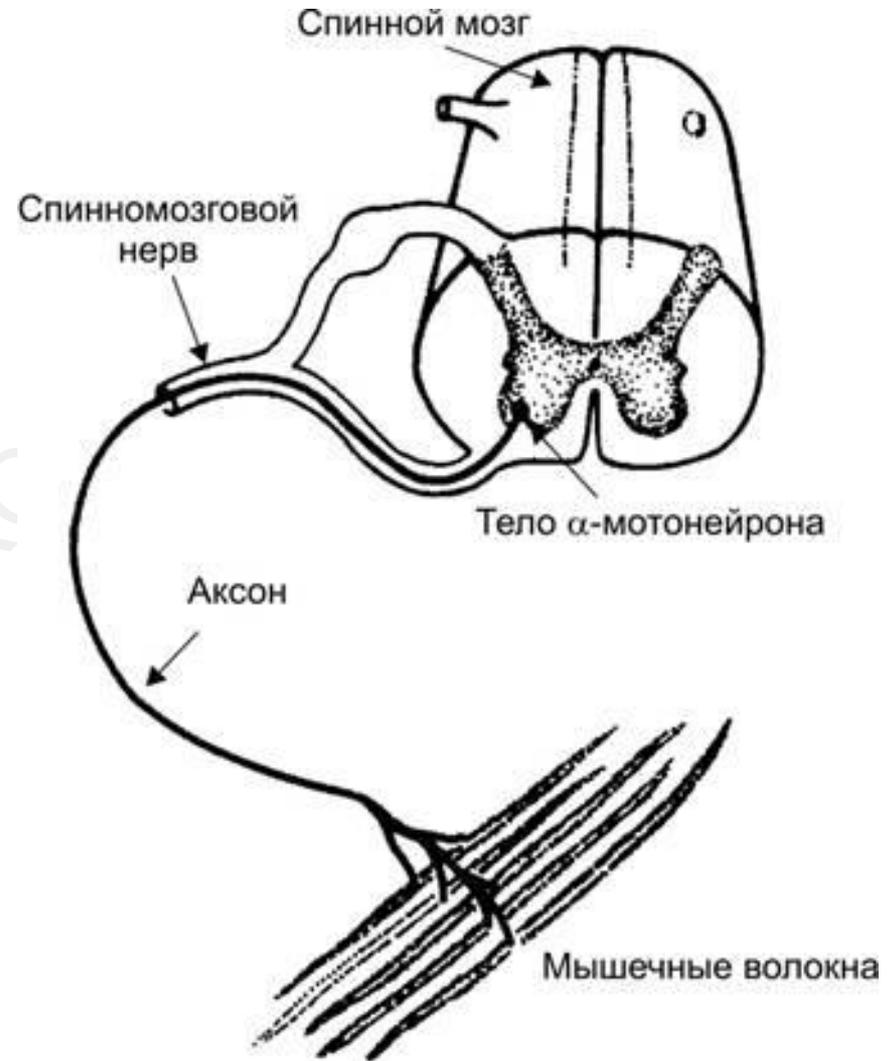
Механизм: концентрация кальция увеличивается в пре- и постсинаптической мембранах, это увеличивает секрецию медиатора, повышение ПКП (ВПСП).

**Пессимум** (наихудший) – такая чрезмерная сила или частота раздражителя, которая вызывает резкое уменьшение амплитуды мышечного сокращения или даже отсутствие реакции мышцы.

Механизм: накопление медиатора в щели ведет к уменьшению секреции медиатора из пресинаптической мембраны и к стойкой деполяризации постсинаптической мембраны, к снижению чувствительности и родства к рецепторам постсинаптической мембраны медиатора.

## 6. Понятие о моторной единице.

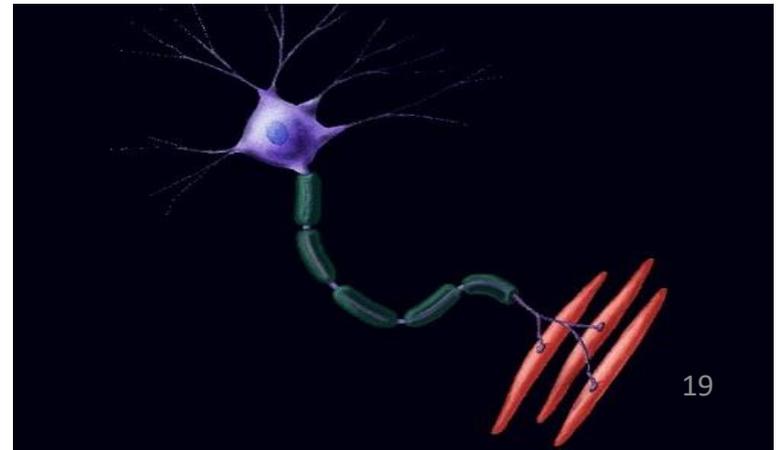
**Моторная единица (МЕ)** является функциональной единицей скелетной мышцы. МЕ включает в себя группу мышечных волокон и иннервирующий их мотонейрон.



# Классификация МЕ

Моторные единицы одной мышцы могут быть разными. В зависимости от скорости сокращения моторные единицы разделяют на:

- медленные/slow (S-ME)
- быстрые/fast (F-ME)
  - ▶ быстроутомляемые/fast-fatigable (FF-ME)
  - ▶ и устойчивые к утомлению/fast-fatigue-resistant (FR-ME).



## Характеристика Моторных Единиц

медленные неутомляемые (S-ME) имеют низкие морфофункциональные показатели: небольшой мотонейрон, нетолстый аксон, низкий порог раздражения. Содержат много миоглобина, поэтому красные. В них много митохондрий, но мало миофибрилл, большую силу не развивают, хорошо развито кровоснабжение, доставка кислорода, высокая активность окислительных ферментов, снабжаются энергией за счет аэробных процессов.

Быстроутомляемые моторные единицы (FF – ME) имеют более высокие морфофункциональные показатели: крупный мотонейрон, толстый аксон, скорость проведения 70-120 м/с, более высокий порог раздражения, много миофибрилл, гликогена, мало митохондрий, миоглобина, хуже капиллярное кровоснабжение, преобладают гликолитические ферменты. Аксон разветвляется на большое количество концевых веточек, иннервирующих большую группу мышечных волокон.

Быстрые устойчивые к утомлению (FR –ME).

Они включают сильные, быстро сокращающиеся волокна, обладающие большой аэробной выносливостью.

Мышцы, составляющие данную моторную единицу, способны выполнять быстрые сокращения без заметного утомления.

## **7. Сила и работа мышц, факторы ее определяющие.**

**Сила** скелетной мышцы зависит от многих факторов:

1. От числа ДЕ, возбуждаемых в данный момент времени.
2. От синхронности работы ДЕ
3. От частоты ПД «бегущих» по данным аксонам к соответствующим мышечным волокнам.
4. От исходной длины.

**Работа** скелетной мышцы совершается за счет согласованного изменения тонуса (напряжения) и длины мышцы во время сокращения.

## **Виды работы скелетной мышцы:**

- *динамическая преодолевающая работа* совершается, когда мышца, сокращаясь, перемещает тело или его части в пространстве;
- *статическая (удерживающая) работа* выполняется, если благодаря сокращению мышцы части тела сохраняются в определенном положении;
- *динамическая уступающая работа* совершается, если мышца функционирует, но при этом растягивается, так как совершаемого ею усилия недостаточно, чтобы переместить или удержать части тела.

# Во время выполнения работы мышца может сокращаться:

- *изотонически* – мышца укорачивается при постоянном напряжении (внешней нагрузке); изотоническое сокращение воспроизводится только в эксперименте;
- *изометрически* – напряжение мышцы возрастает, а ее длина не изменяется; мышца сокращается изометрически при совершении статической работы;
- *ауксотонически* – напряжение мышцы изменяется по мере ее укорочения; ауксотоническое сокращение выполняется при динамической преодолевающей работе.

*Утомление* – физиологическое состояние мышцы, которое развивается после совершения длительной работы и проявляется снижением амплитуды сокращений, удлинением латентного периода сокращения и фазы расслабления. Причинами утомления являются: истощение запаса АТФ, накопление в мышце продуктов метаболизма, недостаток притока кислорода. При совершении организмом мышечной работы утомление первоначально развивается на уровне синапсов ЦНС и нейро-мышечных синапсов, затем на уровне нейронов экстрапирамидной и пирамидной системы, нейронов коры.

## 8. Двигательные функции спинного мозга.

Спинной мозг является интегративной областью для осуществления рефлексов спинного мозга. Каждый сегмент спинного мозга содержит несколько миллионов нервных клеток, в том числе мотонейроны и вставочные нейроны.

Различают:

- альфа-мотонейроны
- гамма-мотонейроны

**Альфа – мотонейроны** – крупные клетки спинного мозга, их аксоны образуют нервно-мышечные синапсы с экстрафузальными мышечными волокнами (МВ) скелетной мышцы и участвуют в формировании нейромоторных единиц.

**Гамма – мотонейроны** – значительно меньше альфа мотонейронов, осуществляют двигательную иннервацию интрафузальных МВ в составе мышечных веретен.

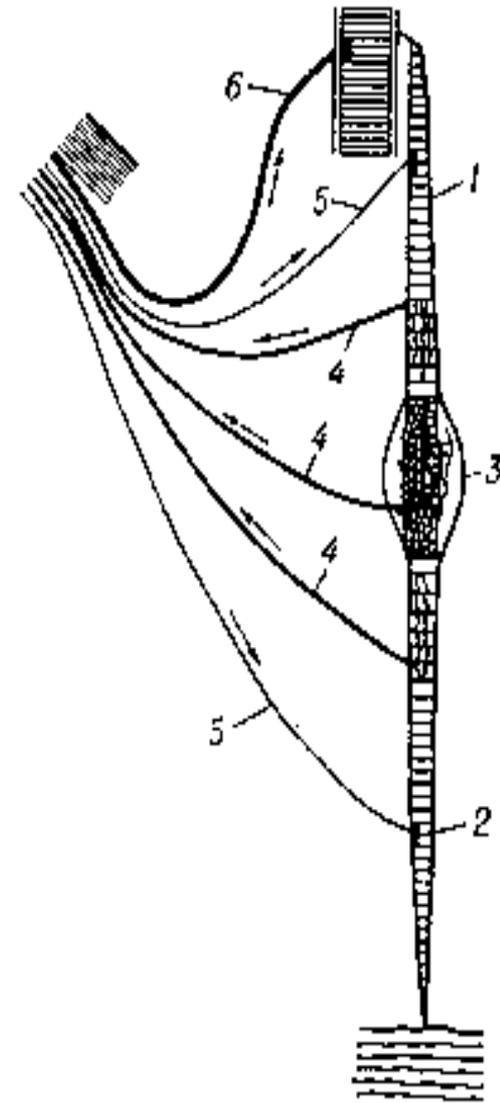
# **Проприорецепторы скелетных мышц, роль в обеспечении координации рефлекторных актов.**

**Проприоцепторы** (от лат. *proprius* — собственный), специализированные чувствительные нервные окончания из группы механорецепторов, расположенные в опорно-двигательном аппарате (скелетные мышцы, сухожилия, связки) и реагирующие на сокращение и напряжение или расслабление и растяжение **мышц**.

К проприорецепторам относятся:

- **мышечные веретена**, находящиеся среди мышечных волокон, возбуждаются при их удлинении, основные элементы – интрафузальные МВ, нервные волокна и капсула;
- **тельца Гольджи**, расположенные в сухожилиях, возбуждаются при сокращении мышечных волокон;
- **пачиниевы тельца**, находящиеся в фасциях, покрывающих мышцы, в сухожилиях, связках и периосте, возбуждаются при давлении.

Мышечное веретено (схема): 1 — конец интрафузального мышечного волокна, прикрепленный к скелетной мышце; 2 — конец того же волокна, прикрепленный к сухожилию; 3 — так называемая ядерная сумка волокна со спиралевидными рецепторами; 4 — толстые чувствительные нервные волокна, идущие от рецепторов мышечного веретена; 5 — тонкие, так называемые гамма-эфферентные, нервные волокна, вызывающие большую или меньшую степень сокращения концевых участков мышечного веретена; 6 — двигательное нервное волокно, идущее к скелетной мышце.



Степень сокращения веретена регулируется так называемой **гамма-системой** — гамма-эфферентными нервными волокнами. Каждый раз, когда сигналы передаются от двигательной коры или от любой другой области головного мозга к альфа-мотонейронам, в большинстве случаев одновременно стимулируются гамма-мотонейроны, что называют коактивацией альфа- и гамма-мотонейронов. Это ведет к одновременному сокращению экстрафузальных волокон скелетных мышц и интрафузальных волокон мышечных веретен.

# Схема механизма поддержания тонуса мышц ( $\gamma$ -петля)

1 — полусегмент спинного мозга;

2 — скелетная мышца; 3 —

мышечное веретено;

↑ — афферентный путь; ↓ —

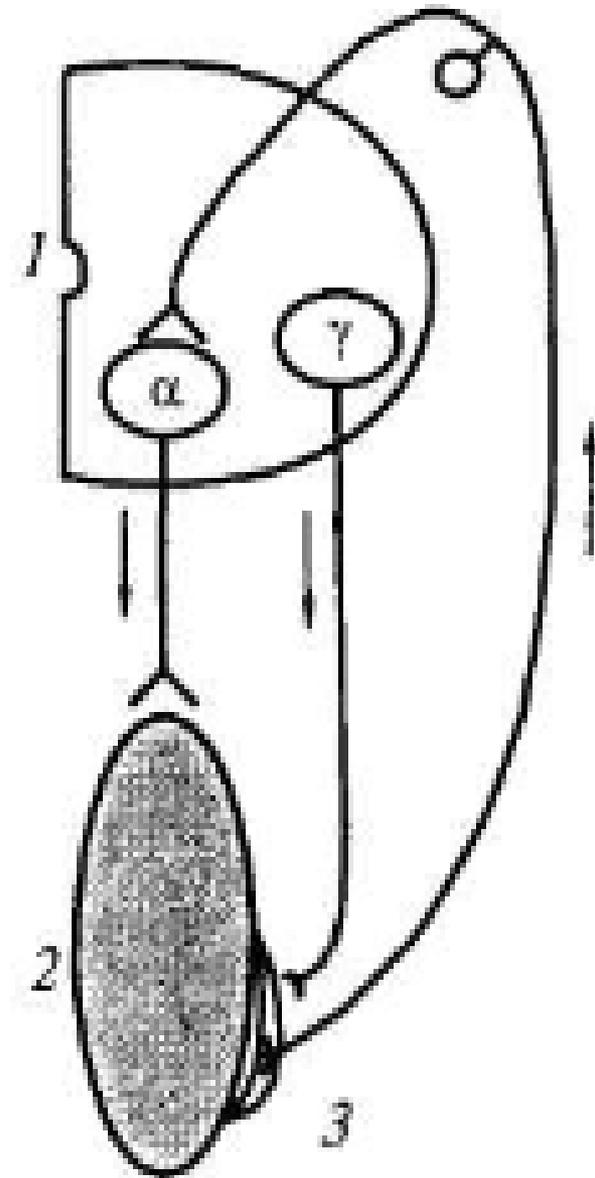
эфферентные пути;

$\alpha$ -мотонейрон, иннервирующий скелетную мышцу;

$\gamma$ -мотонейрон, иннервирующий интрафузальные

мышечные волокна

(проприорецепторы)



Гамма-эфферентная система возбуждается непосредственно сигналами из бульборетикулярной области ствола мозга и опосредованно — импульсами, передаваемыми в бульборетикулярную область от: (1) мозжечка; (2) базальных ганглиев; (3) коры большого мозга

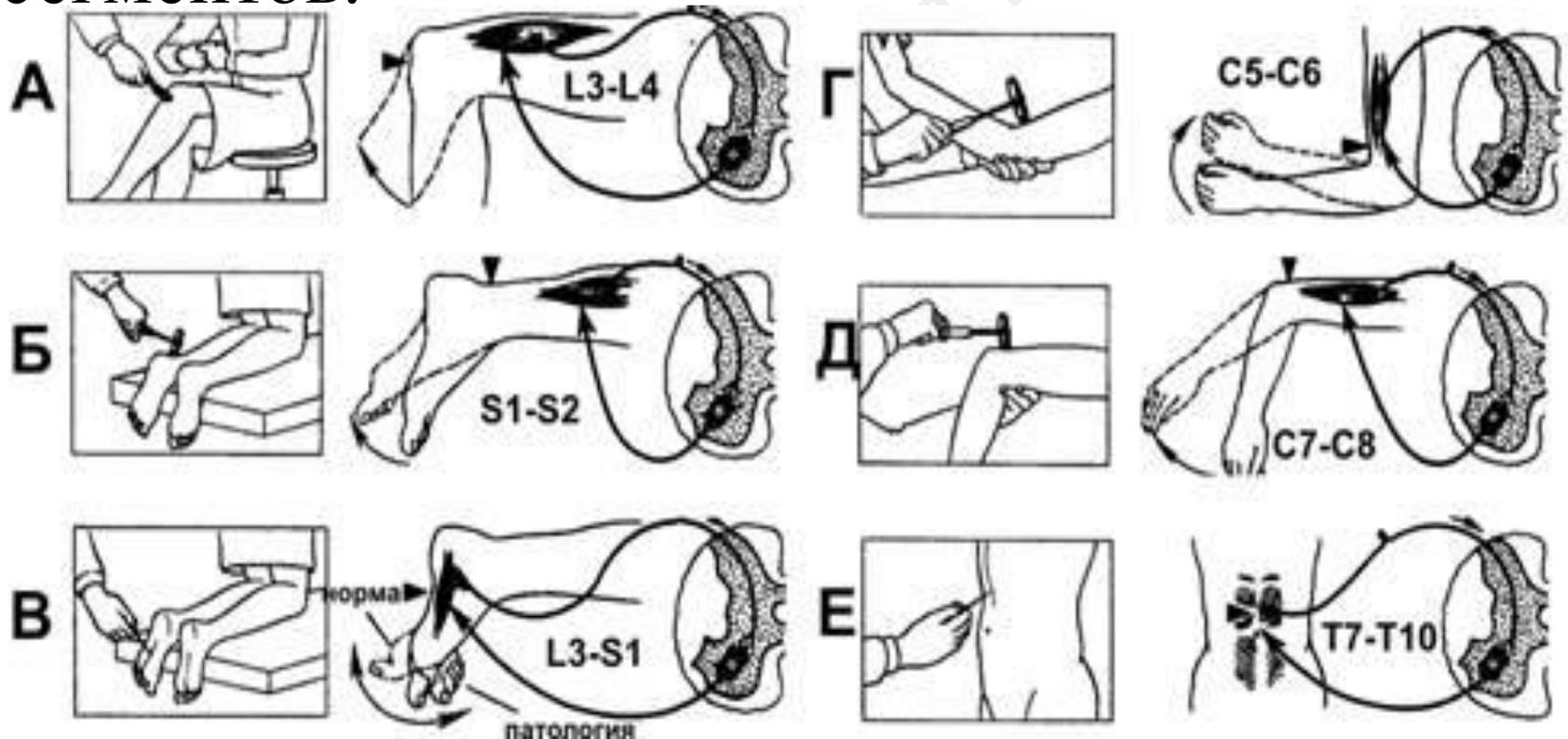
Так, при управлении, в котором используется спинальная гамма-петля, высшие моторные уровни освобождаются от непосредственного контроля за сохранением длины мышцы и, следовательно, за сохранением положения в каждом отдельном суставе.

После этого сохранение требуемой длины мышцы может поддерживаться автоматически спинальным моторным уровнем с помощью механизма рефлекса на растяжение.

Таким образом, при осуществлении сложных двигательных актов происходит одновременная активация альфа- и гамма-мотонейронов: активируются альфа-мотонейроны (обеспечивая само движение) и гамма-мотонейроны (поддерживая возбуждение альфа-мотонейронов).

# 9. Спинальные двигательные рефлексы, классификация.

Рефлексы спинного мозга реализуются с использованием строго определенных его сегментов.



# КЛАССИФИКАЦИЯ СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ:

- **По количеству синапсов:**
  - моносинаптические
  - полисинаптические
- **По количеству сегментов:**
  - простые (1-2 сегмента)
  - сложные (более 2 сегментов)
- **По локализации рецепторов:**
  - собственные
  - сопряженные
- **По характеру движений:**
  - тонические
  - фазные
  - ритмические

# КЛАССИФИКАЦИЯ СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ

Спинной мозг выполняет рефлекторную соматическую и рефлекторную вегетативную функции. Соматические спинальные рефлексы можно объединить в две группы по следующим признакам:

- **по рецепторам:** а) проприоцептивные, б) висцероцептивные, в) кожные рефлексы.

- **по органам:**

- а) рефлексы конечностей;
- б) брюшные рефлексы;
- в) рефлексы с органов малого таза (яичковый и анальный рефлексы).

А) рефлексы конечностей:

• **Сгибательные**

➤ *фазные* (локтевой рефлекс, Ахиллов, подошвенный рефлекс, акт ходьбы);

➤ *тонические* (поддержание позы).

• **разгибательные**

➤ *фазные* (коленный рефлекс, локтевой разгибательный рефлекс, ходьба)

➤ *тонические* (поддержание позы стоя)

• **ритмические** (чесательный и шагательный рефлексы)

**Б) Брюшные рефлексы** проявляются при штриховом раздражении кожи живота.

Для **вызова верхнего брюшного рефлекса** раздражение наносят параллельно нижним ребрам непосредственно под ними ( $Th_8 - Th_9$ ).

**Средний брюшной рефлекс** вызывают раздражением на уровне пупка (горизонтально),  $Th_9 - Th_{10}$ .

Для получения **нижнего брюшного рефлекса** раздражение наносят параллельно паховой складке (рядом с ней), дуга рефлекса замыкается на уровне  $Th_{11} - Th_{12}$ .

в) рефлексы с органов малого таза

### **Кремастерный (яичковый) рефлекс**

заключается в сокращении *m. cremaster* и поднимании мошонки в ответ на штриховое раздражение верхней внутренней поверхности кожи бедра (кожный рефлекс), это также защитный рефлекс. Его дуга замыкается на уровне  $L_1 - L_2$ .

**Анальный рефлекс** выражается в сокращении наружного сфинктера прямой кишки в ответ на штриховое раздражение или укол кожи вблизи заднего прохода, дуга рефлекса замыкается на уровне  $S_2 - S_5$ .

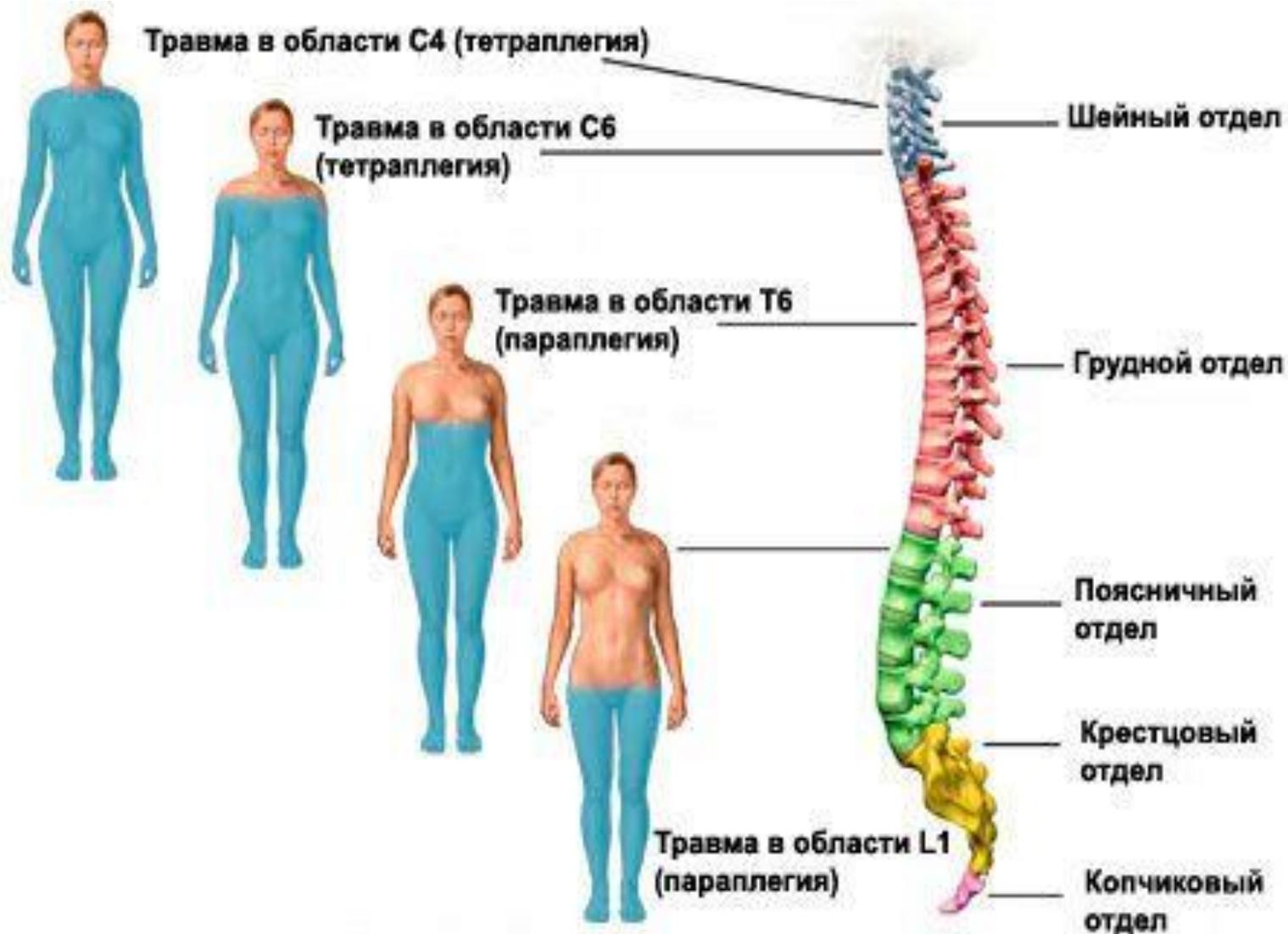
**Вегетативные рефлексы спинного мозга** осуществляются в ответ на раздражение внутренних органов и заканчиваются сокращением гладкой мускулатуры этих органов. Вегетативные рефлексы имеют в спинном мозге свои центры, которые обеспечивают иннервацию сердца, почек, мочевого пузыря и т.д.

# 10. Спинальный шок и двигательные нарушения.

Перерезка или травма спинного мозга вызывает явление, получившее название **спинального шока**.

Спинальный шок выражается в резком падении возбудимости и угнетении деятельности всех рефлекторных центров спинного мозга, расположенных ниже места перерезки. Деятельность центров, расположенных выше перерезки, сохраняется.

# КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА



- **острый период** – продолжается первые 3-4 суток после воздействия травмирующего фактора, характеризуется полным прекращением проведения нервных импульсов, отсутствием рефлексов, чувствительности и двигательной активности независимо от тяжести повреждения;
- **подострый период** – продолжается на протяжении 2-4 недель, характеризуется восстановлением поврежденных структур спинного мозга, возвращением физиологии здоровых клеток нервной ткани, нормализацией кровообращения;
- **промежуточный период** – продолжается на протяжении 3-6 месяцев, характеризуется устранением центрального торможения спинного мозга ниже участка повреждения, на первый план выходят истинные последствия травмы, восстанавливаются утраченные функции и проявляются необратимые неврологические изменения.

# 11. Особенности мышц челюстно-лицевой области.

Мышцы челюстно-лицевой области можно разделить на три группы:

- мимические
- жевательные
- мышцы собственно стенки ротовой полости (мышцы языка, мягкого неба, глотки).

**Мимические мышцы.** Сокращения этих мышц придают лицу определенные эмоционально окрашенные выражения, смена которых называется мимикой. Мимика в основном зависит от лицевого скелета, степени развития мышц, толщины кожи, подкожной клетчатки. Мимические принимают участие в образовании звуков, захватывании пищи, удержании ее в преддверии полости рта, замыкании ее при жевании. Мимические мышцы берут начало на кости или фасции и вплетаются в кожу лица. В связи с этой особенностью при травмах лица возникают широко зияющие раны.

**Жевательные мышцы.** К жевательным мышцам относятся: 1) жевательная мышца, поднимающая нижнюю челюсть, выдвигая ее вперед и смещающая в свою сторону; 2) височная мышца, обеспечивающая подъем опущенной нижней челюсти и возвращение назад выдвинутой вперед челюсти; 3) латеральная крыловидная мышца, выдвигая нижнюю челюсть вперед при двустороннем сокращении смещающая челюсть в сторону, противоположную сократившейся мышце; 4) медиальная крыловидная мышца, при одностороннем сокращении смещающая нижнюю челюсть в противоположную сторону, при двустороннем — поднимающая ее.

Жевательные мышцы прикрепляются одним концом к неподвижной части черепа, а другим – к единственной подвижной кости черепа — нижней челюсти. При сокращении они обуславливают изменение положения нижней челюсти по отношению к верхней.

Жевательные мышцы, приводя в движение нижнюю челюсть, обеспечивают механическую обработку пищи. От силы сокращения этих мышц зависит величина жевательного давления, необходимого для откусывания и размалывания пищи до нужной консистенции. Эти мышцы принимают участие также и в выполнении других функций полости рта – речи, глотании.

Степень жевательного давления на зубы контролируется проприоцептивной чувствительностью пародонта. Сила мышц направлена дорзально, поэтому наибольшие усилия жевательные мышцы способны развивать в самых дистальных отделах зубных рядов. Потеря боковых зубов резко снижает эффективность разжевывания пищи, а нижняя челюсть приобретает тенденцию к дистальному смещению. Подобное изменение приводит к перегрузке височно-нижнечелюстного сустава и разрушению синхронности сокращения жевательных мышц.

***Мышцы языка.*** В осуществлении функций жевания и речеобразования огромная роль принадлежит языку. Аномалия мышц языка нарушает развитие зубочелюстной системы.

Язык состоит из мышц, расположенных в поперечном, вертикальном и продольном направлениях, переплетенных между собой. Мышцы, начинающиеся на костях, обеспечивают перемещение языка во всех направлениях, при этом они перемещают и натягивают ткани дна полости рта, изменяя их форму. Изменение положения языка осуществляется подбородочно-язычной, подъязычно-язычной и шиловидной мышцами.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**

ШЕБЕКО Л.В.