

Нервно-мышечная система

или

Физиология возбудимых
тканей

Физиология возбудимых тканей

1. Свойства возбудимых тканей:

- понятие о возбудимости и возбуждении;
- показатели возбудимости;
- раздражители нервов и мышц.

2. Законы раздражения:

- закон «всё или ничего»;
- закон силы (силовых соотношений);
- значение фактора времени в возникновении возбуждения.
- действие постоянного тока на возбудимые ткани:
 - а) закон полярного действия постоянного тока,
 - б) электротон, периэлектротон.

Свойства возбудимых тканей

```
graph TD; A[Свойства возбудимых тканей] --- B[раздражимость]; A --- C[возбудимость]; A --- D[проводимость]; A --- E[сократимость (для мышечной ткани)];
```

раздражимость

возбудимость

проводимость

сократимость
(для мышечной ткани)

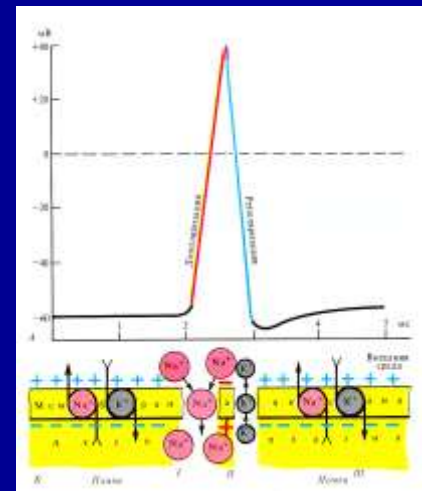
- **Раздражимость** – способность тканей отвечать на действие раздражителя неспецифической реакцией (изменение обменных процессов)
- **Возбудимость** – способность тканей отвечать на действие раздражителя специфической реакцией (возбуждением).
- **Возбуждение** – переход от состояния покоя к деятельности или генерация потенциала действия – импульса (для мышцы – генерация биопотенциала и сокращение).

Раздражители мышцы и нервов

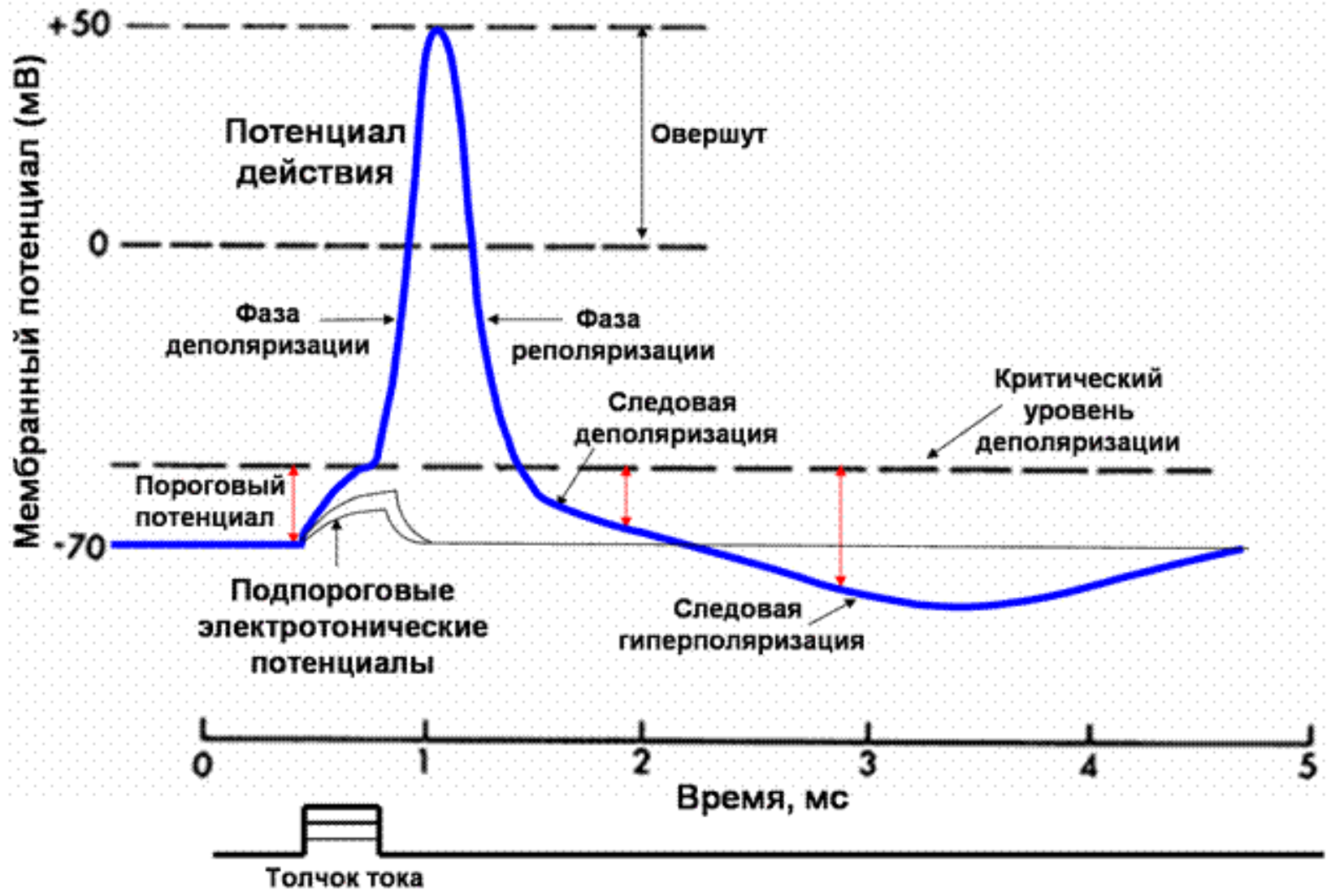


Мембранные потенциалы:

- потенциал покоя – разность зарядов между наружной и внутренней сторонами мембраны
- потенциал действия — быстрое колебание мембранного потенциала, сопровождающееся перезарядкой мембраны



Мембранный потенциал (потенциал покоя)
теория Ходжкина-Хаксли



Показатели возбудимости:

- 1) **порог раздражения** – минимальная сила раздражителя, вызывающая минимальную ответную реакцию (возбуждение);
- 2) **функциональная лабильность** (подвижность) – скорость протекания одного цикла возбуждения или количество циклов возбуждения, воспроизводимых без искажения. При высокой возбудимости – лабильность выше и наоборот
- 3) **хронаксия** – минимальное время, которое необходимо для возникновения минимального возбуждения при силе тока в 2 реобазы (порога). Чем выше возбудимость - тем ниже хронаксия.

Виды хронаксии:

- ❖ **двигательная** – по двигательным точкам (для мышц сгибателей < мышц разгибателей, т.к. у первых возбудимость больше);
- ❖ **чувствительная** – субъективный метод (состояние рецепторного аппарата);
- ❖ **рефлекторная** – по рефлекторному ответу;
- ❖ **субординационная** – зависит от состояния ЦНС (при торможении ЦНС хронаксия ↑; при высокой возбудимости ЦНС все виды хронаксии ↓);
- ❖ **конституциональная** – при исключении влияния ЦНС сначала хронаксия удлиняется, а потом снижается или восстанавливается до нормы.

Степень возбудимости:

- соматических нервов > вегетативных;
- скелетных фазных мышц > тонических;
- скелетных мышц > миокарда > гладких

Законы раздражения:

- Закон «Все или ничего»
- Закон силовых отношений (силы)
- Закон градиента (аккомодации)
- Зависимость «сила-время»
- Закон полярного действия электрического тока (Пфлюгера)

Закон «Всё или ничего»:

- при действии раздражителя, ниже пороговой величины – реакции нет;
- когда величина раздражителя достигает порогового значения – получаем максимальный ответ.
- Закон применим к сердечной мышце и отдельной клетке

Закон силовых отношений

- с увеличением силы раздражителя ответная реакция возрастает до определённого предела:
- частота, при которой получается максимальный ответ — оптимум частоты;
- ↓ ответной реакции при ↑ частоты наносимых раздражений — пессимум частоты.
- Закон применим к целому нерву или мышце

Закон градиента (аккомодации)

при длительном раздражении время не
имеет значения,

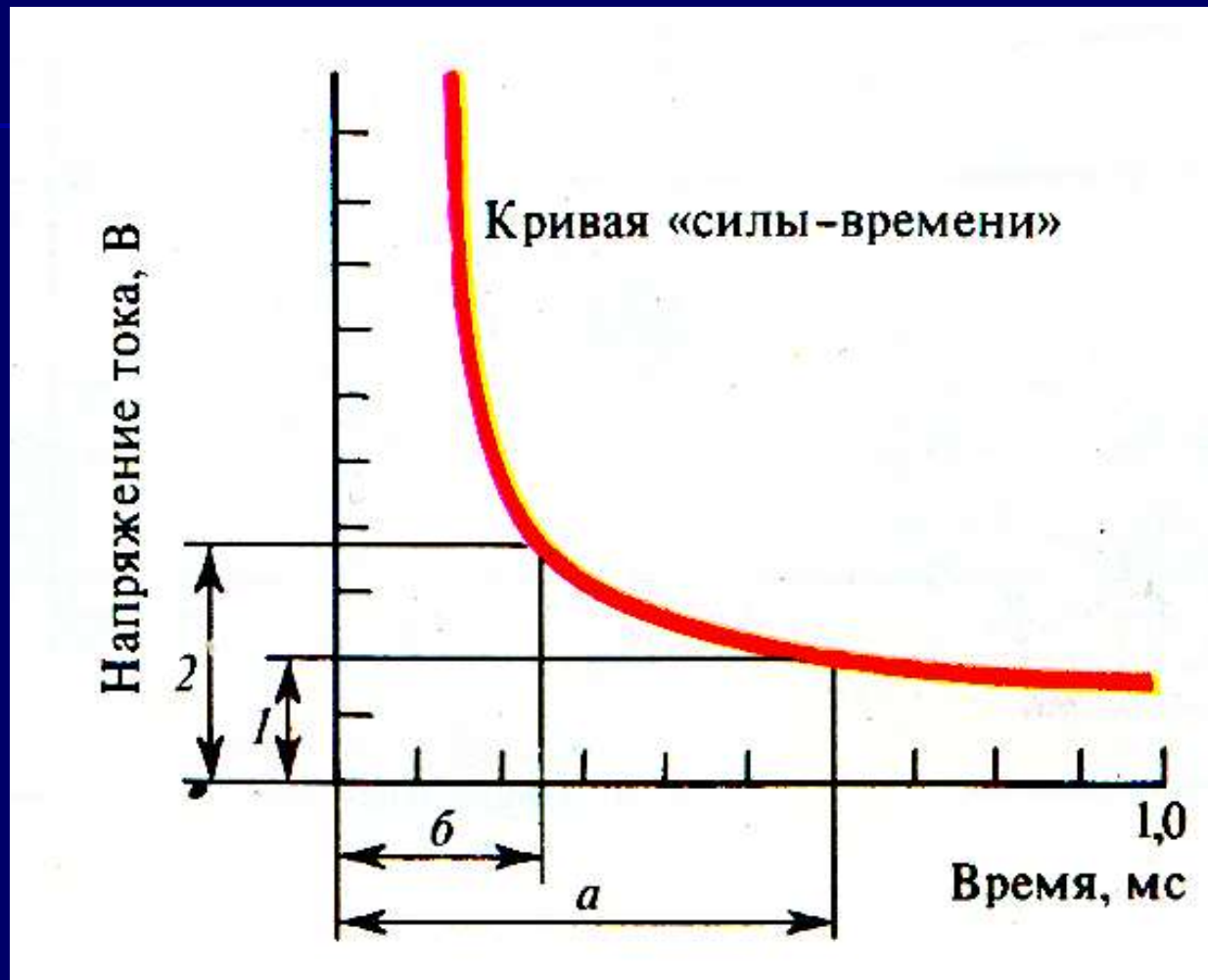
**имеет значение скорость
изменения величины тока** в
момент замыкания и размыкания
(закон Дюбуа-Реймона)

Зависимость «сила-время»

Значение фактора времени для раздражения

- Фактор времени имеет значение в возникновении возбуждения при кратких интервалах раздражения (мсек).
- Продолжительность времени раздражения зависит от силы тока: чем выше сила тока, тем меньше полезное время (кривая Гоорвега-Вейса)

Продолжительность времени раздражения зависит от силы тока (кривая Гоорвега-Вейса)

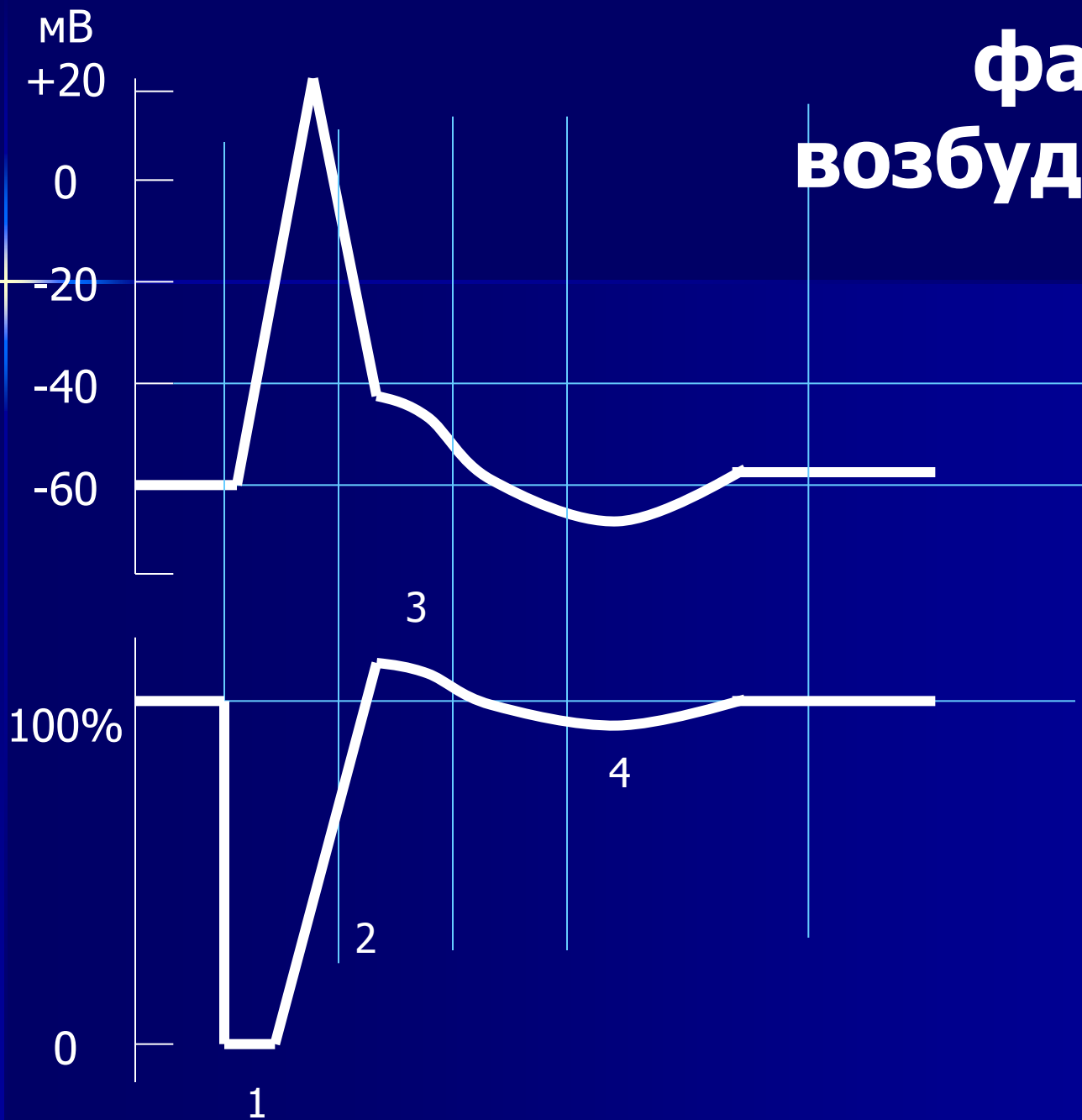


Лапик и Бургиньон

Закон полярного действия электрического тока (Пфлюгера):

1. ПОСТОЯННЫЙ ТОК действует своими полюсами – катодом и анодом;
2. В момент замыкания раздражающее действие оказывает катод, а в момент размыкания – анод;
3. раздражающее действие катода сильнее, чем анода, поэтому порог для катода будет меньше, чем анода.

фазы возбудимости



Фаза абсолютной рефрактерности (невозбудимости)

- ❖ возбудимость ↓ до 0 (соответствует фазе деполяризации);
- ❖ максимальная рефрактерность наблюдается на пике деполяризации;
- ❖ при стойкой деполяризации (каким-либо веществом) ткань теряет возможность ответить на приходящее следующее возбуждение

Фаза относительной рефрактерности

- возбудимость восстанавливается в результате восстановления мембранного потенциала (соответствует периоду реполяризации);
- возможен ответ на действие надпорогового раздражителя;

Классификация нервных волокон:

- По строению:
 - миелиновые
 - безмиелиновые
- По функции:
 - соматические
 - вегетативные:
 - симпатические
 - парасимпатические
 - афферентные (чувствительные)
 - эфферентные (двигательные)
 - преганглионарные
 - постганглионарные
- По скорости проведения возбуждения

по скорости проведения возбуждения:

➤ Тип А:

✓ $A\alpha$ - 70-120 м/с (соматические двигательные).

✓ $A\beta$ - 40-70 м/с (соматические афферентные и некоторые эфферентные).

✓ $A\gamma$ - 15-40 м/с (симпатические и парасимпатические нервы).

✓ $A\delta$ (дельта) - 5-18 м/с (первичная быстрая боль).

➤ Тип В - от 3 до 14 м/с (преганглионарные вегетативные).

➤ Тип С - 0,5-3 м/с (постганглионарные безмиелиновые вегетативные волокна, проводят вторичную сильную боль – напр., от пульпы зуба).

A



B



C



Законы проведения возбуждения по нервному волокну:

- Закон анатомической и физиологической целостности.
- Закон двухстороннего проведения возбуждения.
- Закон бездекрементного проведения возбуждения (без ослабления).
- Закон изолированного проведения возбуждения.
- Закон скачкообразного (сальтаторного) проведения возбуждения - для миелиновых волокон.
- Закон поверхностного проведения возбуждения - для безмиелиновых волокон.

Закон двухстороннего проведения возбуждения



+ + + + + + + + - - + + + + + + + + + + +

+ + + + + + + + - - + + + + + + + + + + +

Закон бездекрементного проведения возбуждения

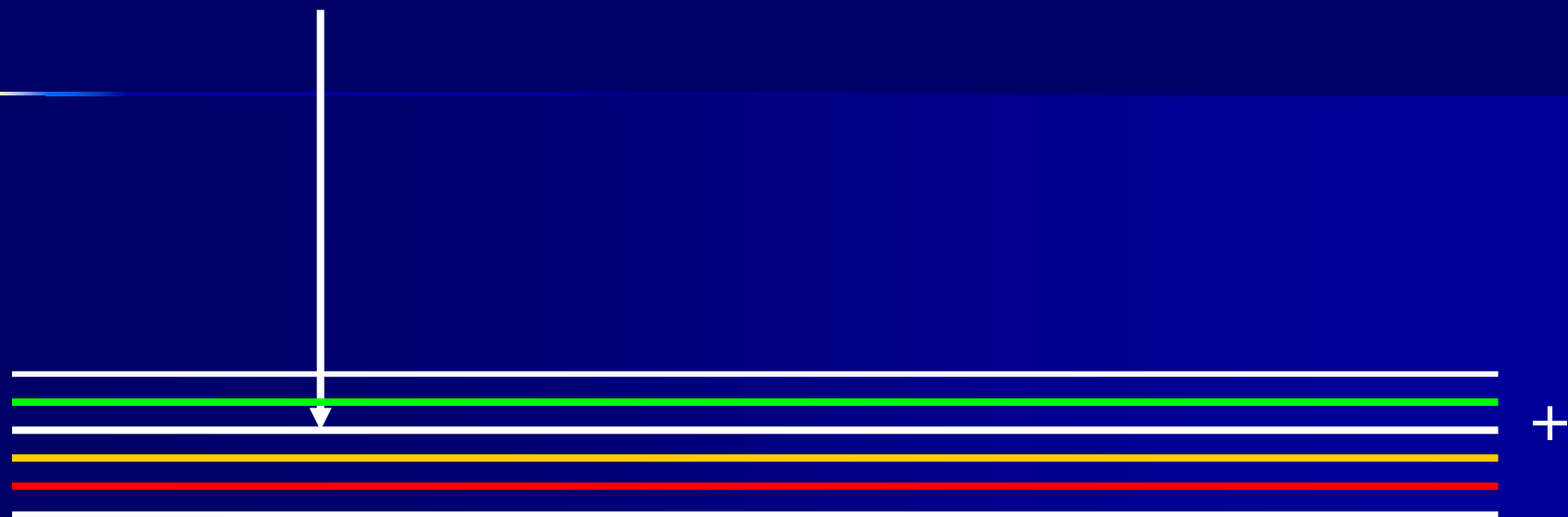


- +

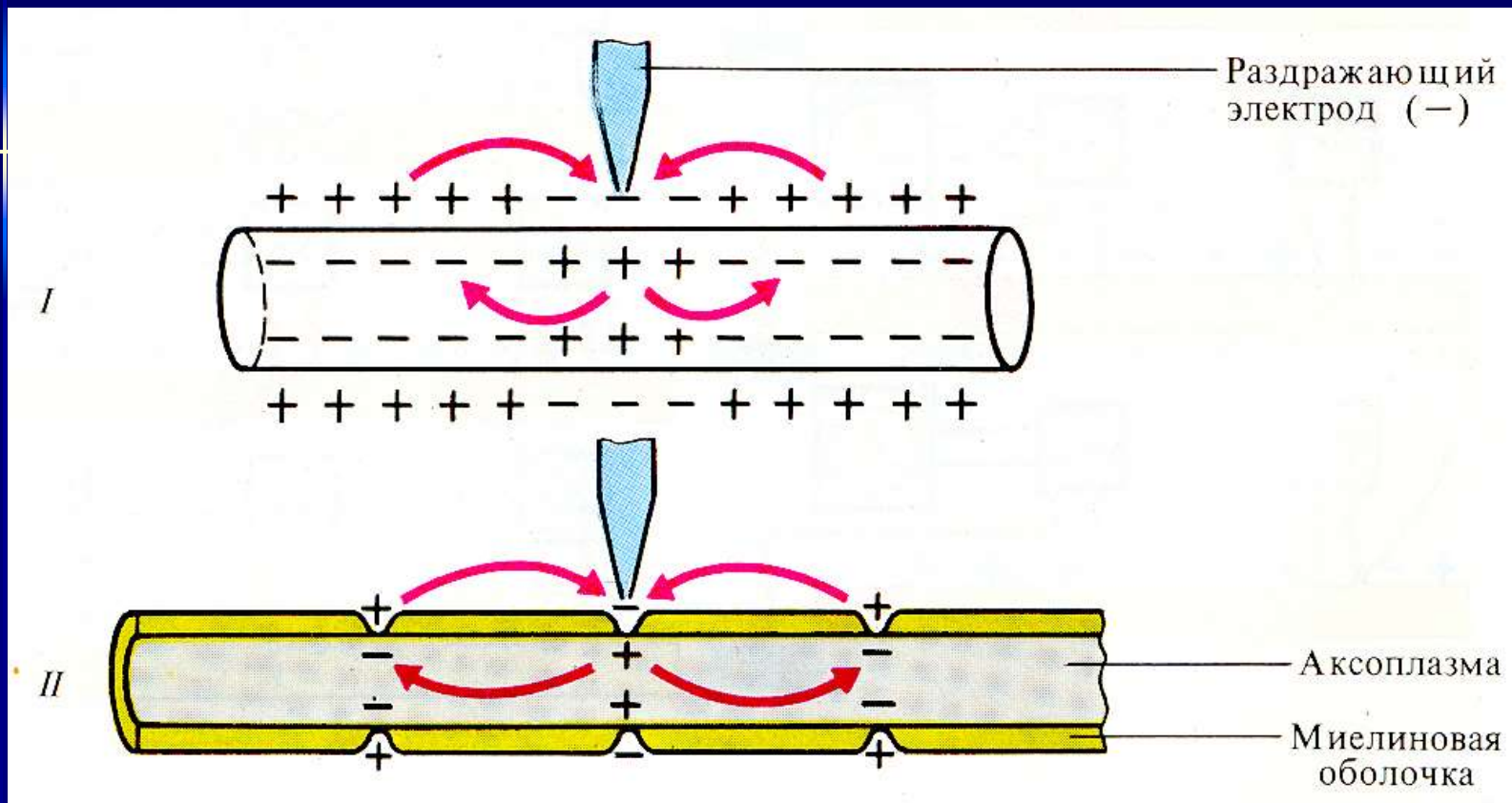


- +

Закон изолированного проведения возбуждения

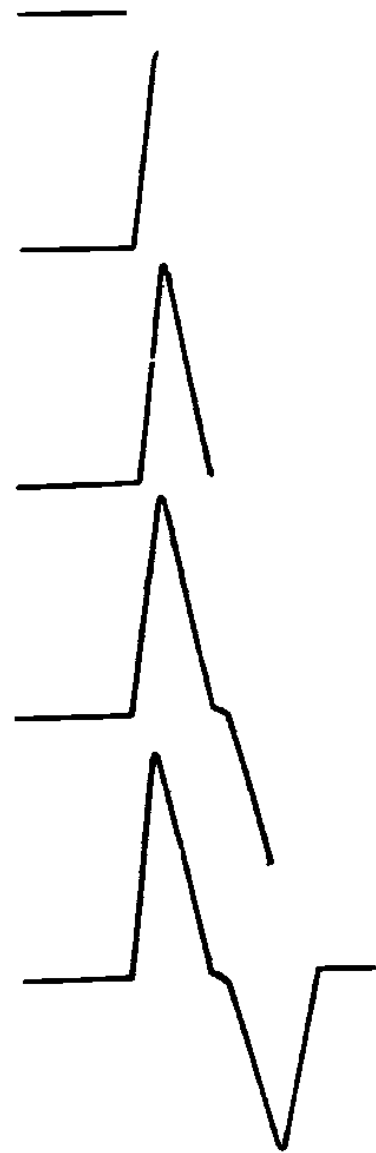
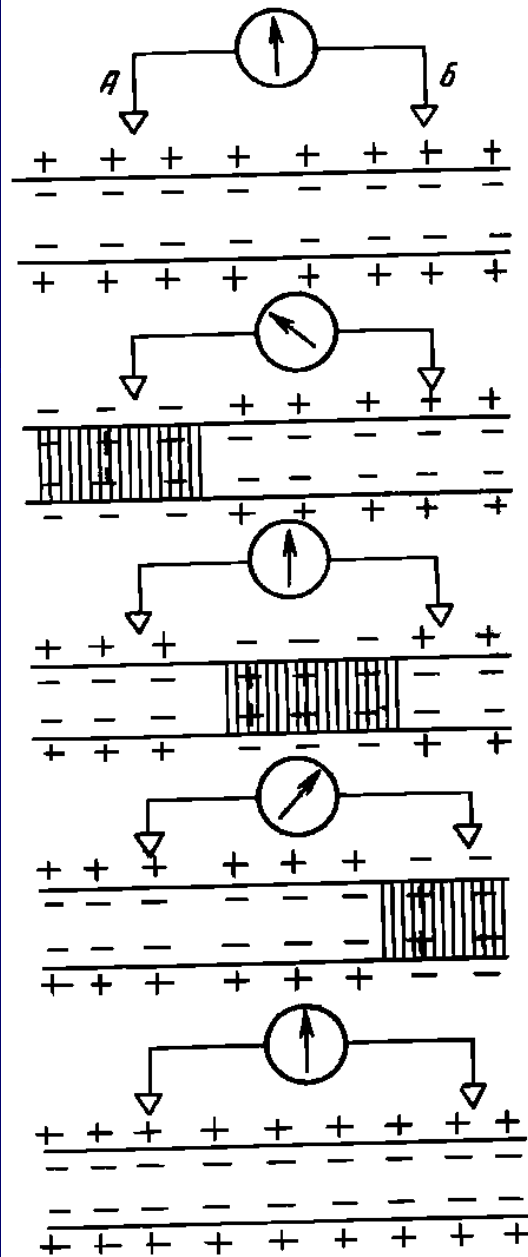


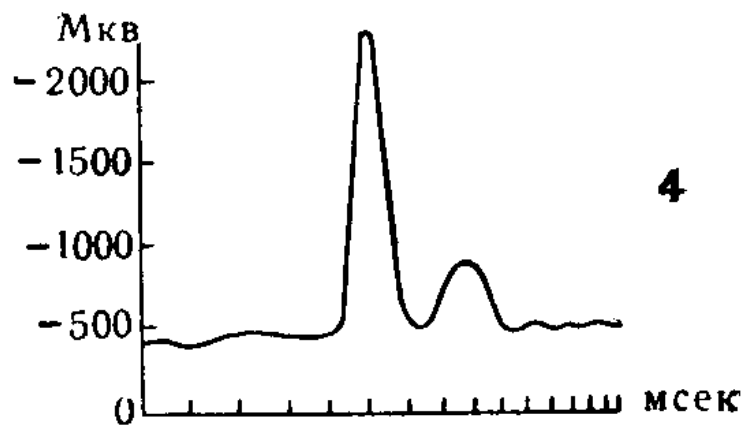
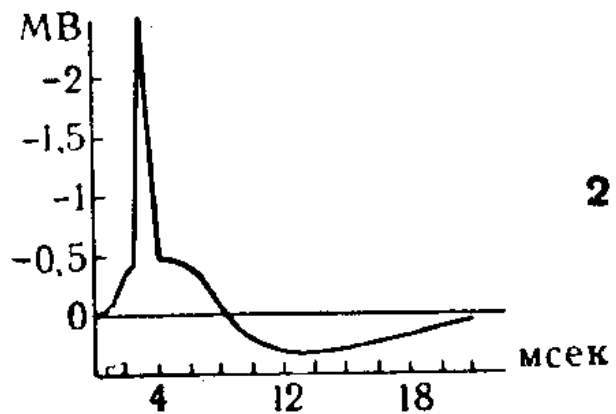
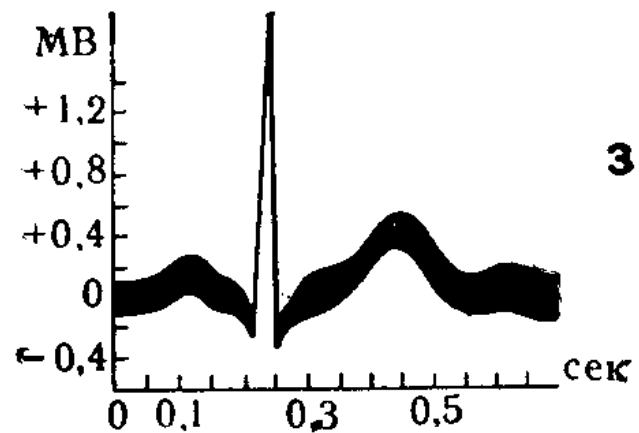
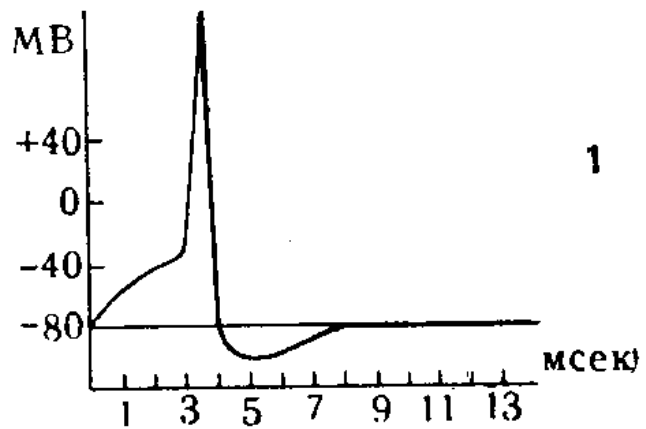
Закон поверхностного проведения возбуждения



Закон сальтаторного проведения возбуждения

В зависимости от расположения электродов на различных (здоровых и больных) участках, можно зарегистрировать двухфазный или однофазный потенциал действия

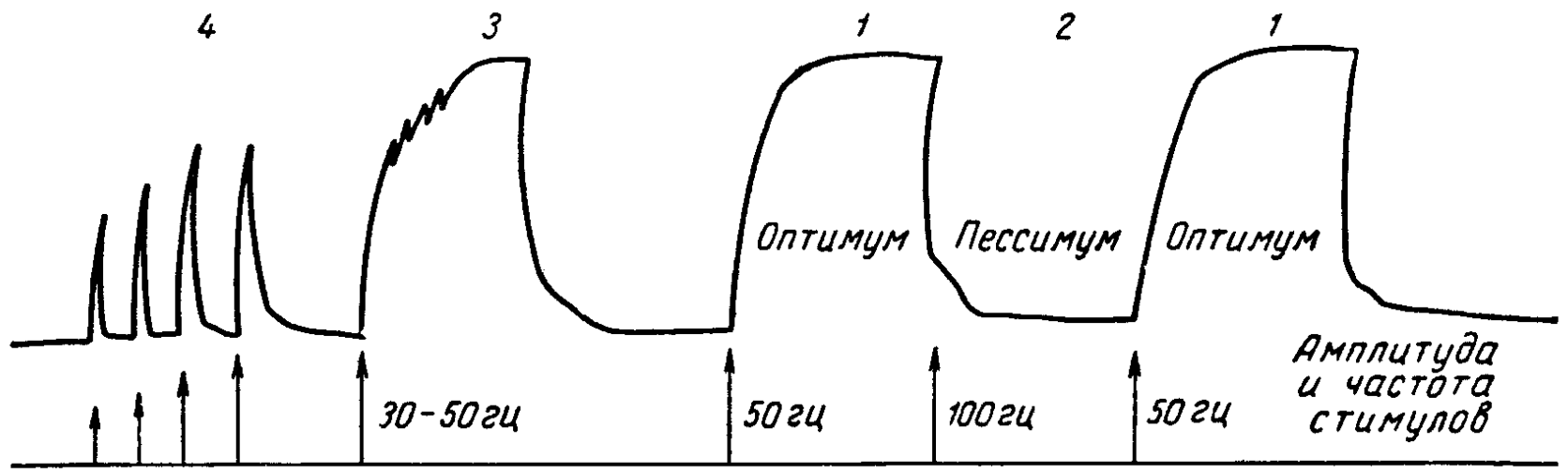




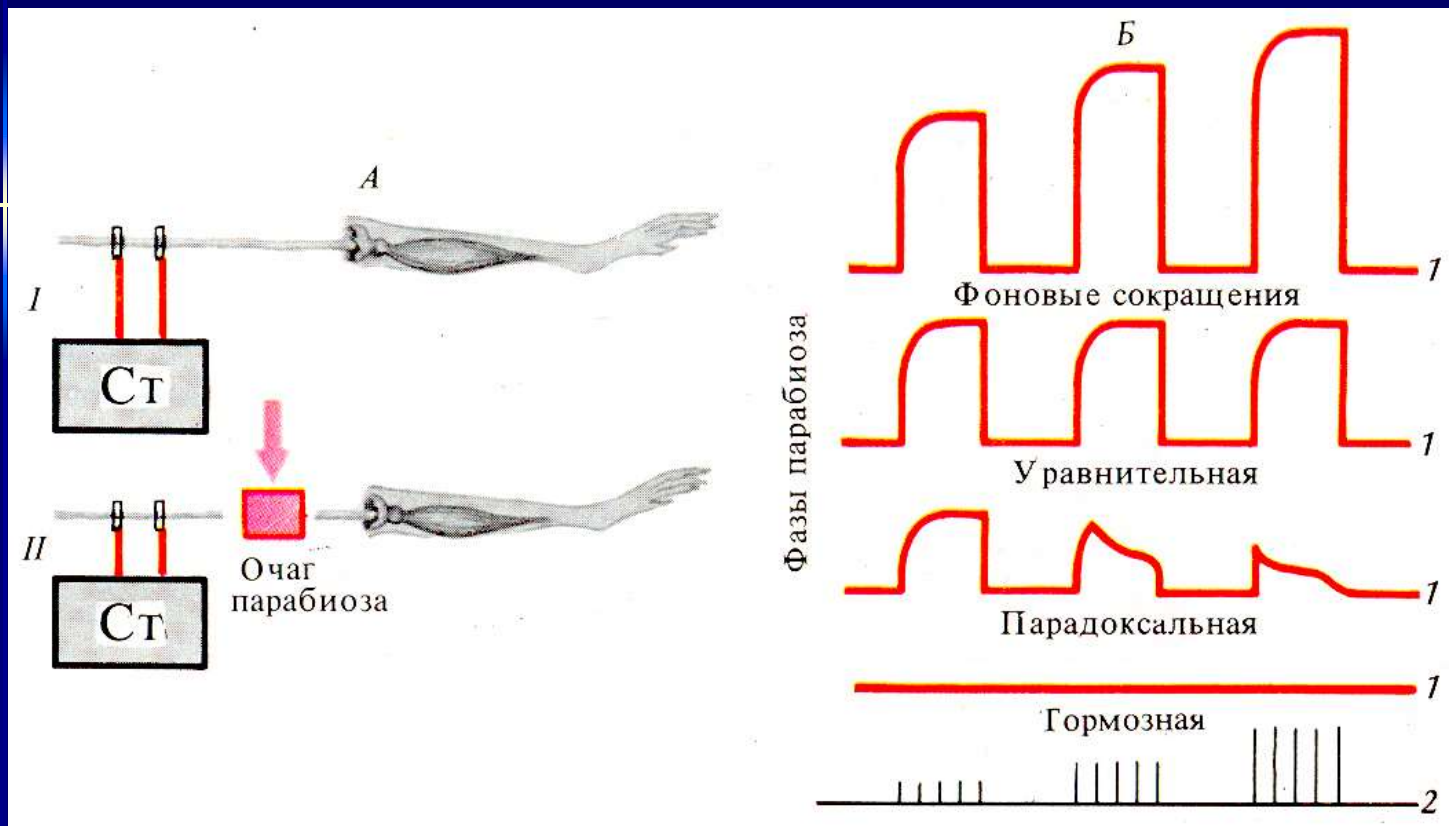
Лабильность - способность тканей воспроизводить без искажений частоту наносимых раздражений

- Лабильность для нерва — 1000 Гц, для скелетных мышц — 250-500 Гц, для синапсов — 100 Гц.
- При ↑ частоты, ответная реакция может исчезнуть, т.к. действие раздражений попадает на абсолютную рефрактерность
- На основе лабильности Введенский пришел к заключению об оптимуме и пессимуме силы и частоты раздражения

- Оптимум частоты — частота, при которой получается максимальный ответ
- Пессимум частоты — снижение ответной реакции при увеличении частоты наносимых раздражений
- На основе учения о лабильности, оптимуме и пессимуме, открыто явление парабиоза

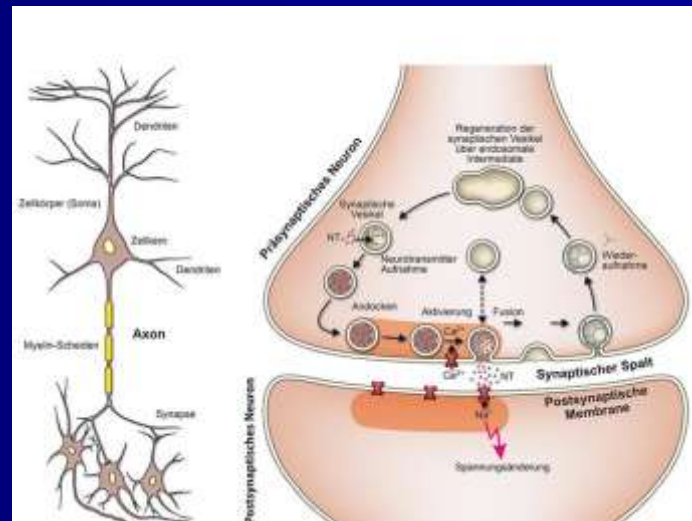
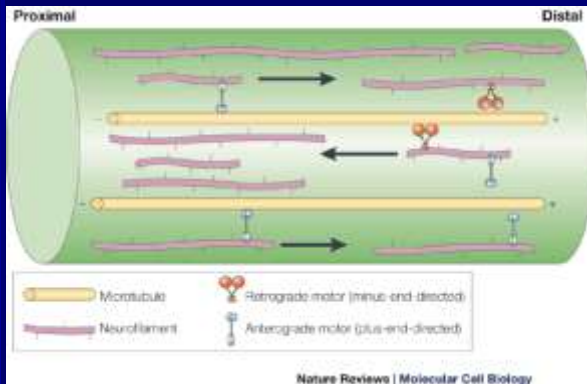
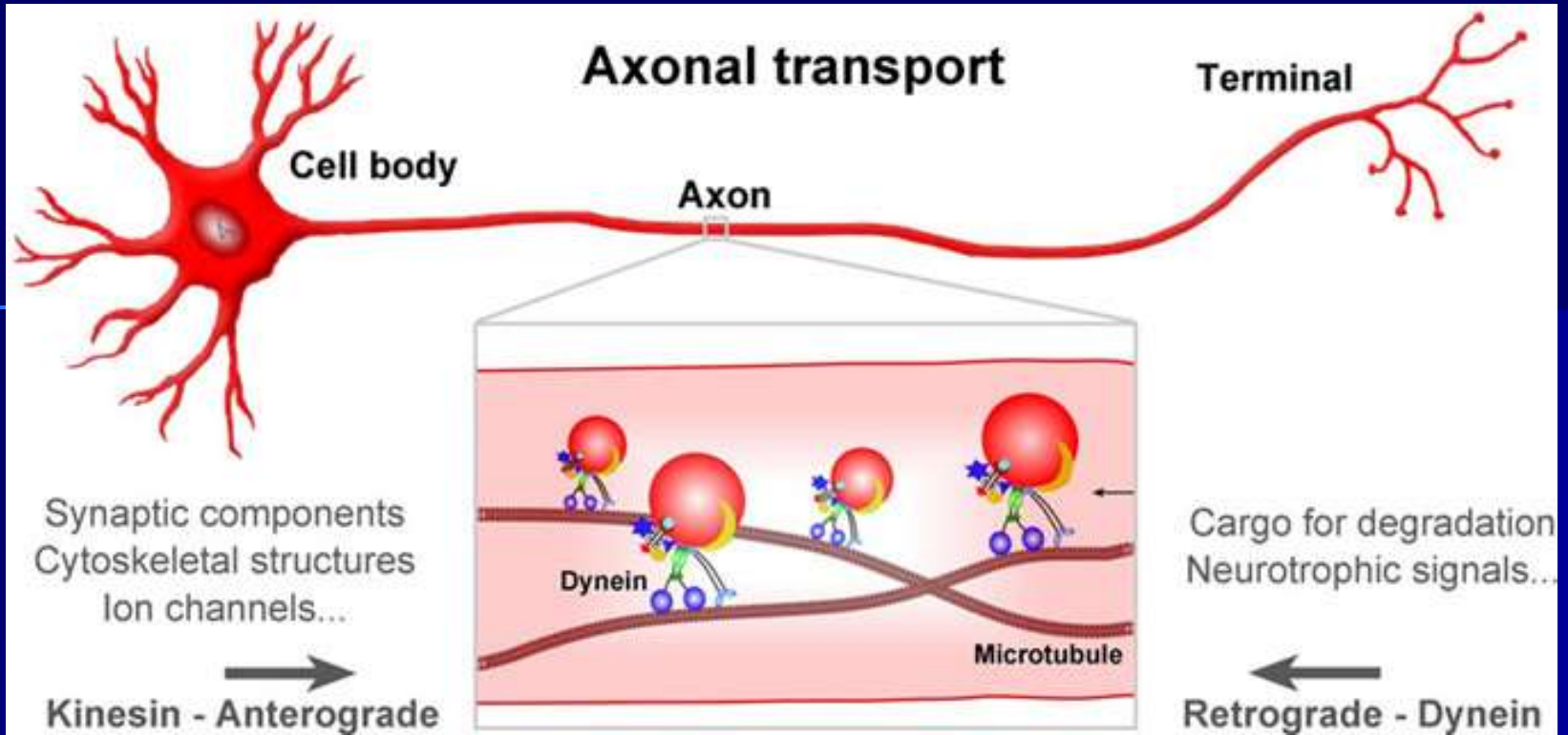


Учение Введенского о парабиозе



Парабиоз - это особый вид торможения, вызванный взаимодействием 2-х возбуждений (местного и общего)

На явлении парабиоза основана проводниковая анестезия.



АКСОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ или *аксональный транспорт* или *аксоток*

- движение нейроплазмы нейрона, обеспечивающее связь между телом нейрона и нервным окончанием;
- обеспечивает трофическую функцию нервной системы (трофический усиливающий нерв Павлова).

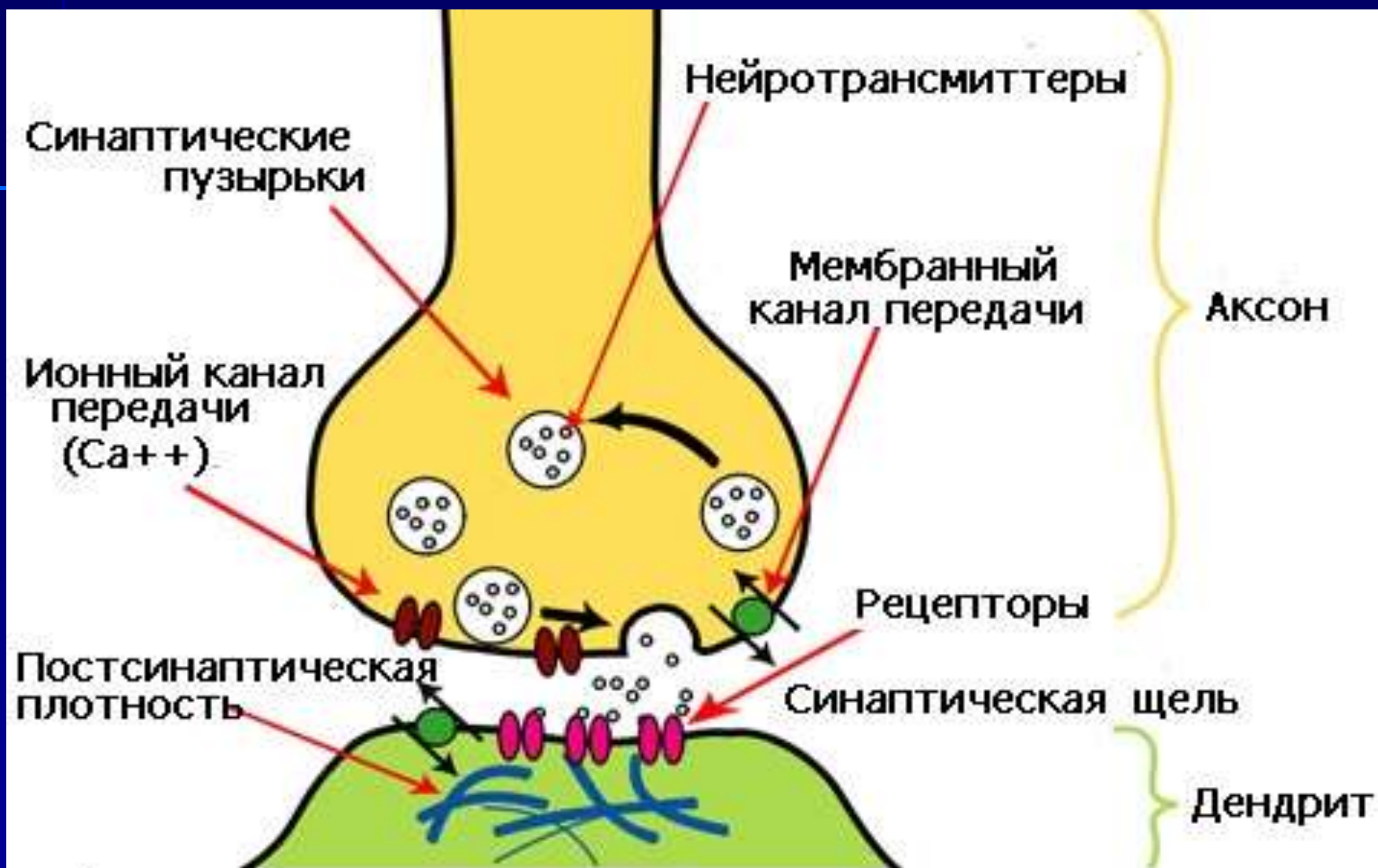
По направлению:

- ❖ антероградный - из центра (от тела нейрона) к рабочему органу (синапсу) поступают питательные вещества и обеспечивается дифференциация мышц
- ❖ ретроградный – от периферии к центру (удаляет продукты деградации синапсов, переносит ферменты, фактор роста нервов, токсин столбняка и нейротропные вирусы (герпеса, полиомиелита))

Синапсы

- Химические
- Электрические
- Мионевральные и нервно-мышечные

- По медиаторам:
 - холинергический
 - адренергический
 - серотонинергический и др.



ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ СИНАПСЫ:

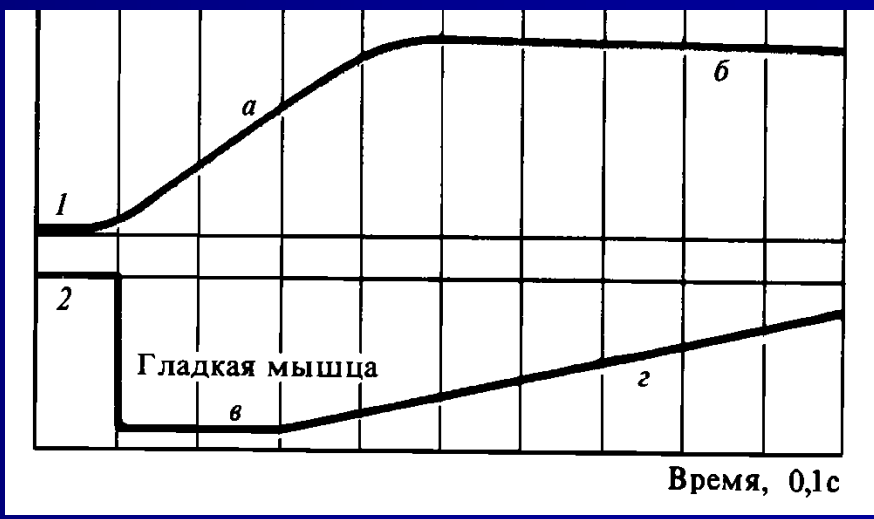
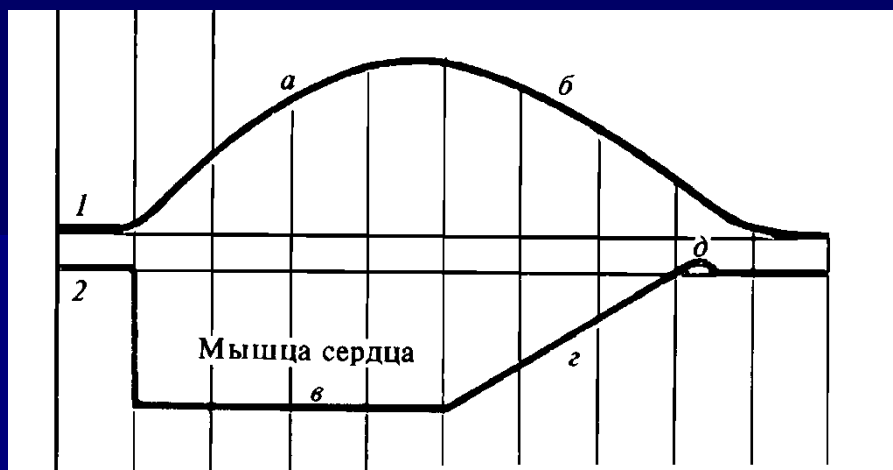
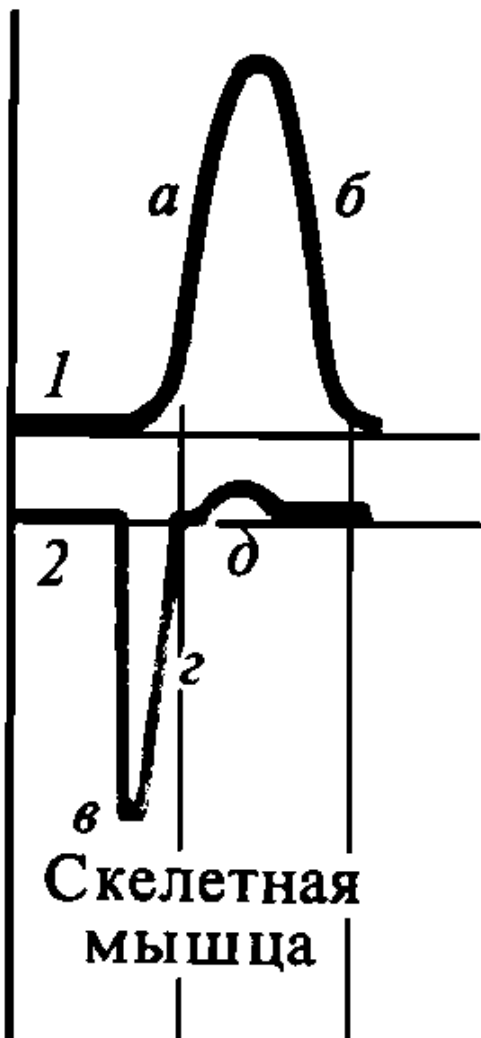
- Одностороннее проведение возбуждения
- Синаптическая задержка
- Низкая лабильность
- Высокая утомляемость
- Суммация
- Трансформация возбуждения
- Синаптическое последствие
- Высокая химическая активность и селективная чувствительность

Физические свойства мышц:

- растяжимость
- эластичность
- вязкость

Физиологические свойства:

- **Возбудимость** Скелетная
Миокард
Гладкая
- **Проводимость** Скелетная
Миокард
Гладкая (могут проводить возбуждение в разные стороны)
- **Сократимость**
- **Автоматия** — миокард и гладкие мышцы (особенно ЖКТ) способны сокращаться за счет импульсов, возникающих в самой мышце

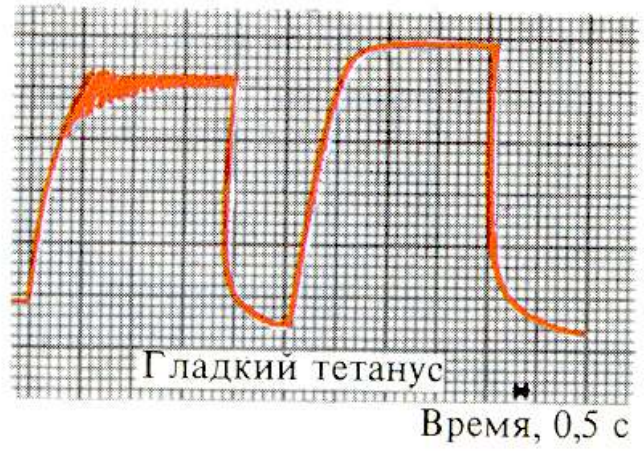
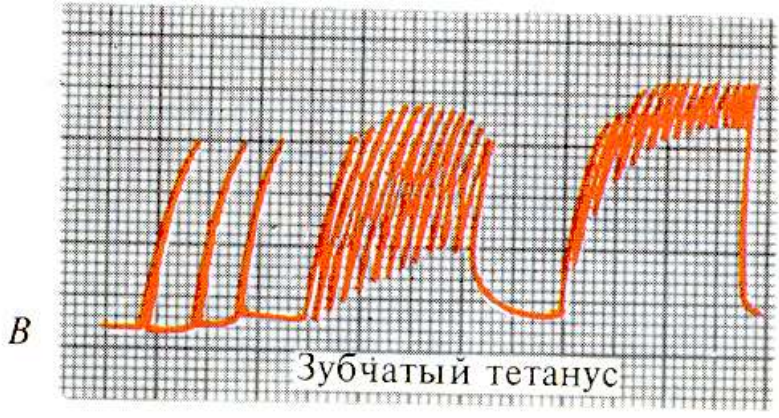
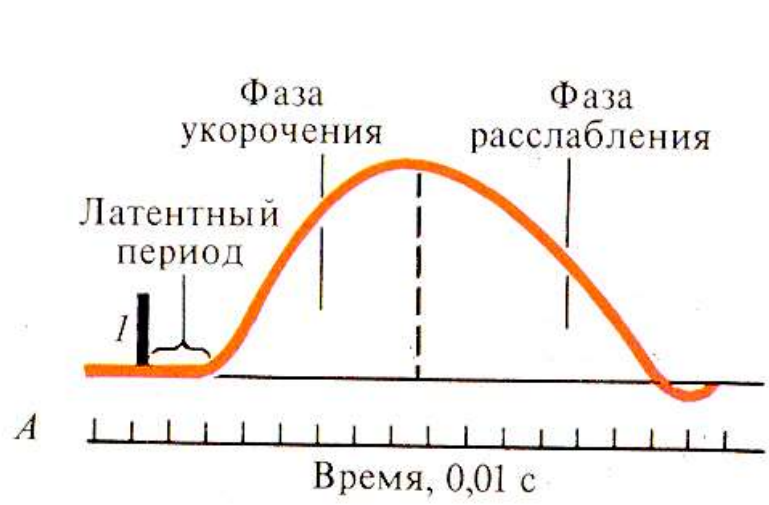


Сокращения мышц



ТИПЫ СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ:







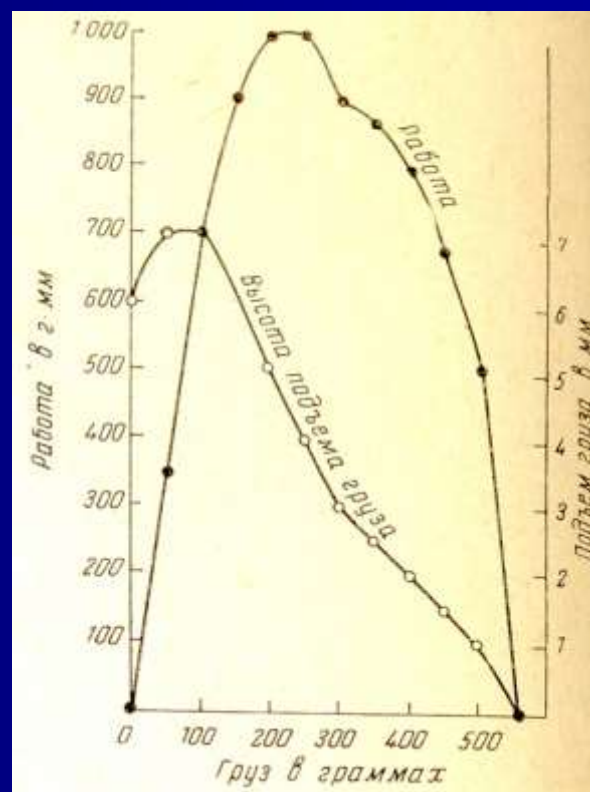
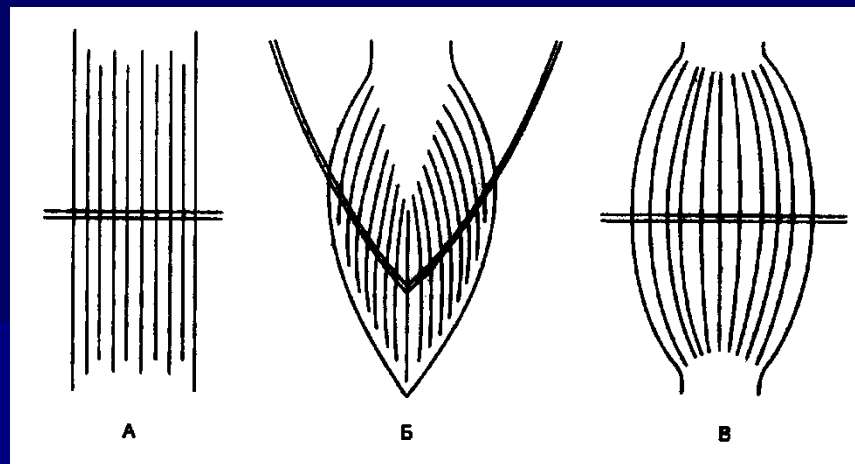
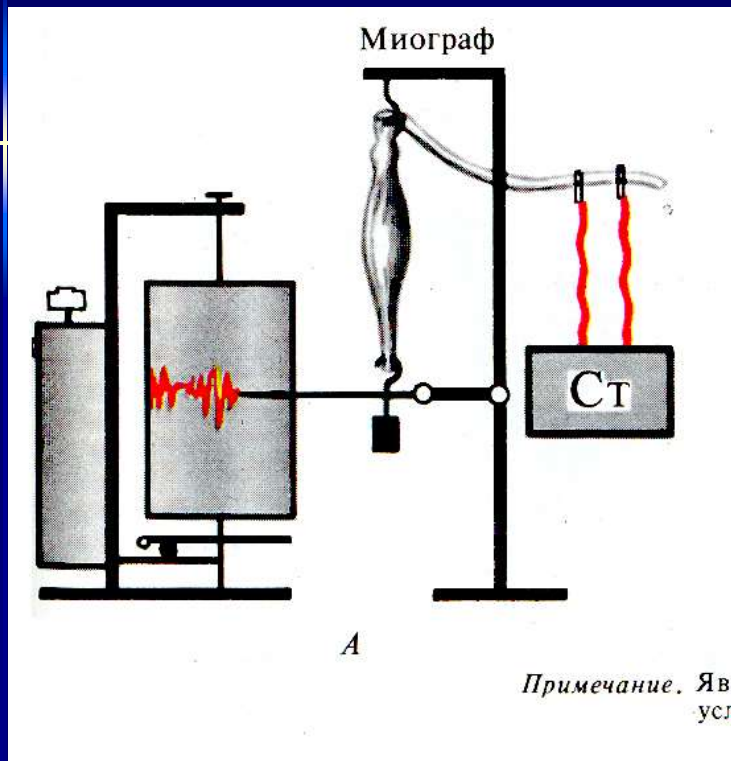
ВИДЫ СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ:

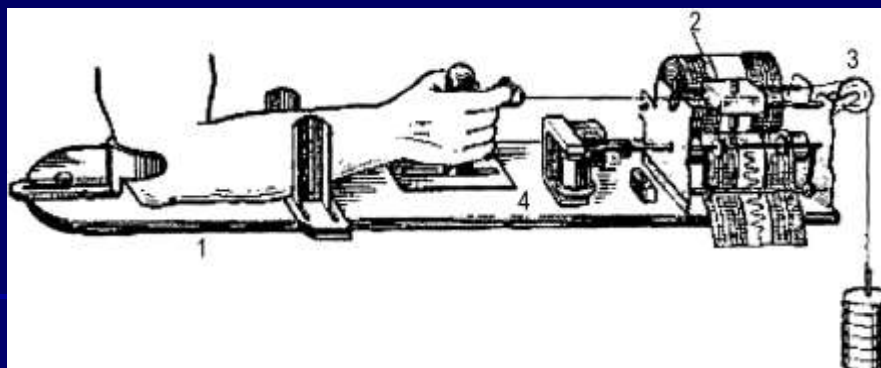
- 1) **изометрическое** - при этом длина не изменяется, а увеличивается напряжение.
- 2) **изотоническое** - когда фиксируется только один конец мышцы, и тонус не изменяется, но изменяется длина мышцы.
- 3) **аутоксоническое (смешанное)** - в естественных условиях в целом организме.



СИЛА И РАБОТА МЫШЦ

- Сила мышц бывает:
 - 1) абсолютная — способность данной мышцы поднять максимальный груз
 - 2) удельная (относительная) сила мышцы — способность поднять наибольший груз с учетом поперечного сечения мышцы (кг/ см²).
- Работа — это произведение массы груза на перемещение: $A=m \cdot g \cdot h$
- Закон средних нагрузок — максимальная работа совершается при средней нагрузке





Две кривые утомления (эргограммы), записанные до и после приема зачетов от студентов в течение 6 часов (по Моссо)

