

МЕТОДЫ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ДИАГНОСТИКИ:
Электрокардиография
Спирометрия

Заведующий кафедрой
профессор Мишланов В.Ю.

План темы

- Определение
- Строение проводящей системы сердца
- Электрофизиологические функции миокарда
- Формирование электрического потенциала действия
- Электродвижущая сила
- Принципиальное устройство электрокардиографа
- Стандартные отведения
- Нормальная ЭКГ: зубцы и интервалы
- Спирометрия

Определение

- Электрокардиография – это метод функциональной диагностики, основанный на регистрации биопотенциалов сердца.

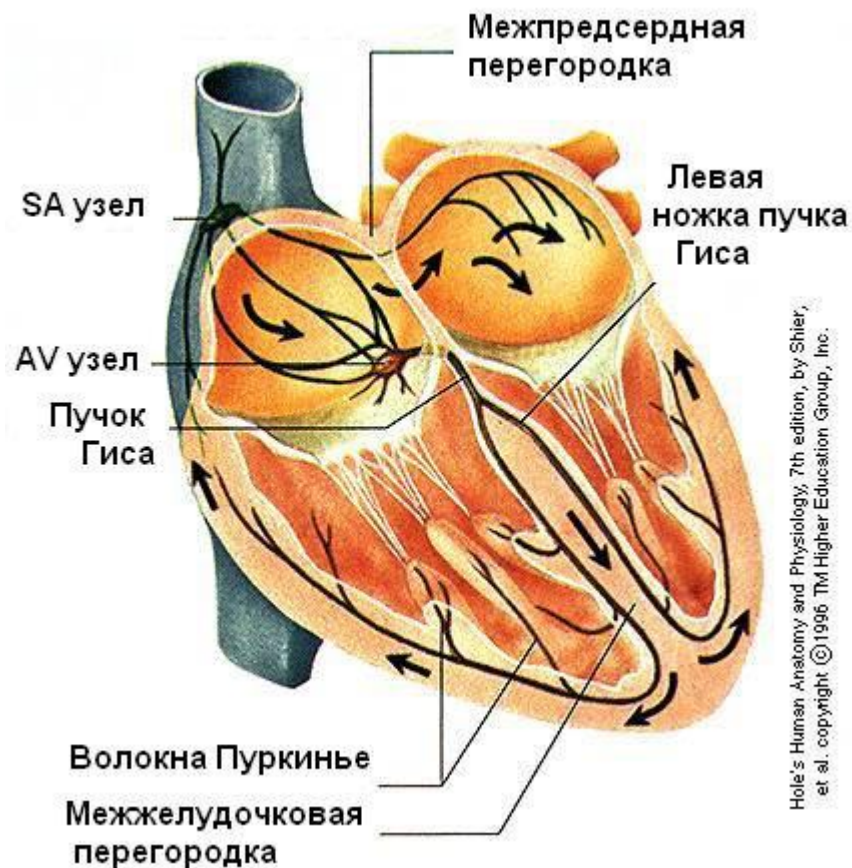
Применение ЭКГ

- Диагностика нарушений ритма и проводимости сердца
- Диагностика нарушений коронарного кровообращения (в том числе инфаркт миокарда)
- Диагностика гипертрофии отделов сердца

Историческая справка

- Метод разработан в 1903 году Эйнтховеном (Голландия), им же внедрен в клиническую практику.
- В России первая ЭКГ зарегистрирована в 1909 году Самойловым, в практику внедрена в 1913 году Зелениным.
- В г. Перми первый кабинет ЭКГ открыт в 1960 году в ОКБ (Ю.А. Андриевский).

Строение и функции проводящей системы



Hole's Human Anatomy and Physiology, 7th edition, by Shier, et al. copyright ©1996 TM Higher Education Group, Inc.

Строение и функции проводящей системы

- синусно-предсердный узел,
- предсердно-желудочковый узел,
- пучок Гиса с его левой и правой ножкой,
- волокна Пуркинье.

Основные электрофизиологические функции сердечной мышцы

- **Автоматизм** — свойство проводящей системы сердца – способность пейсмекерных клеток самостоятельно возбуждаться через определенные промежутки времени
- **Возбудимость** – свойство всех миокардиоцитов изменять электрический заряд клеточной мембраны под влиянием электрического стимула
- **Проводимость** – свойство кардиомиоцитов передавать друг другу электрический стимул
- **Рефрактерность** – неответчаемость на электрический стимул в течение определенного времени после возбуждения

Формирование трансмембранного потенциала

- В покое в результате установившейся статической диффузии катионов и анионов:
 - на наружной поверхности мембраны имеется избыток катионов Na^+ и Ca^{2+} , обеспечивающий формирование положительного заряда,
 - внутри клетки избыток анионов Cl^- , HCO_3^- формирует отрицательный заряд.
- Если подвести микроэлектроды к наружной и внутренней поверхностям клеточной мембраны, то вследствие разности потенциалов возникает электрический ток напряжением -90 mV – трансмембранный потенциал покоя (ТМПП).

Механизм возбуждения клетки

- Процесс возбуждения клетки начинается с повышения проницаемости мембраны для Na^+ , который быстрым потоком устремляется внутрь клетки и переносит свой положительный заряд. Вследствие этого на поверхности мембраны возбужденного участка клетки возникает отрицательный заряд, а во внутренней части - положительный.

Электрофизиологические процессы в кардиомиоците и целом миокарде

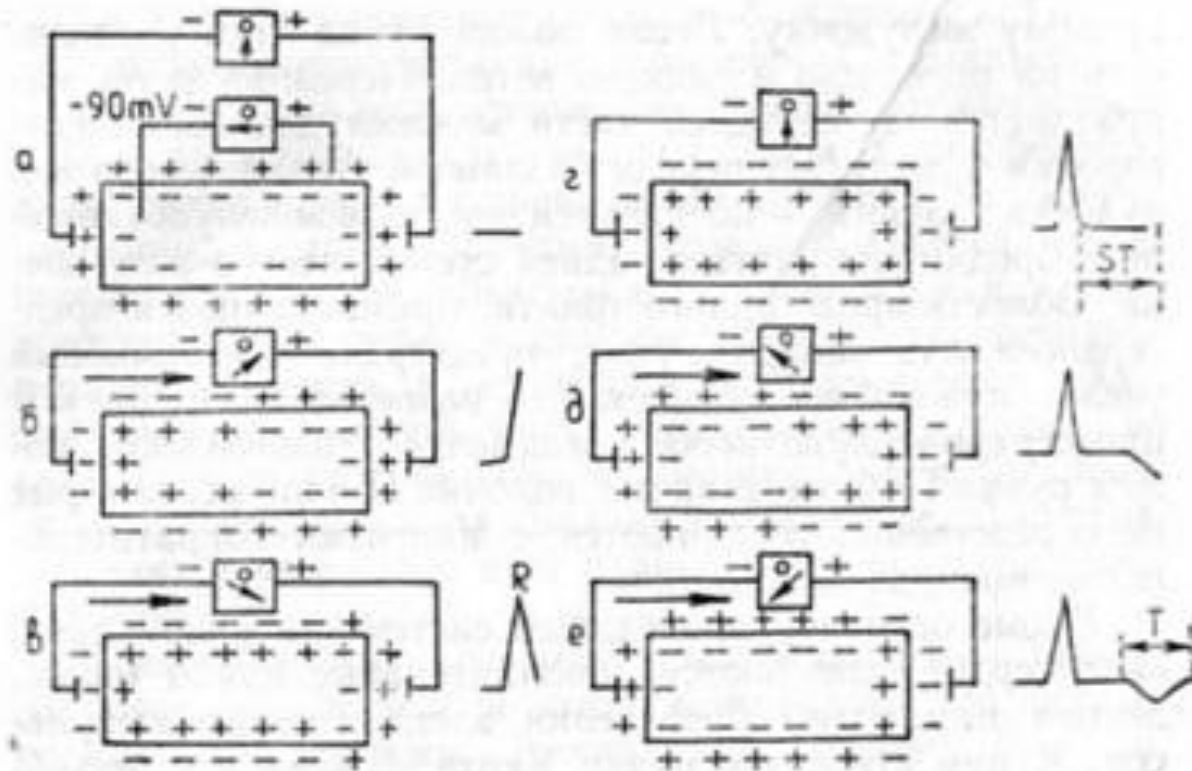
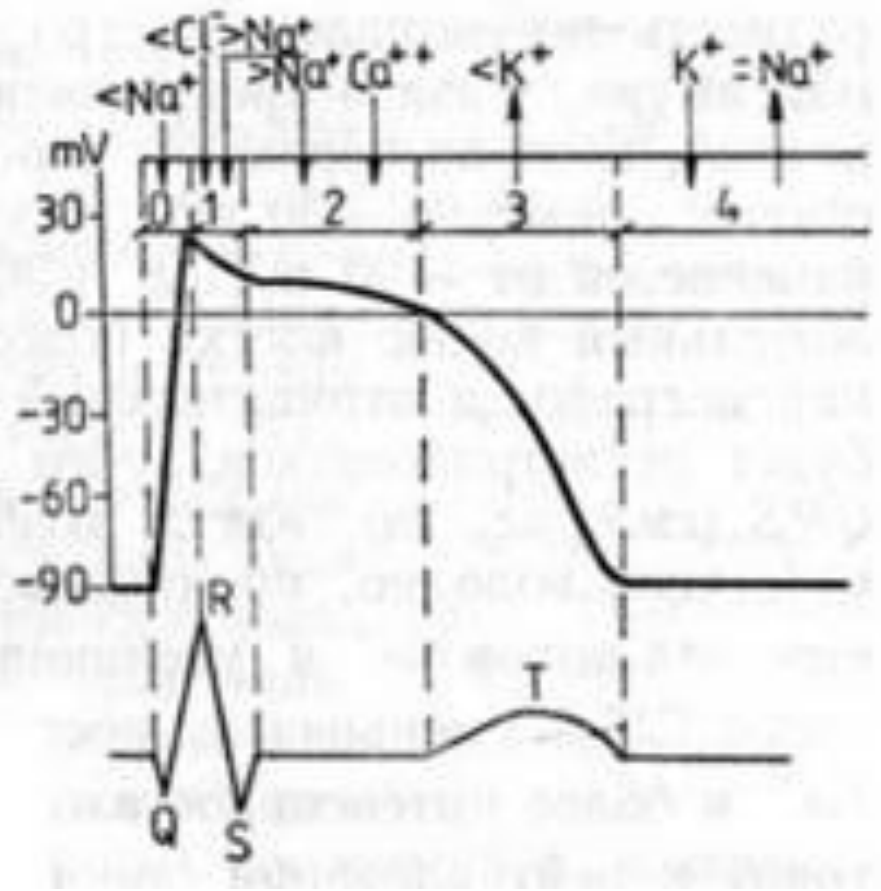


Рис. 2. Динамика деполяризации и реполяризации одиночного мышечного волокна. Формирование разности электрических потенциалов и отражение их на электрограмме. Объяснение в тексте. Стрелкой обозначено направление движения волны деполяризации и реполяризации

Электрофизиологические процессы в кардиомиоците и целом миокарде

Рис. 3. Трансмембранный потенциал клеток миокарда и формирование ЭКГ. Трансмембранное движение ионов. Объяснение в тексте. Фаза 0 — деполяризация; фазы 1, 2, 3 — реполяризации:

1 — ранняя реполяризация; 2 — медленная реполяризация; 3 — быстрая поздняя (конечная) реполяризация; фазы 0, 1, 2, 3 составляют трансмембранный акционный потенциал; фаза 4 — фаза диастолы; (— ускоренный поток ионов,) — замедленный поток ионов



Электрофизиологические процессы в кардиомиоците и целом миокарде

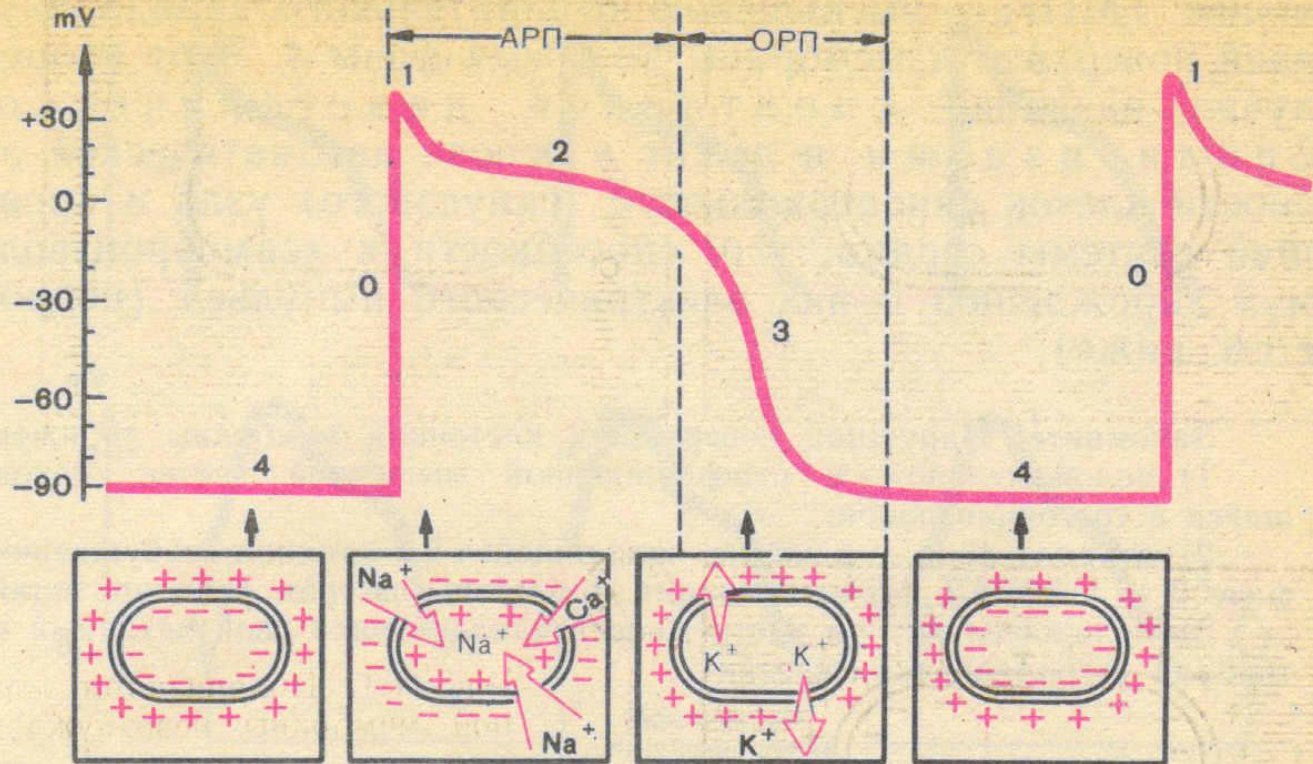


Рис. 1.2. Трансмембранный потенциал действия (ТМПД). Объяснение в тексте.

АРП и ОРП — абсолютный и относительный рефрактерный периоды.

Механизмы автоматизма и возбудимости

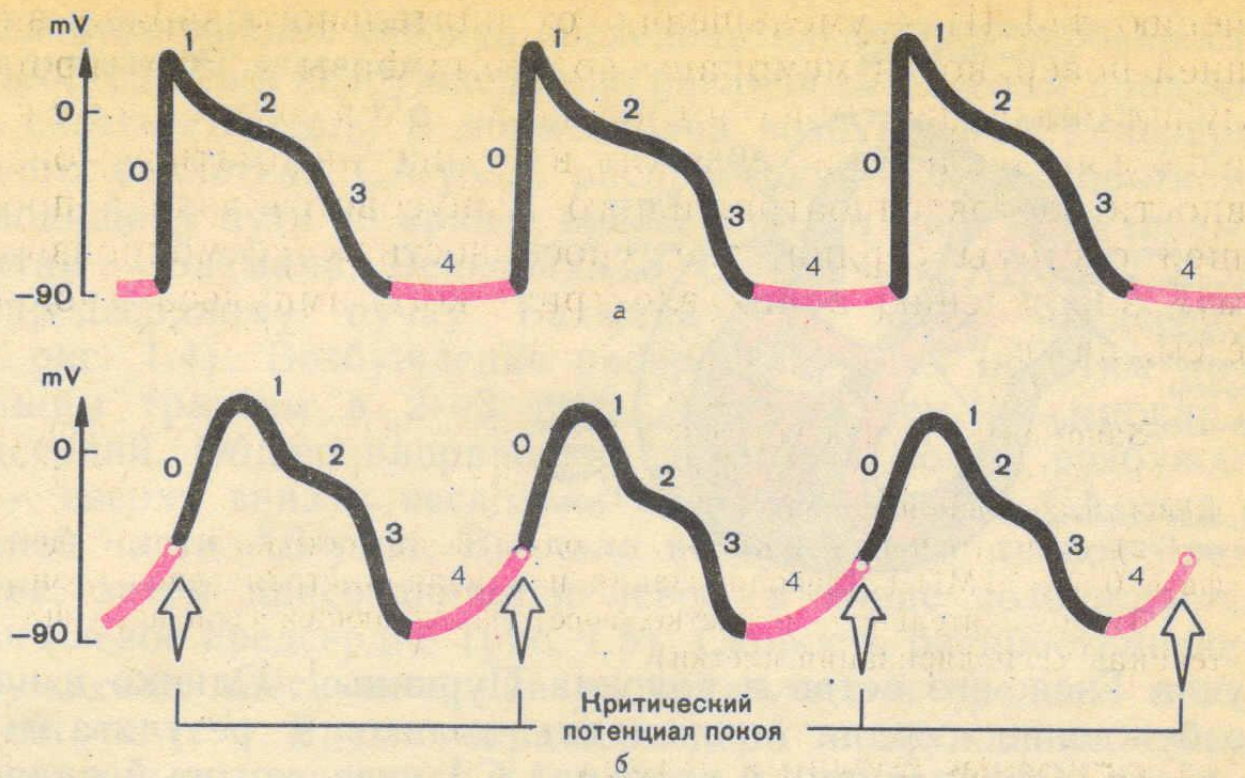
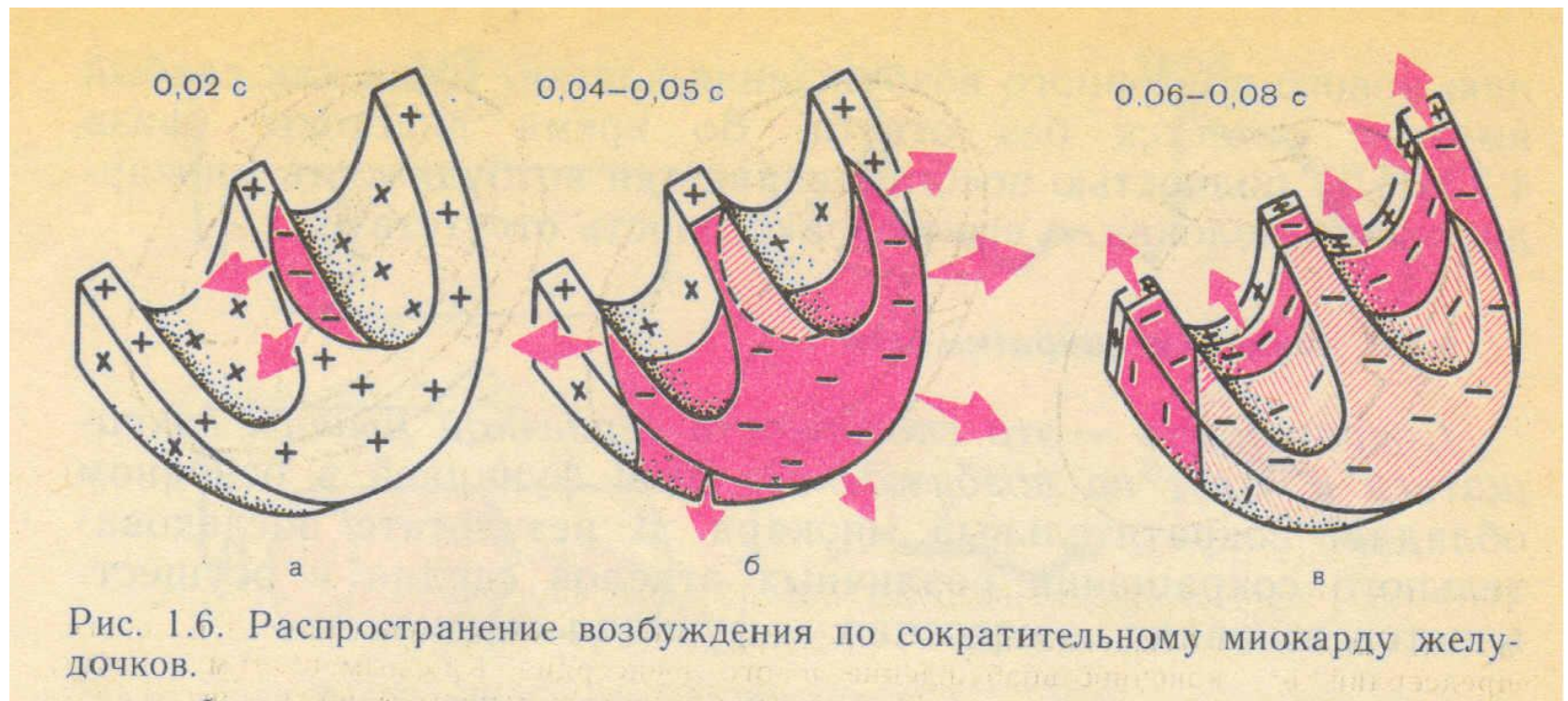


Рис. 1.3. Спонтанная диастолическая деполяризация волокон водителей ритма — пейсмекеров. Объяснение в тексте.

а — ТМПД мышечных клеток; б — ТМПЛ клеток пейсмекеров.

Электрический потенциал миокарда. Электродвижущая сила



ЭДС

- Это суммарный показатель, отражающий векторы электрических полей всех миокардиоцитов

Принципиальное устройство электрокардиографа

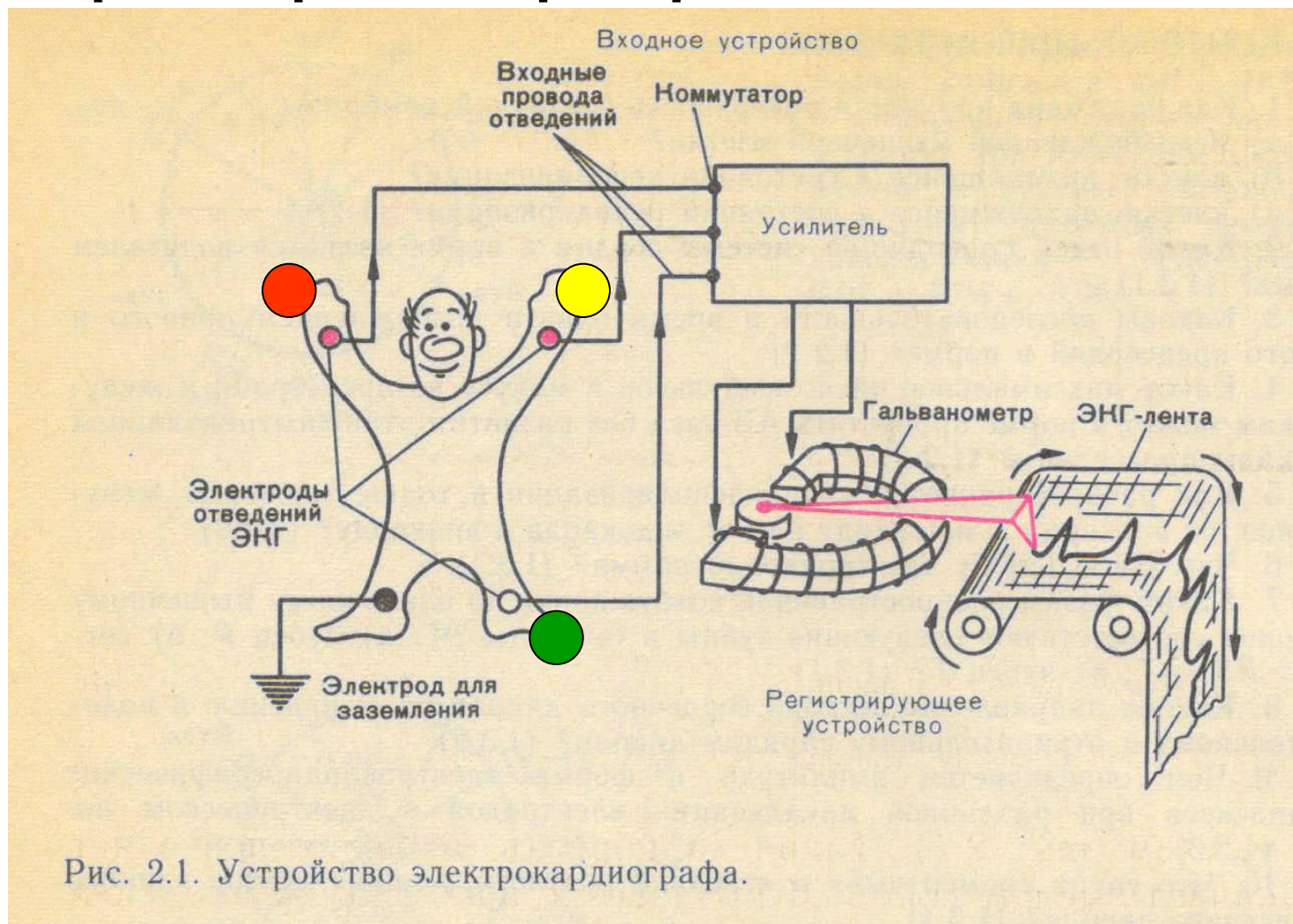


Рис. 2.1. Устройство электрокардиографа.

Принцип электрокардиографии

- Электрокардиограф фиксирует **суммарную электрическую активность сердца**, а если точнее — разность электрических потенциалов (напряжение) между 2 точками

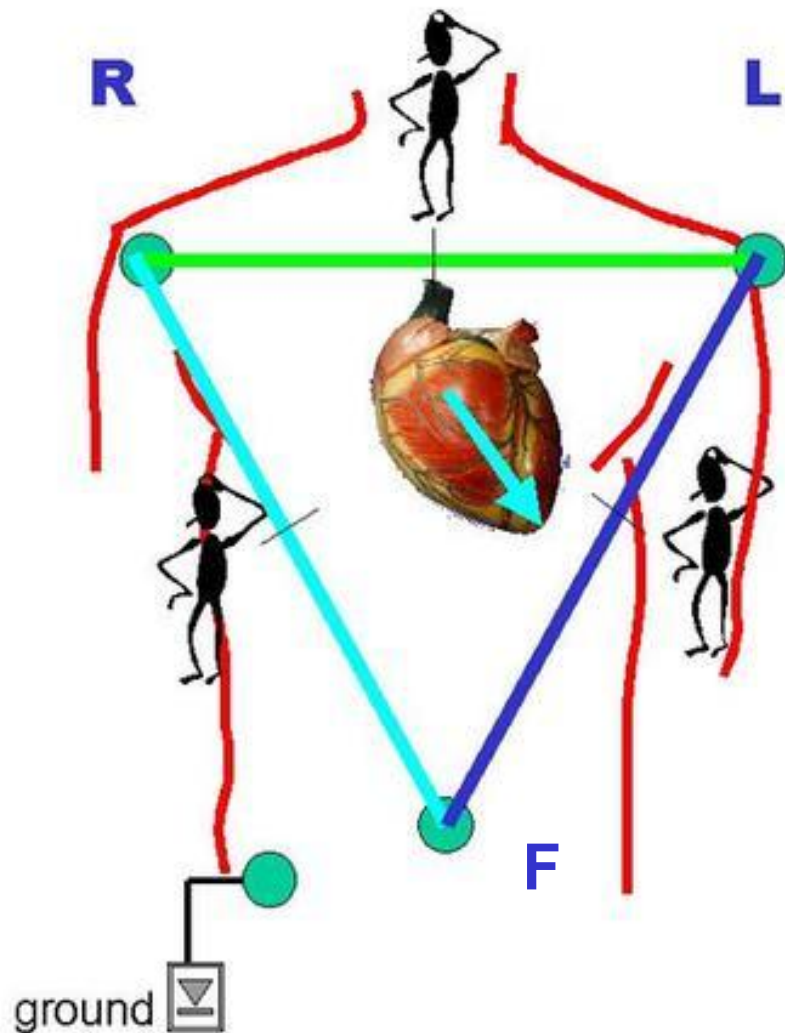
Электроды



Принцип наложения электродов

- **красный** (накладывается на правую руку)
- **желтый** (левая рука)
- **зеленый** (левая нога)
- **черный** (правая нога) – заземление

Векторная ЭДС проекция на фронтальную плоскость



Стандартная ЭКГ (12 отведений)

- 3 стандартных (I, II, III),
- 3 усиленных от конечностей (aVR, aVL, aVF),
- 6 грудных (V1, V2, V3, V4, V5, V6).

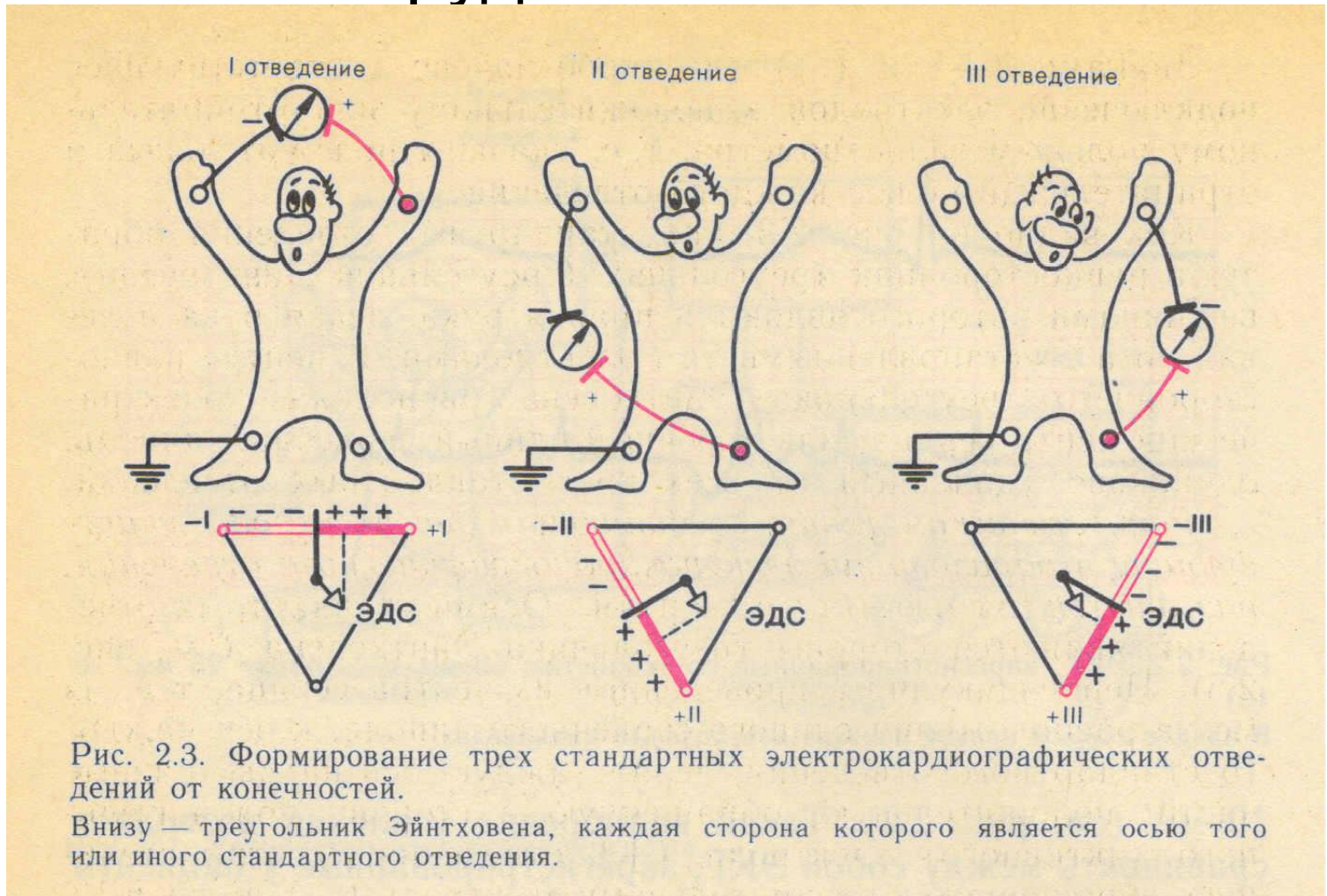
Стандартные отведения (предложил Эйнтховен в 1913 году).

I - между левой рукой и правой рукой,

II - между левой ногой и правой рукой,

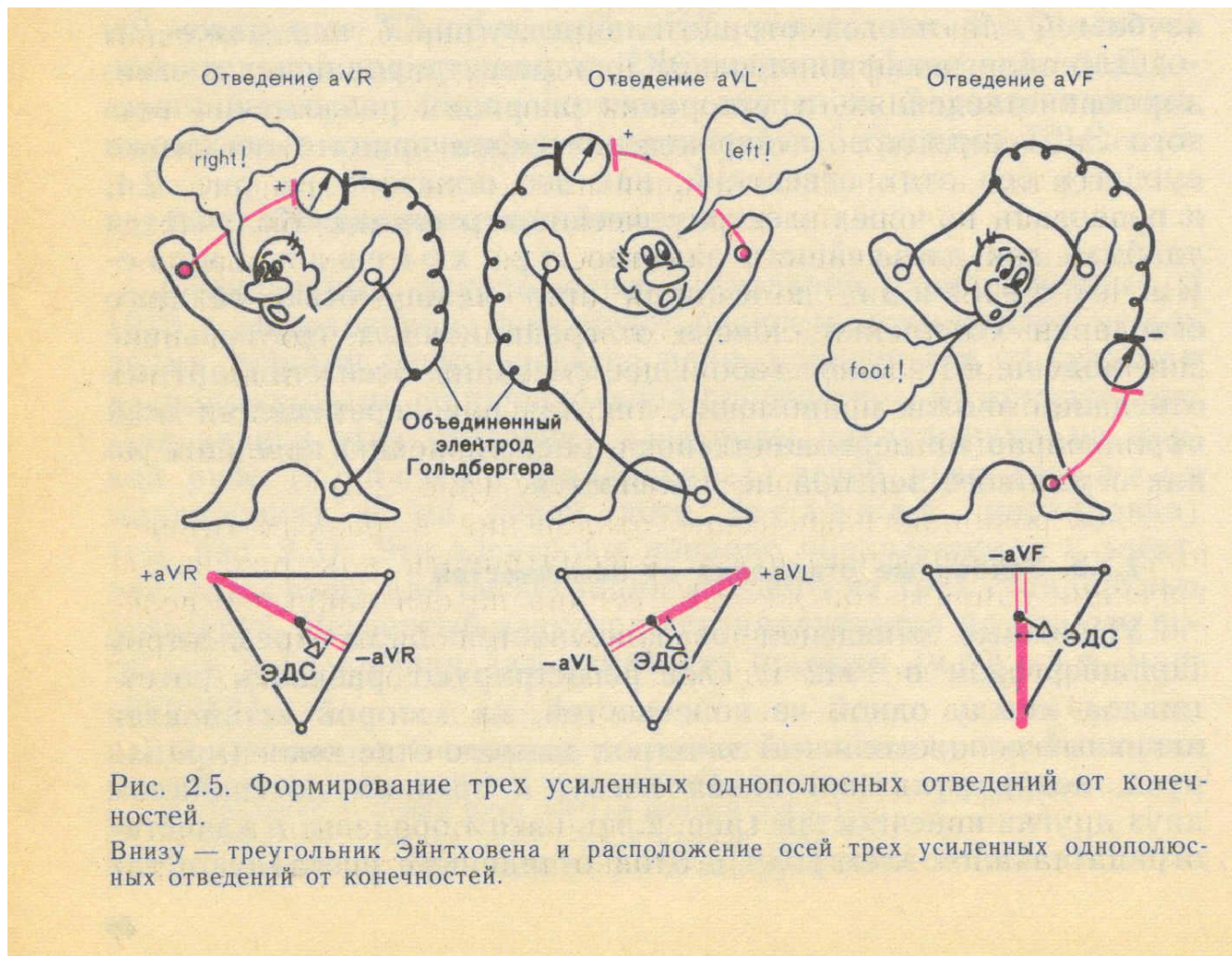
III - между левой ногой и левой рукой.

Электрокардиографические отведения: стандартные, усиленные от конечностей, однополюсные грудные



Усиленные отведения от конечностей

(предложены Гольдбергером в 1942 году)



Усиленные отведения от конечностей

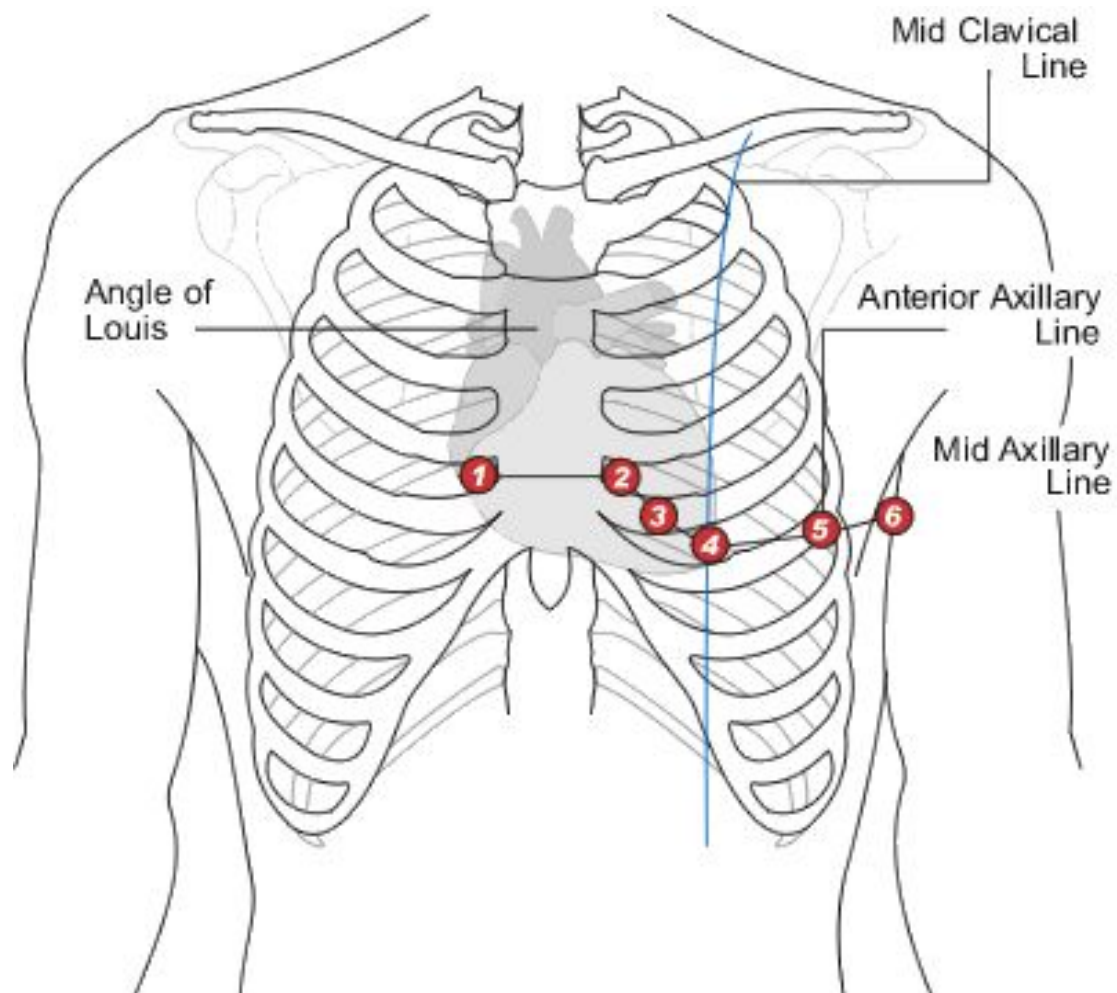
- **aVR** - усиленное отведение от правой руки (сокращение от augmented voltage right — усиленный потенциал справа).
- **aVL** - усиленное отведение от левой руки (left - левый)
- **aVF** - усиленное отведение от левой ноги (foot - нога)

Грудные отведения

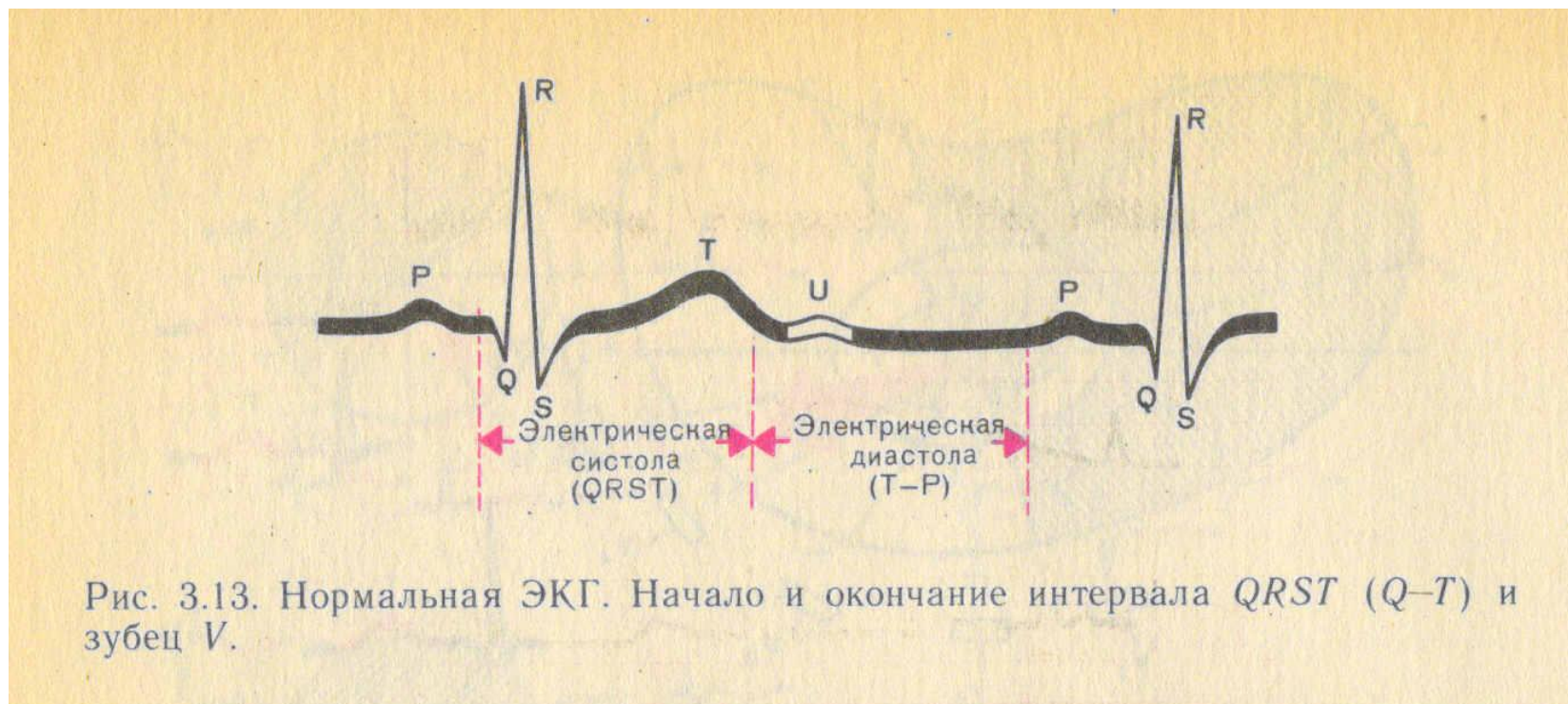
(предложены Вильсоном в 1934 году)

- **Грудные отведения** записываются между грудным электродом и объединенным электродом от всех 3 конечностей.
- V1 - в IV межреберье по правому краю грудины.
- V2 - в IV межреберье по левому краю грудины.
- V3 - между V2 и V4.
- V4 - на уровне верхушки сердца.
- V5 - по левой передней подмышечной линии на уровне верхушки сердца.
- V6 - по левой среднеподмышечной линии на уровне верхушки сердца.

Грудные отведения



Нормальная ЭКГ



Нормальные скалярные величины: зубцы

- P – Отражает процесс деполяризации предсердий. В отведениях I, II, aVF, V4, V5, V6 всегда (+), в отведении aVR всегда (-), в остальных отведениях может быть (+), (-) либо двухфазный типа (-+). Нормативы: продолжительность от 0,06 до 0,1 сек, амплитуда не более 2,5 мм
- Q – Отражает процесс охвата возбуждением межжелудочковой перегородки. Зубец Q всегда отрицательный. Нормативы: продолжительность не более 0,03 сек, амплитуда не более $\frac{1}{4}$ части следующего за ним зубца R. Если данный зубец соответствует нормативам, он записывается в протоколе как q, если превышает нормативы, то как Q.

Нормальные скалярные величины: зубцы

- R – Отражает деполяризацию основной массы желудочков, является всегда положительным. Если данный зубец в стандартных и усиленных от конечностей отведениях меньше 5 мм, то обозначается буквой «r», если больше или равен, то буквой «R». Амплитуда зубца R у здорового всегда нарастает от V1 до V5 (максимальное значение).

Нормальные скалярные величины: зубцы

- S – Отражает процесс деполяризации высоких боковых отделов левого желудочка. Всегда отрицательный зубец комплекса QRS. Номенклатура: если менее 5 мм, обозначается s, если равен или больше 5 мм, то буквой S. Максимальное значение S у здорового в отведении V2 с последующим уменьшением к отведению V6.
- T – Отражает процесс поздней реполяризации желудочков. Нормативы. В отведениях I, II, aVF, V4, V5, V6 всегда (+), в отведении aVR всегда (-), в остальных отведениях может быть (+), (-) либо двухфазный типа (-+). Амплитуда зубца T не более 2/3 предшествующему ему зубца R.

Нормальные скалярные величины: интервалы

- QRS – Время полного охвата возбуждением обоих желудочков сердца. Норматив от 0,06 до 0,1 сек. Номенклатура (обозначение) зубцов проводится в зависимости от их амплитуды по указанным выше правилам. Например: комплекс QRS типа QS, или qRs.

Нормальные скалярные величины: интервалы

- PQ – Отражает время охвата возбуждением предсердий, задержку в АВУ и движение импульса по стволу пучка Гиса. Рассчитывается от начала зубца P до начала зубца Q. Норматив: от 0,12 до 0,2 сек.
- ST – Отражает процесс ранней реполяризации желудочков, оценивается его дислокация от изолинии (выше изолинии – элевация, ниже изолинии – депрессия). В норме сегмент ST изоэлектричен. Допускается его элевация в отведениях V1, V2, V3 до 2 мм, или его депрессия в отведениях V4, V5, V6 до 1 мм.
- QT – Отражает процесс электрической систолы желудочков. Рассчитывается от начала зубца Q до окончания зубца T. Нормативные показатели рассчитываются индивидуально по формуле Базетта.

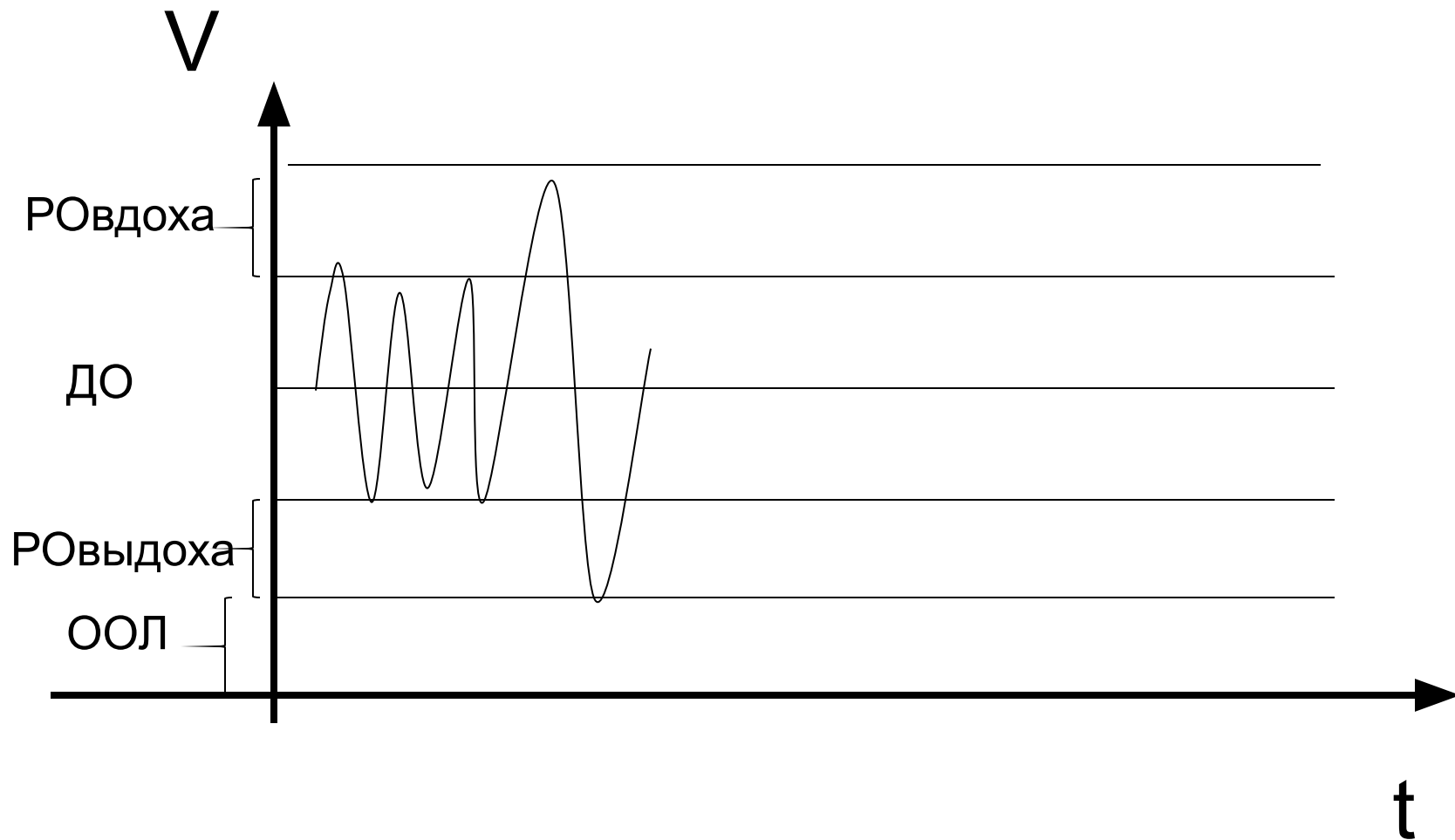
Спирограмма

метод измерения, графического изображения, расчетов и составления таблицы величин объемных и скоростных показателей функции внешнего дыхания

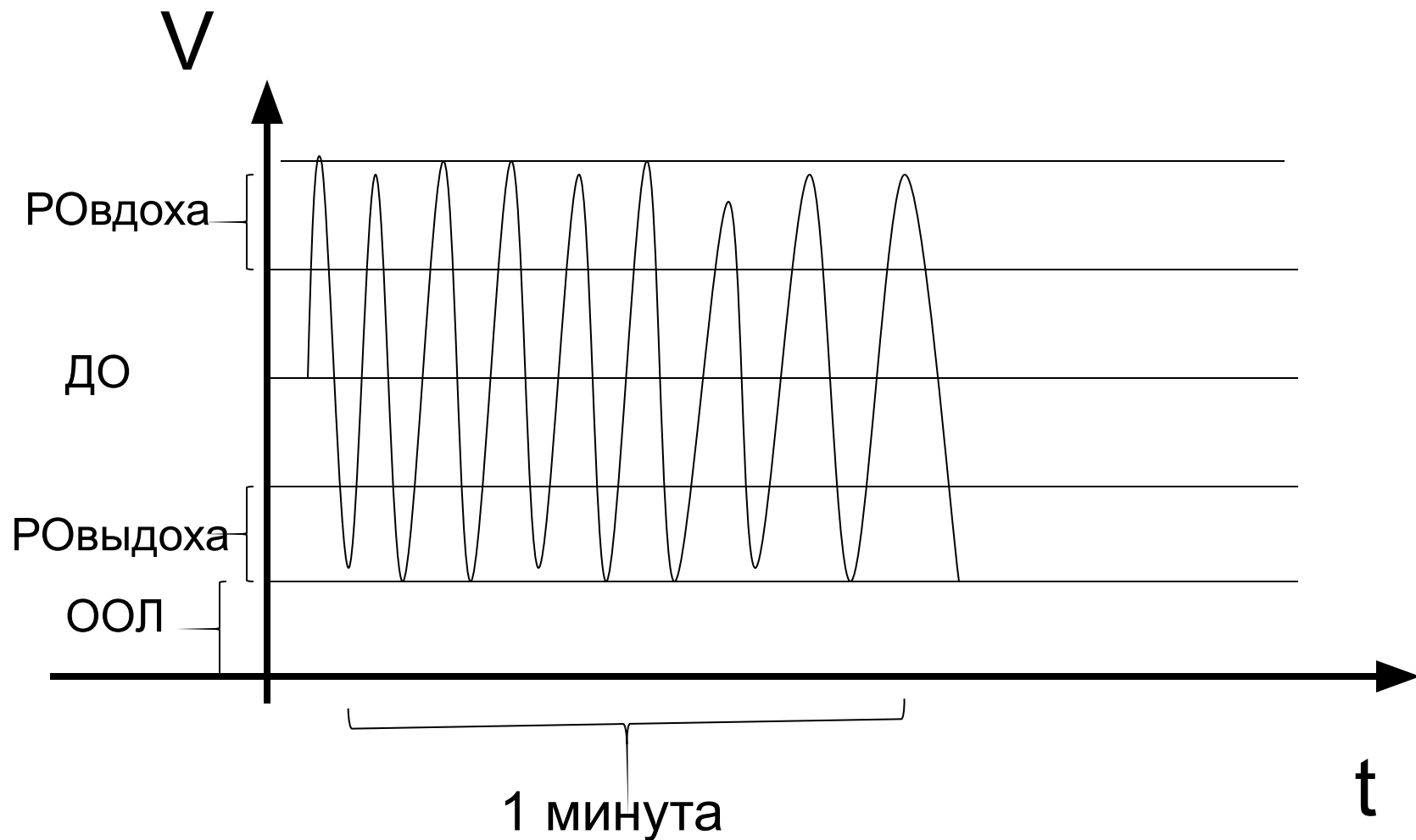
Три спирографических маневра

- ЖЕЛ
- ФЖЕЛ
- МВЛ

Кривая ЖЕЛ

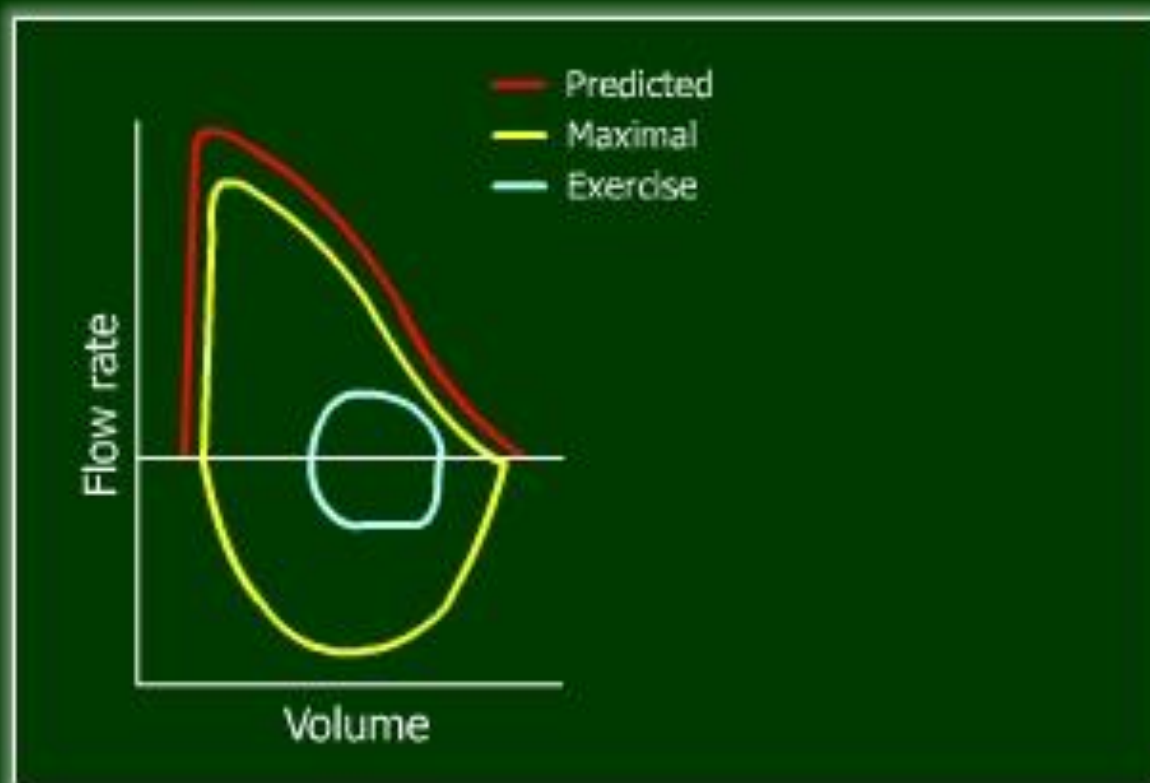


Кривая МВЛ



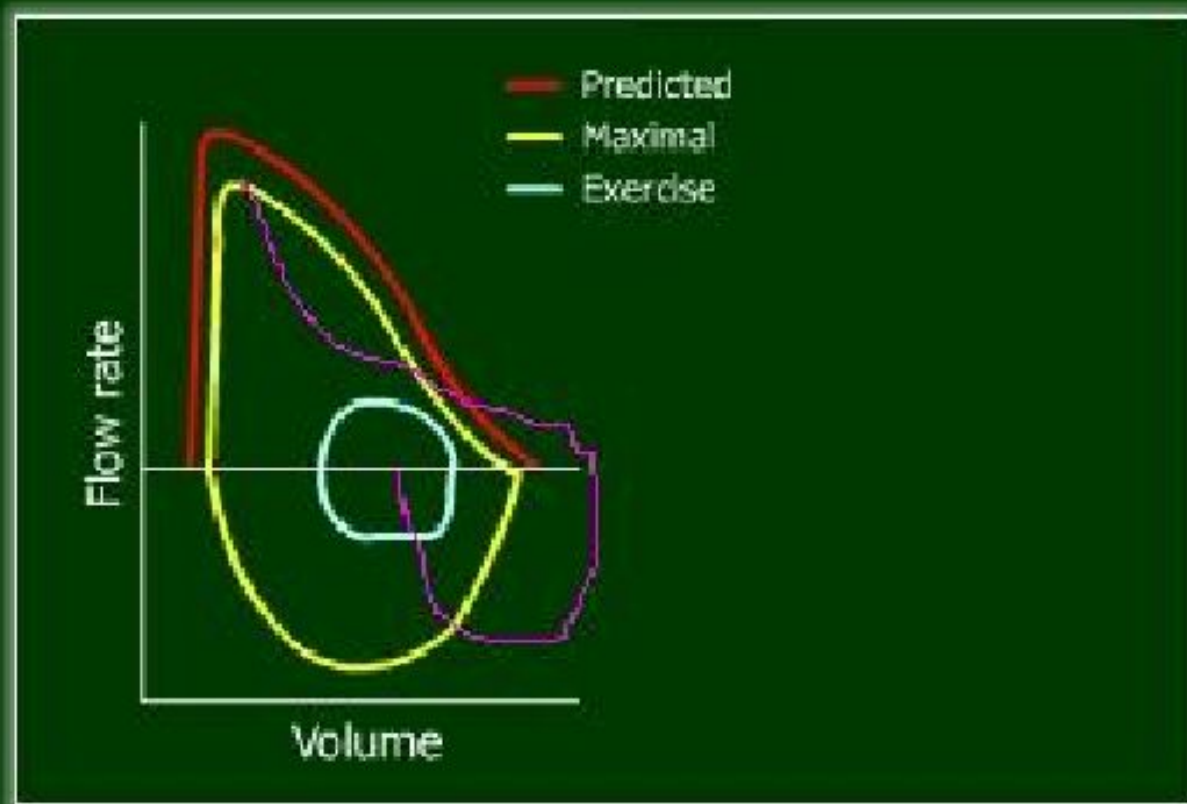
Кривая поток-объем в норме

Breathing in the normal state Cycle of deflation and inflation



Кривая поток-объем при ХОБЛ

Breathing in the normal state Cycle of deflation and inflation



Показатели спирограммы при рестриктивных нарушениях

■ ЖЕЛ	VC	↓ ↓
■ ФЖЕЛ	FVC	↓
■ ОФВ1	FEV1	↓
■ ОФВ1/ЖЕЛ	FEV1/VC	
■ ОФВ1/ФЖЕЛ	FEV1/FVC	
■ СОС 25-75	FEF25-75	
■ ПСВдоха	PIF	↓
■ ПСВыдоха	PEF	↓
■ ПСВ25	PEF25	
■ ПСВ50	PEF50	
■ ПСВ75	PEF75	
■ МВЛ	MVV	↓ ↓

Показатели спирограммы при обструктивных нарушениях

■ ЖЕЛ	VC	
■ ФЖЕЛ	FVC	↓
■ ОФВ1	FEV1	↓ ↓
■ ОФВ1/ЖЕЛ	FEV1/VC	↓
■ ОФВ1/ФЖЕЛ	FEV1/FVC	↓
■ СОС 25-75	FEF25-75	↓ ↓
■ ПСВдоха	PIF	
■ ПСВыдоха	PEF	↓
■ ПСВ25	PEF25	↓
■ ПСВ50	PEF50	↓
■ ПСВ75	PEF75	↓
■ МВЛ	MVV	↓

Определение

- ЖЕЛ – максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть, после максимально глубокого вдоха
- ФЖЕЛ – объем воздуха, который способен выдохнуть исследуемый при максимально быстром и полном выдохе после максимально глубокого вдоха
- ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду маневра ФЖЕЛ

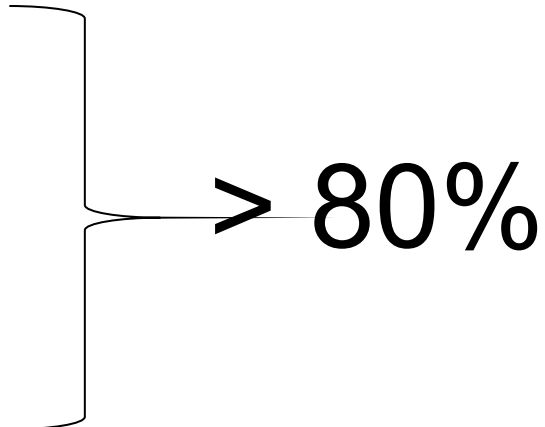
Определение

- ПСВ (ПОС, МОС) – максимальная скорость выдоха
- МВЛ – минутная вентиляция легких - максимальный объем воздуха, который пациент может провентилировать за 1 минуту
- ОЕЛ – общая емкость легких – сумма ЖЕЛ и ООЛ (остаточного объема легких) – объем воздуха, который могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха.

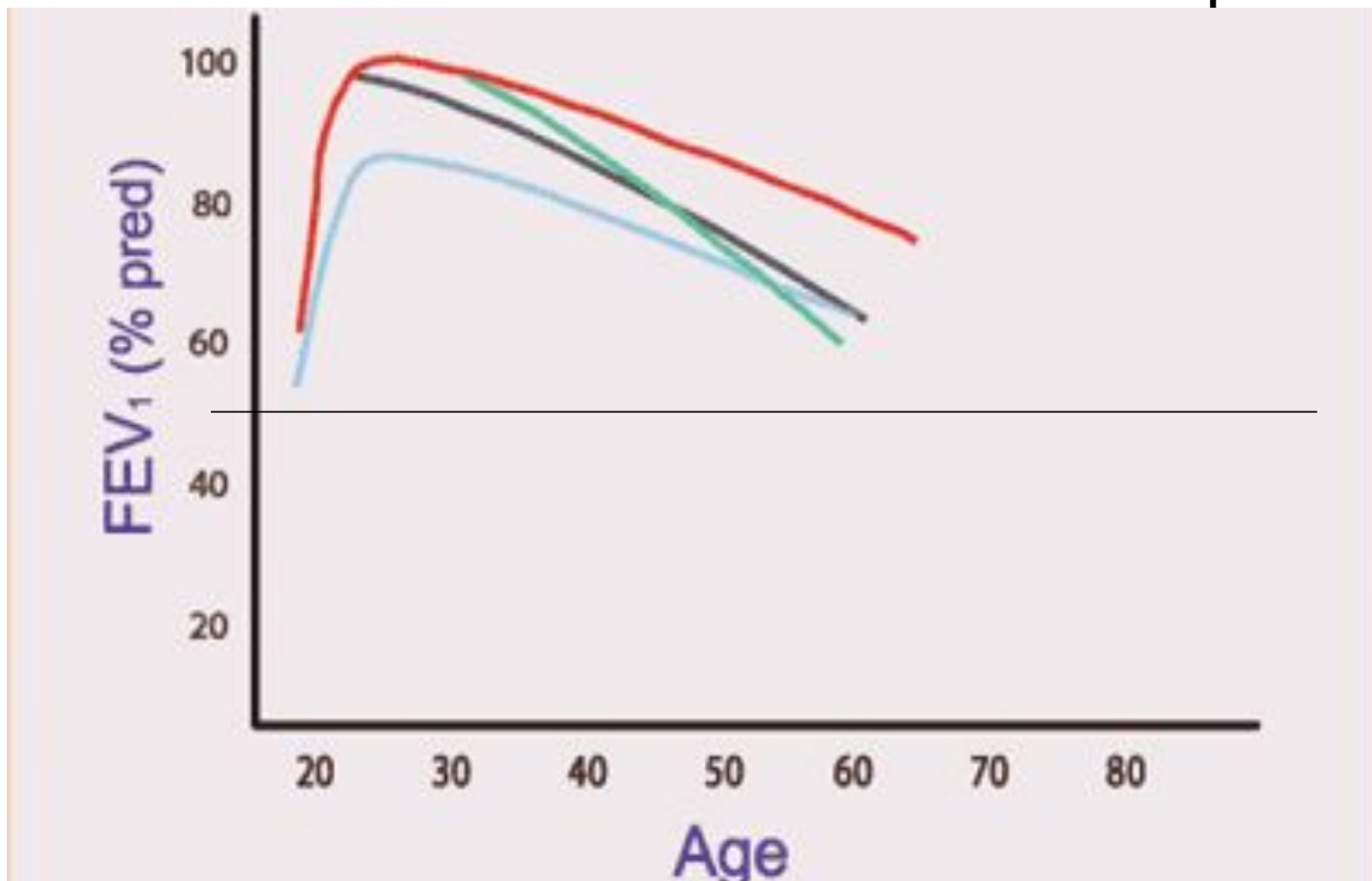
Три спирографических маневра

- ЖЕЛ
- ФЖЕЛ
- МВЛ

Границы нормы показателей функции внешнего дыхания

- ЖЕЛ > 90%
 - ОФВ1 > 85%
 - ОФВ1/ЖЕЛ > 70%
 - МВЛ > 85%
- 
- > 80%

Возрастная динамика $ОФВ_1$



Коэффициент бронходиллятации (КБД)

- $\text{КБД} = (\text{ПСВ2} - \text{ПСВ1}) / \text{ПСВ1} \times 100\%$
- $\text{КБД} = (\text{ПСВ2} - \text{ПСВ1}) / [(\text{ПСВ2} + \text{ПСВ1}) / 2]$

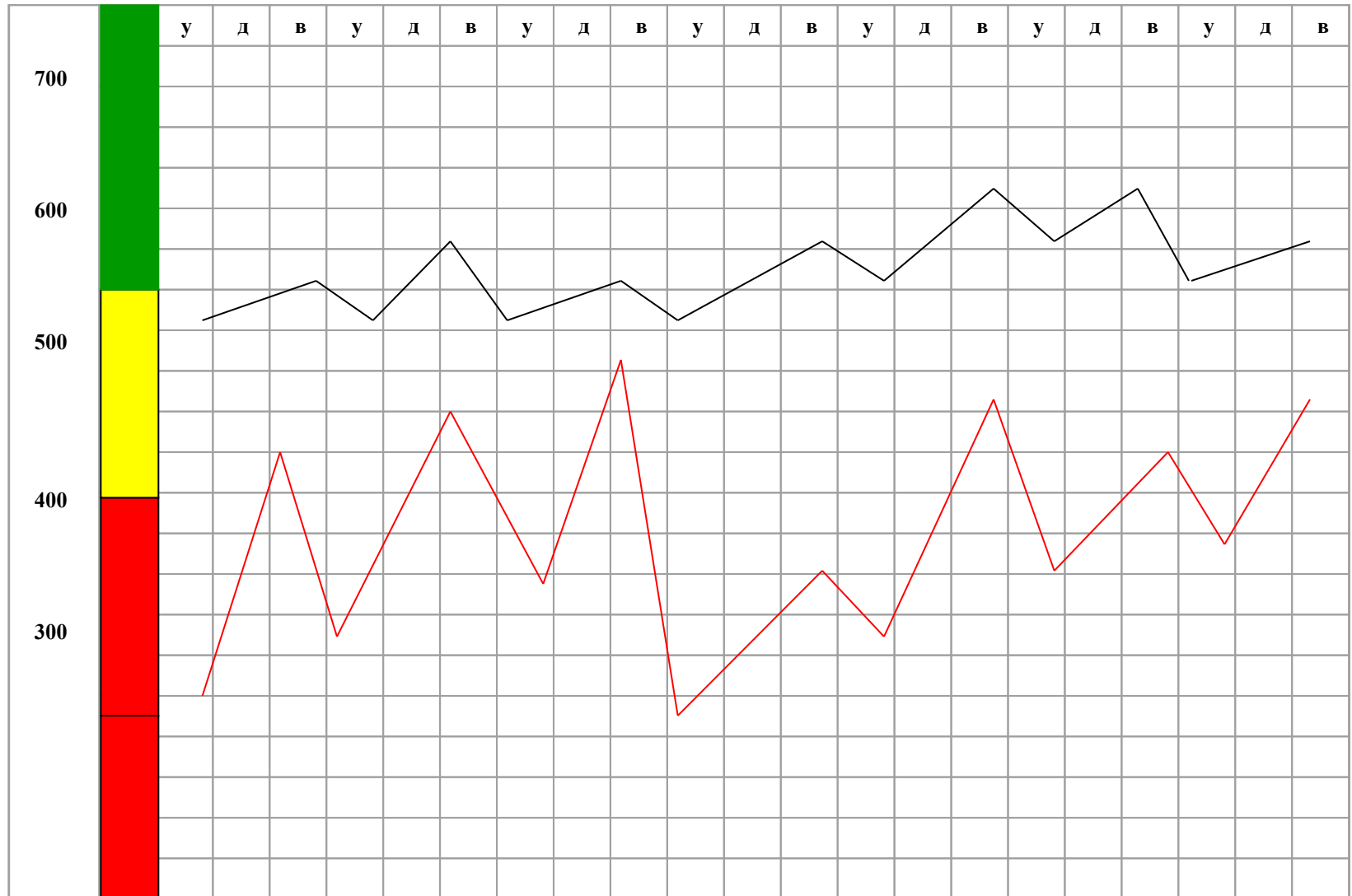
Функциональные (бронхомоторные) тесты

- Проба с бета2-агонистом.
- Проба с М-холинолитиком (атровент)
- Пробное лечение системными ГК (или ИГК).

Провокационные тесты

- Проба с обзиданом
- Проба с гистамином
- Проба с метахолином
- Проба с ЛТВ4 или ПГФ2-альфа
- Гипервентиляционная проба

График пикфлоуметрии



Расчет колебания ПСВ

$$K = \frac{\text{ПСВ}_{\text{наибольшее}} - \text{ПСВ}_{\text{наименьшее}}}{(\text{ПСВ}_{\text{наибольшее}} + \text{ПСВ}_{\text{наименьшее}}) / 2} \times 100\%$$