



**Сърдечно-съдова система.**

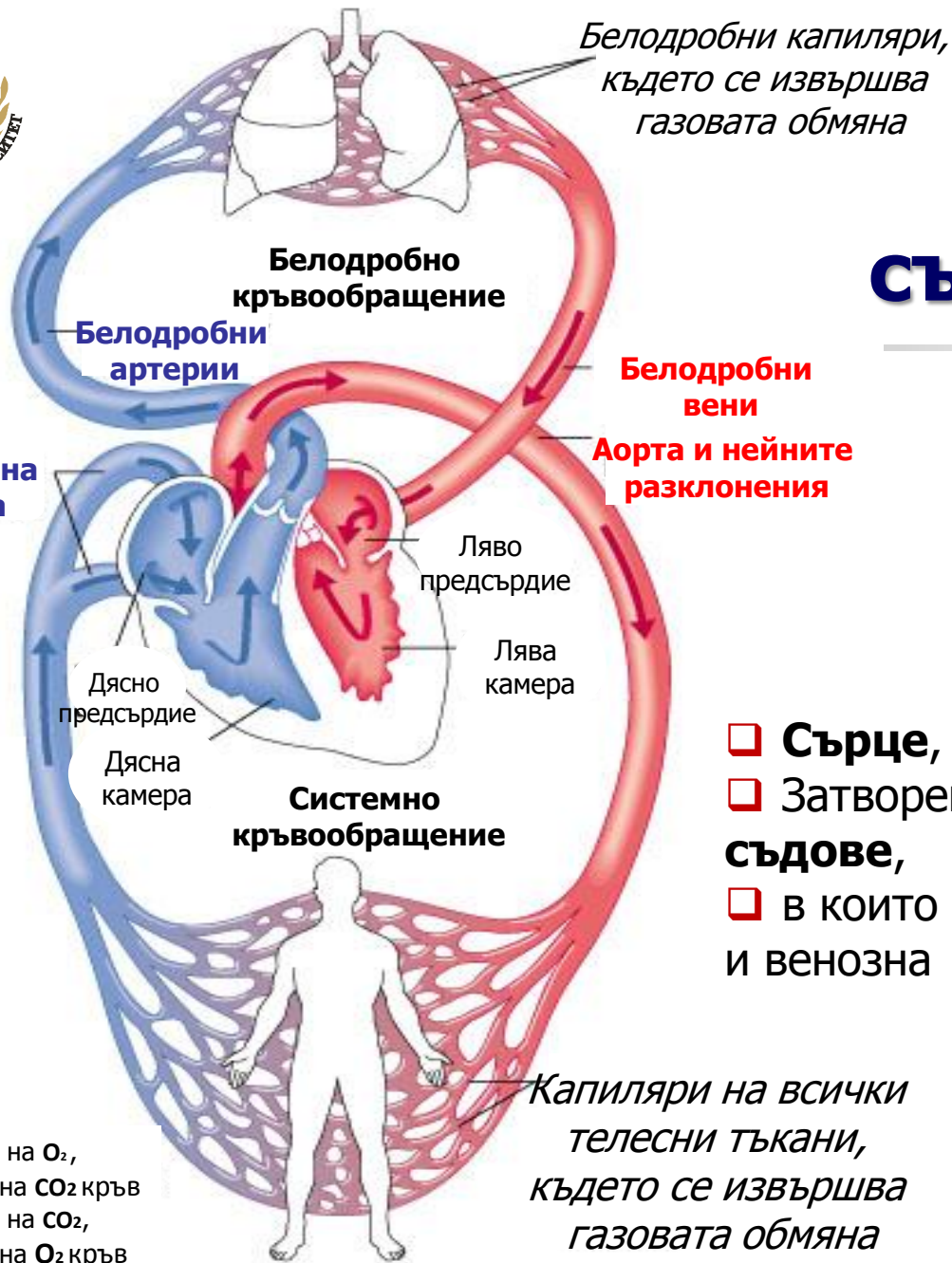
**Сърце – функционална  
морфология на миокарда.**

**Възбудно-проводна система.**

**Сърцев цикъл. Клапен апарат и  
сърдечни тонове. Регулация на  
сърдечната дейност. ЕКГ.**

**Доц. д-р Здравка Радинова, дм  
Факултет "Обществено здраве",  
Медицински университет – Плевен**





# Сърдечно-съдова система



## функции



- Сърце**, което работи като помпа
- Затворена система от **кръвоносни съдове**,
- в които циркулира **кръв** – артериална и венозна

- Системно кръвообращение** и
- Белодробно кръвообращение**

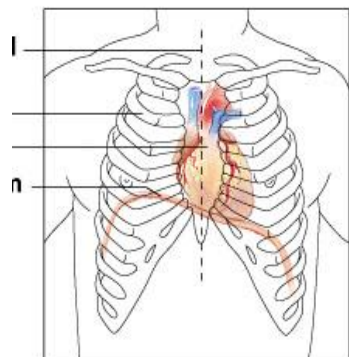
Легенда:

-  = Богата на O<sub>2</sub>, бедна на CO<sub>2</sub> кръв
-  = Богата на CO<sub>2</sub>, бедна на O<sub>2</sub> кръв

*Капиляри на всички телесни тъкани, където се извършва газовата обмяна*

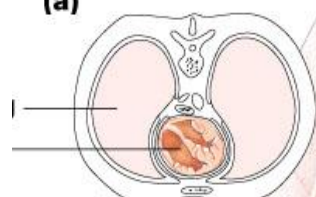
# Разположение на сърцето в гръдната кухина

Средна  
стернална  
линия  
2-ро ребро  
диафрагма



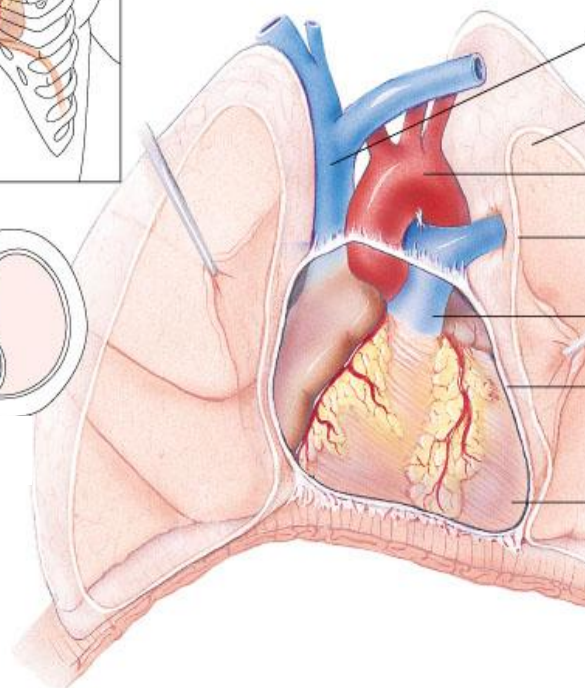
(a)

Десен бял  
дроб  
Сърце



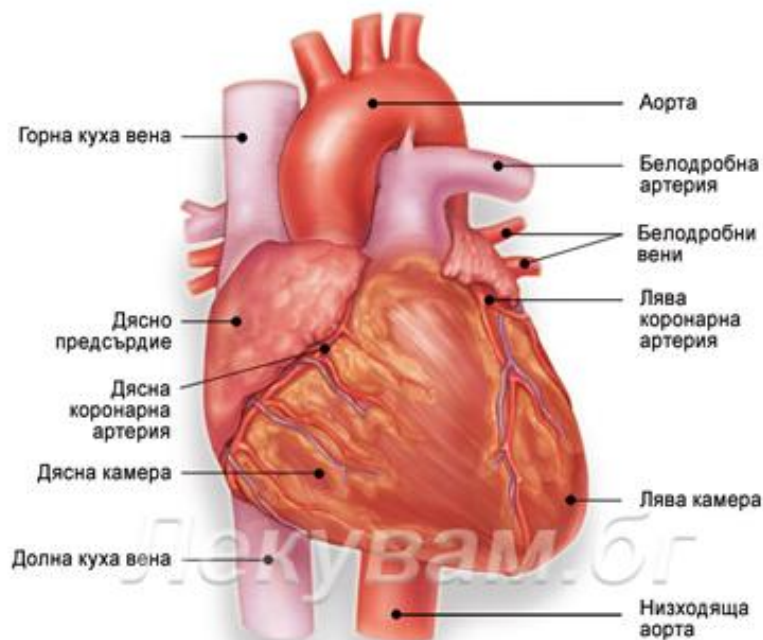
отпред

(b)



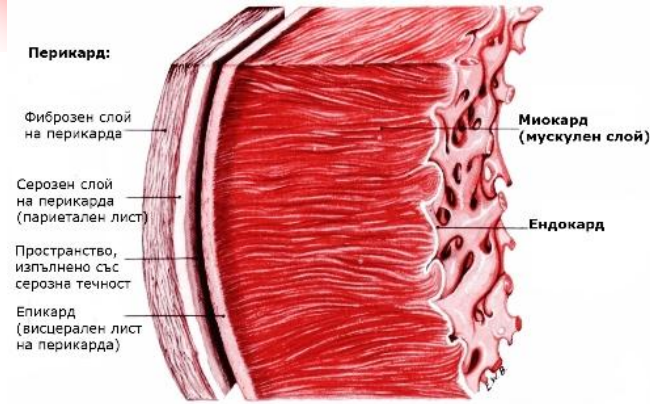
(c)

## Човешкото сърце





# Сърце – функционална морфология на миокарда



Страничен срез на сърдечната стена, демонстриращ отделните ѝ слоеве

Мускулест орган  
2 половини, лява и дясна  
Всяка част с 2 кухини:  
предсърдие и камера

- Сърдечна мускулатура (работен миокард)
- Възбудно-проводна система (ВПС)



клапата се отваря напълно, позволява на кръвта да премине

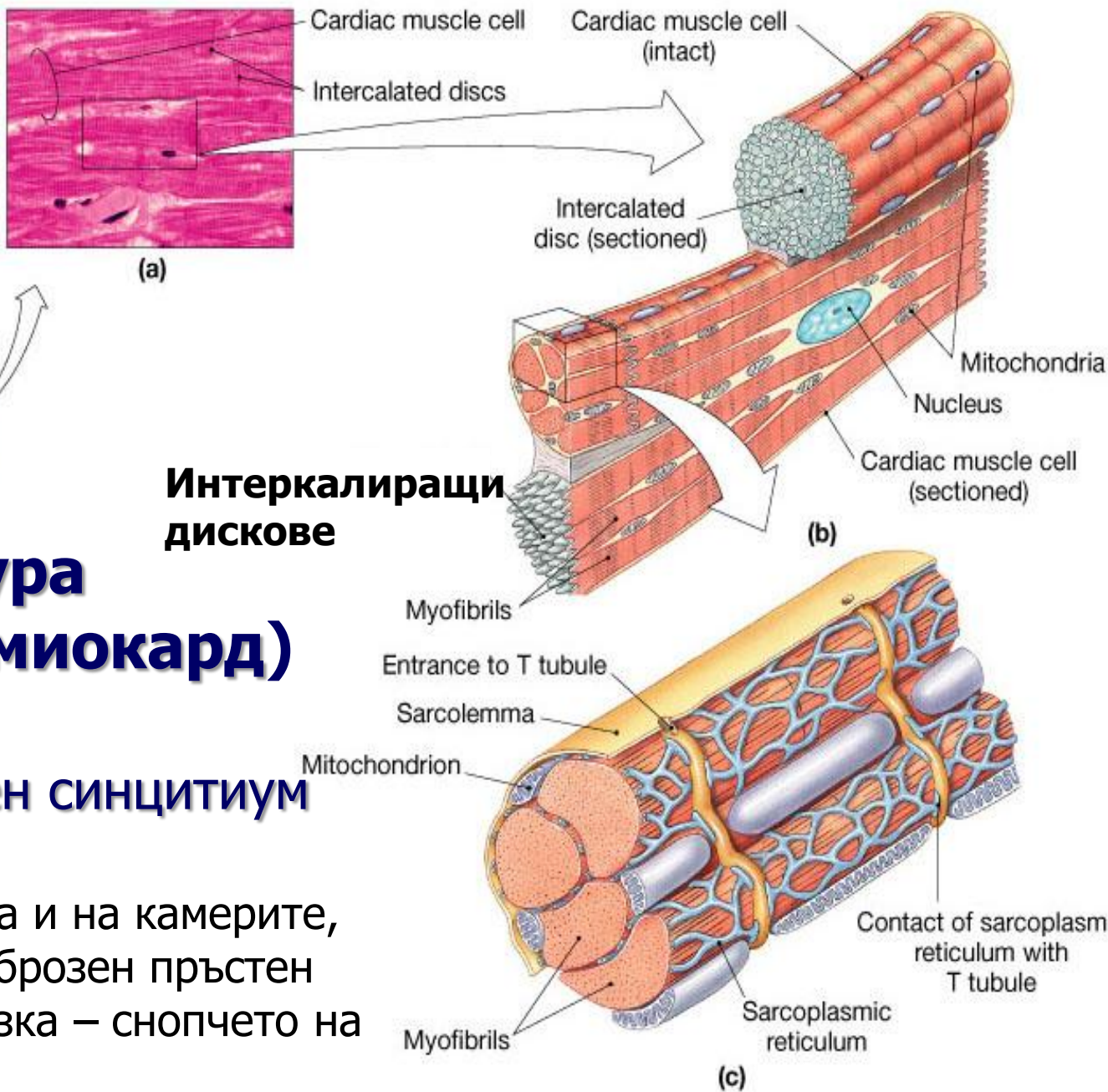


клапата се затваря и не позволява на кръвта да се върне

белодробна клапа  
трикуспидална клапа







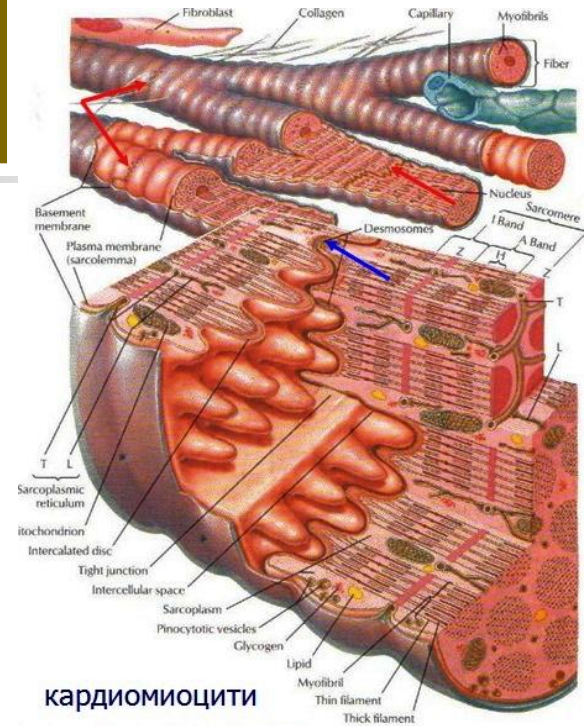
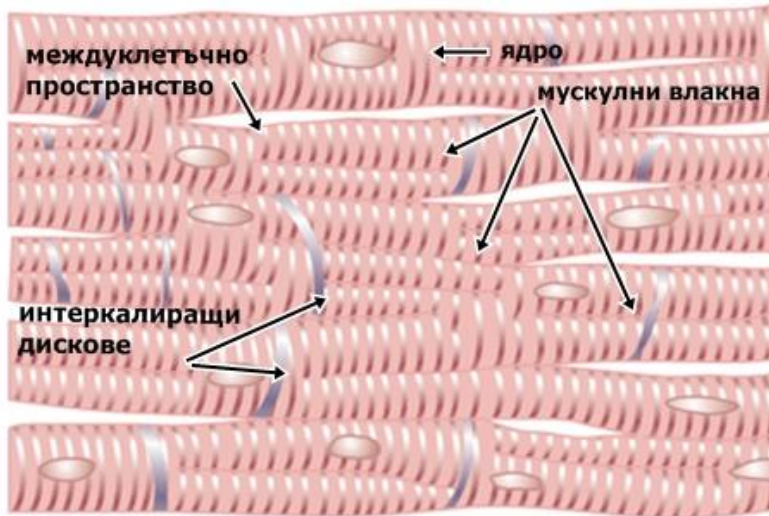
# Сърдечна мускулатура (работен миокард)

## Интеркалиращи дискове

функционален синцитиум (2 бр.):

на предсърдията и на камерите, разделени с фиброзен пръстен единствена връзка – снопчето на Хис от ВПС

## Закон на Боудич Закон за "всичко или нищо"



- Миокардът се възбужда и съкращава ритмично под действие на импулси, идващи от (**ВПС**)
- Може да реагира и на дразнения (механични, химични, топлинни) с **прагова сила**

Ако дразненето е с подпрагова сила, сърцето не реагира с възбуждане („нищо“). Ако дразненето е прагово или надпрагово, настъпват максимални за момента възбуждане и съкращение („всичко“)



# Мембранен и акционен потенциал на работния миокард

- Миокардната клетъчна мембрана е заредена, като потенциалът на покой е  $-85 \text{ mV}$ . Зависи от неравномерното разпределение на йоните от двете страни на мембраната, мембрания пермиабилитет и активността на  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  помпа. **АП на работния миокард и влакната на Пуркиние е тип "плато"**, т.е. бърза деполяризация (в резултат на нахлуване на  $\text{Na}^+$  в клетката) и бавно настъпваща реполяризация, която протича в 3 фази: бърза начална, бавна реполяризация – платото, продължаваща около  $200 \text{ msec}$  (бавно навлизане на  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ ) и бърза крайна реполяризация, по време на която  $\text{K}^+$  излиза от клетката. В следващия период, отговарящ на отпускането (диастолата) на сърдечния мускул се възстановява йонното зареждане на мембраната от двете страни





# Акционен потенциал на работния миокард



**Акционният потенциал на работния миокард и влакната на Пуркине е тип “плато” – бърза деполяризация и бавна реполяризация в 3 фази**

**Рефрактерност:**  
*абсолютно рефрактерен период (до края на платото) и относително рефрактерен период*

1/ Фаза 0 (нула) – бърза и голяма деполяризация, която се дължи на отваряне на бързи потенциал-зависими натриеви канали.

2/ Фаза 1 – бърза малка реполяризация, която се дължи на отваряне на специален вид бързи калиеви канали. През тази фаза започва инактивирането на натриевите канали.

3/ Фаза 2 – плато на акционния потенциал. Дължи се на отваряне на бавни потенциал-зависими калциеви канали (L-тип). През тази фаза, която продължава 200 - 250 ms, мембраната на клетките остава деполяризирана с потенциал ~0 mV.

4/ Фаза 3 – крайна реполяризация. Дължи се на отварянето на бавни потенциал-зависими калиеви канали. Същевременно се затварят бавните калциеви канали.

5/ Фаза 4 – покой. По време на покой мембранныят потенциал има голяма стойност (-90 mV) поради големия брой отворени калиеви канали (изправителни калиеви канали).





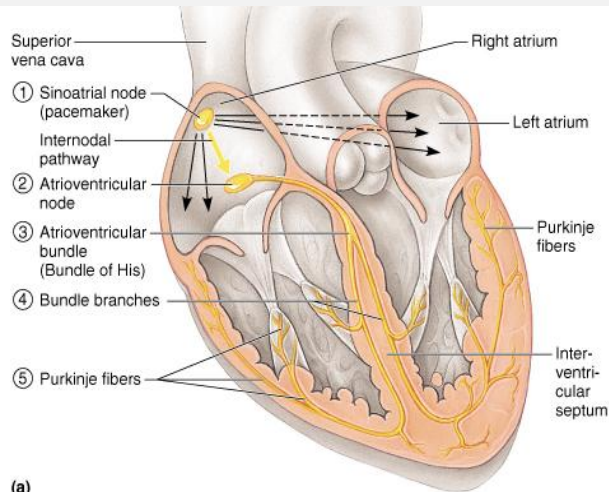
# Рефрактерност

- Сърдечният мускул е *невъзбудим (рефрактерен)* по време на спайка на АП и е невъзприемчив към дразнения (дори с надпрагова сила) до края на платото. Това е т.н. ***абсолютно рефрактерен период***. Трае ~200 мсек. Това дълго възбуждение и съкращение са причина за невъзприемчивостта на миокарда към дразнителите по време на съкращението и ***НЕ ПОЗВОЛЯВАТ на сърцето да се тетанизира***
- По време на бързата крайна реполяризация, значително по сила дразнене предизвиква възбуждане и допълнително съкращение (*екстрасистола*) на сърцето. Тази фаза се нарича ***относително рефрактерен период*** и продължава 50 мсек.

# Възбудно-проводна система. Последователност на възбуждането

Сърдечният мускул притежава свойствата *възбудимост, проводимост и съкратимост*

Възбудно-проводна система на сърцето

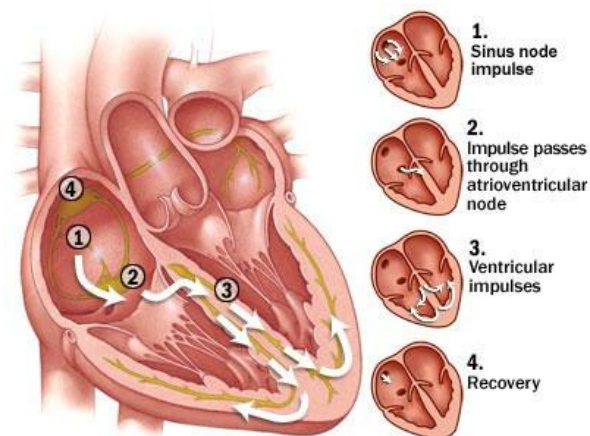


(a)

- Синусовият възел е пейсмейкърът на сърцето – водач на ритъма
- Притежава свойството **автоматия** – спонтанно генерира възбудни импулси

**ВПС се състои от:**

- синусов възел (СВ),
- предсърдно-камерен възел (ПКВ),
- снопче на Хис с ляво и дясно краче и
- мрежа на Пуркиние





# Автоматия

- Способността на сърцето автоматично да се възбужда и съкращава под влияние на импулси, зараждащи се във ВПС, се нарича **автоматия**. Налице е дори когато сърцето е изолирано от организма. Честотата на автоматията е ср.  $\sim 70$  удара в минута (60-100) и е генетично обусловена
- **Произход на автоматията** - Свързана е с ритмичното деполяризиране на клетките на синусовия възел (СВ). Акционният потенциал (АП) на тези клетки има следните особености: трансмембранныят потенциал не е постоянен по време на диастолата, а показва постепенно намаление, известно като "*бавна диастолична деполяризация*" (БДД), която достига критичния праг ( $\sim -70$  mV), след което се генерира АП. Той е със заоблен връх. Тази БДД се развива спонтанно, без външни дразнения и е резултат от понижения пермиабилитет на мембраната за  $K^+$  и повишен за  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$
- Скоростта на БДД е най-голяма в клетките на СВ в сравнение с другите елементи на ВПС, критичният праг при тях се достига най-бързо и генерираните АП са с най-голяма честота. **Поради това СВ играе ролята на пейсмейкър на сърцето – водач на ритъма. Това е т.н. синусов ритъм**





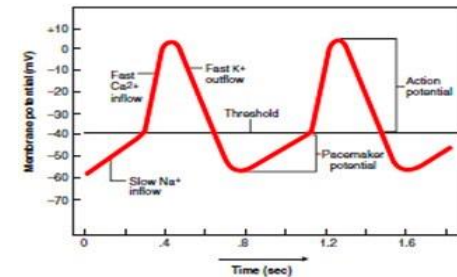
# Автоматия

$E_o$  - - 85 mV (-60)

$E_{кр}$  - -70 mV (-45)



- Произход на автоматията – **бавна диастолична деполяризация (БДД)**
- АП от бавен тип – пейсмейкърн потенциал
- Разпространение на АП
- СВ – пейсмейкър на сърцето – ср. 70 уд./мин (60 – 90) – генетично обусловена
- Градиент на Гаскел
- Разпространение на АП – най-бавно в АВ възел и най-бързо – влакната на Пуркиние





# Градиент на Гаскел

- Спонтанно ритмично възбуждение може да възникне и в други части на ВПС. С отдалечаване от СВ, обаче, честотата на генерираните импулси намалява, т.н. *градиент на Гаскел*. Поради това синусовият ритъм се налага на цялата ВПС и цялото сърце.
- При блокиране провеждането на импулсите от СВ към ПКВ, ПКВ може да стане пейсмейкър и тогава възниква т.н. *нодален ритъм* на сърцето с честота 40-60 удара/минута. Ако се прекъсне връзката между предсърдията и камерите, възниква възможност за проява *на камерна автоматия* (20-40 удара/минута). Това състояние е известно като *пълен атриовентрикуларен блок*.



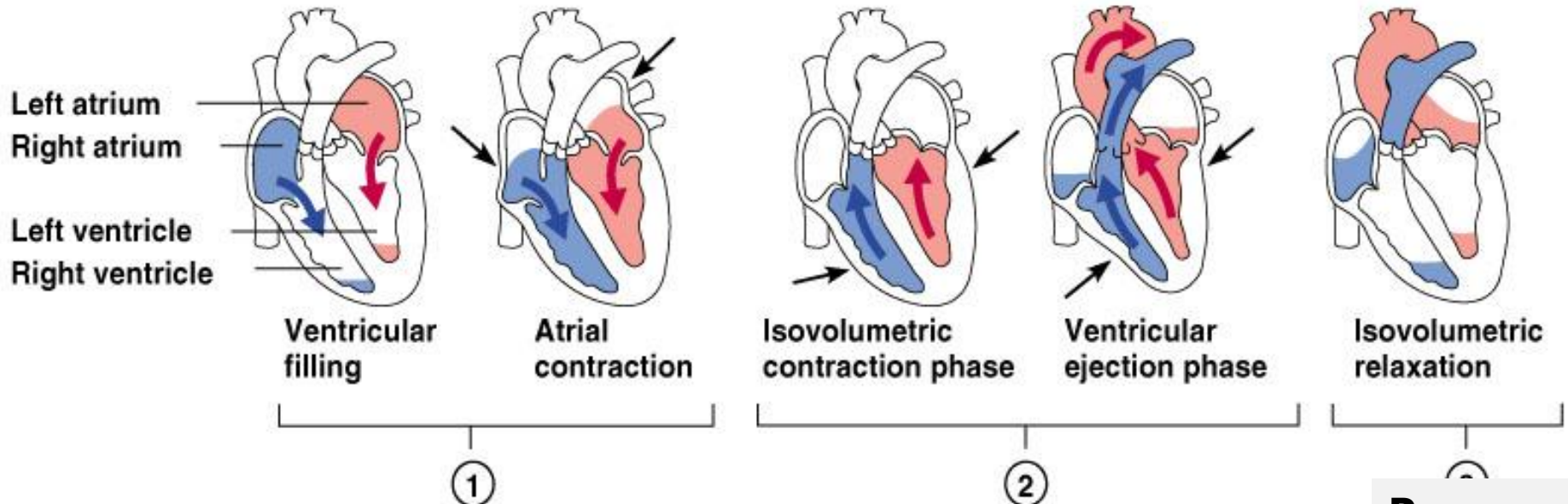
# Сърдечен цикъл

Сърдечният цикъл е с продължителност 0,8 сек при сърдечна честота 75 удара/минута

Систола на предсърдията

Систола на камерите

Изоволуметрично отпускане



Пълнене на камерите - диастола

Систола на камерите

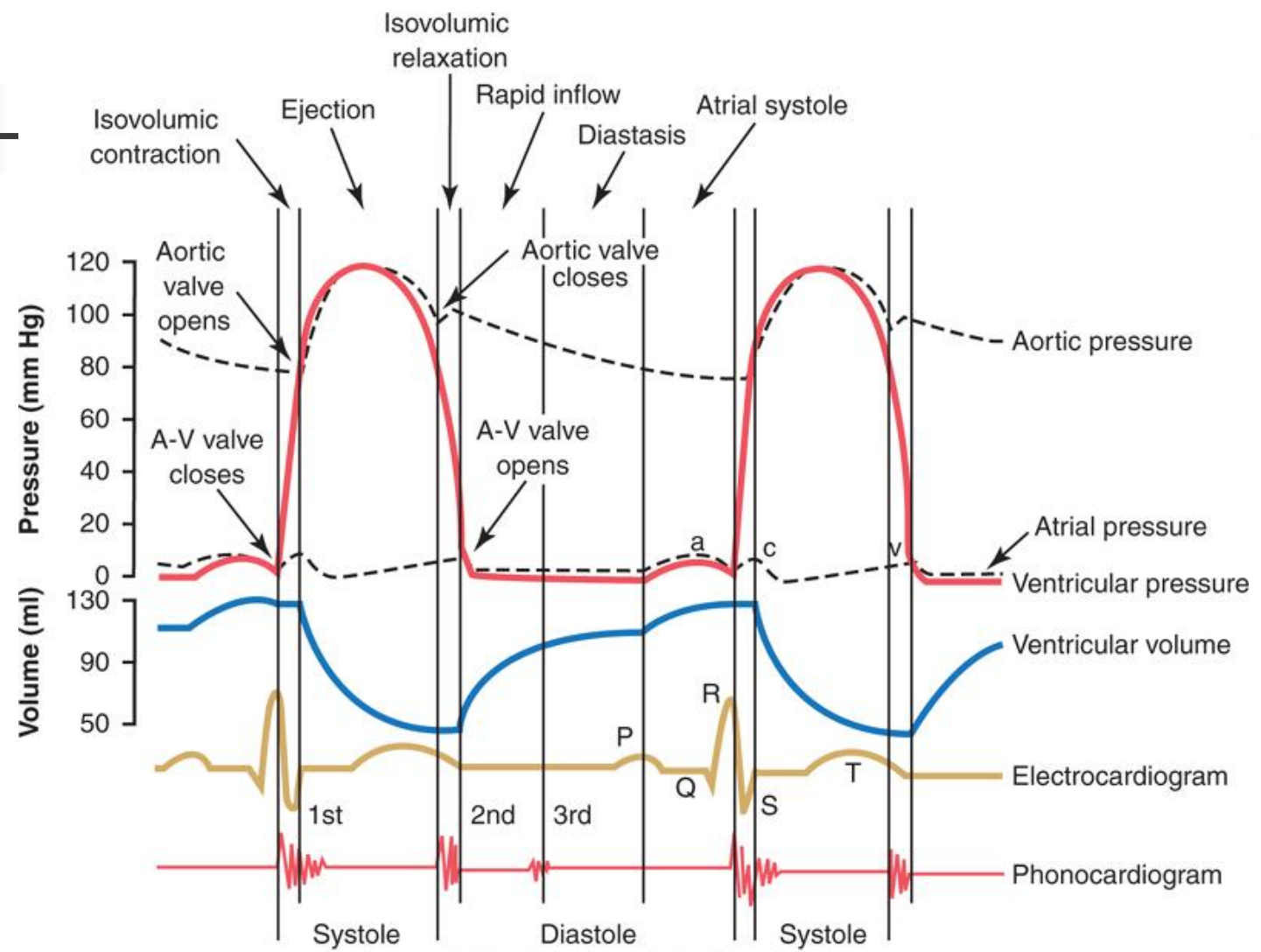
Ранна диастола

*Ударен обем*  
*Краен систоличен обем*  
*Краен диастоличен обем*





# Сърдечен цикъл



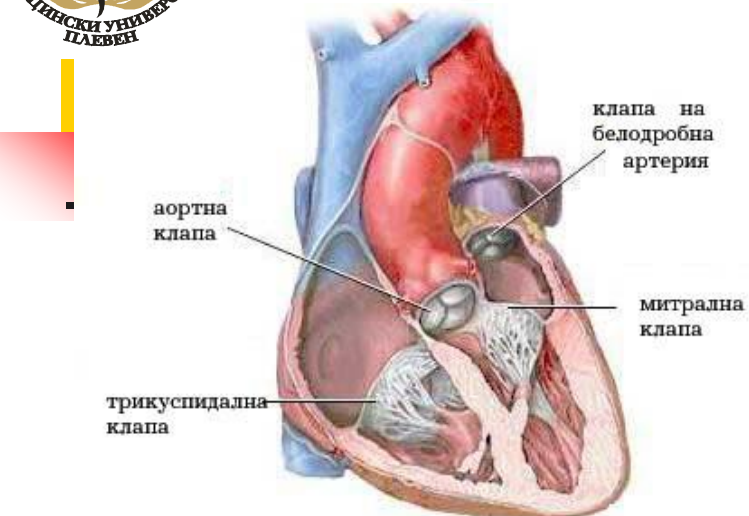
Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.



# Устройство и функция на клапите

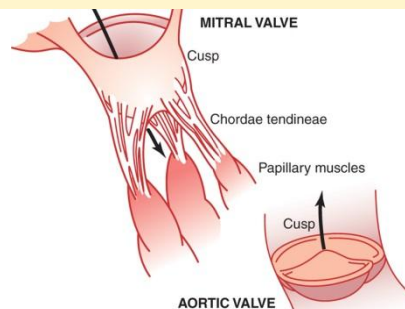
- Клапите осигуряват еднопосочно движение на кръвта от предсърдията към камерите и от тях към артериите
- **Предсърдно-камерни клапи (атрио-вентрикуларни).** Биват *лява (митрална с 2 платна - М)* и *дясна (трикуспидална с 3 платна - Т)*. Те пречат на кръвта да се връща в предсърдията по време на камерната систола. Свободните краища на платната на клапите са свързани с *chordae tendineae* за папиларните мускули, които са част от миокардната стена. Когато започне изоволуметричното съкращение, налягането рязко се повишава и клапите плътно се затварят, но не се обръщат към предсърдията. При увреждане – инсуфициенция или стеноза – разстройства в хемодинамиката
- **Полулунни клапи.** Това са *аортната (А)* и *пулмоналната (Р) клапа*. Затварят се в края на систолата и не позволяват на кръвта от аортата и пулмоналната артерия да навлиза в камерите по време на камерната диастола. Имат по 3 джобчета (*valvulae*), които се изпълват с кръв и това предизвиква тяхното затваряне
- *Отварянето и затварянето на клапите е пасивен процес* - от разликите в налягането от двете им страни и движението на кръвта

# Устройство и функция на клапите

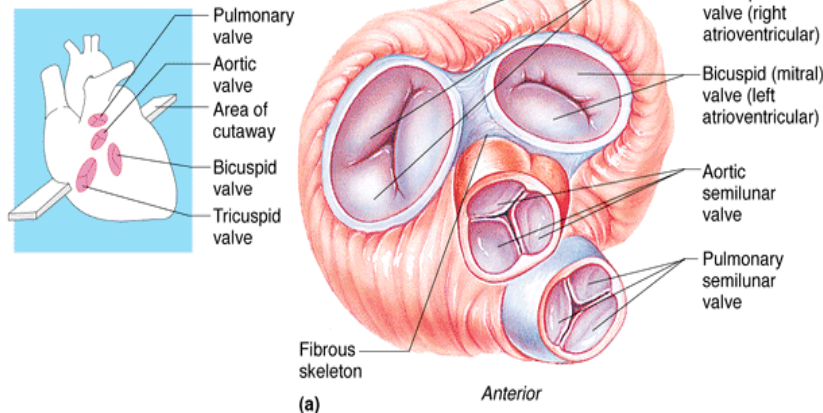


□ Предсърдно-камерни клапи (атрио-вентрикуларни) (ПКК)

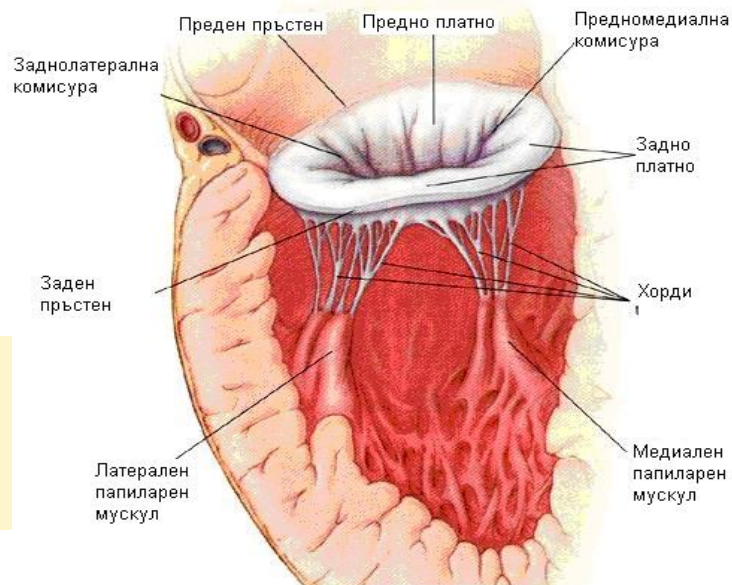
- лява (митрална с 2 платна - **M**) и
- дясна (трикуспидална с 3 платна - **T**)



**Клапите са 4**  
**2 ПКК (АВК)**  
**2 ПЛК (СЛК)**



Hall: Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology, 12th Edition  
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.



□ Полулунни клапи (семилунарни) (ПЛК):

- аортна (**A**) и
- пулмонална (**P**) клапа





# Сърдечни тонове

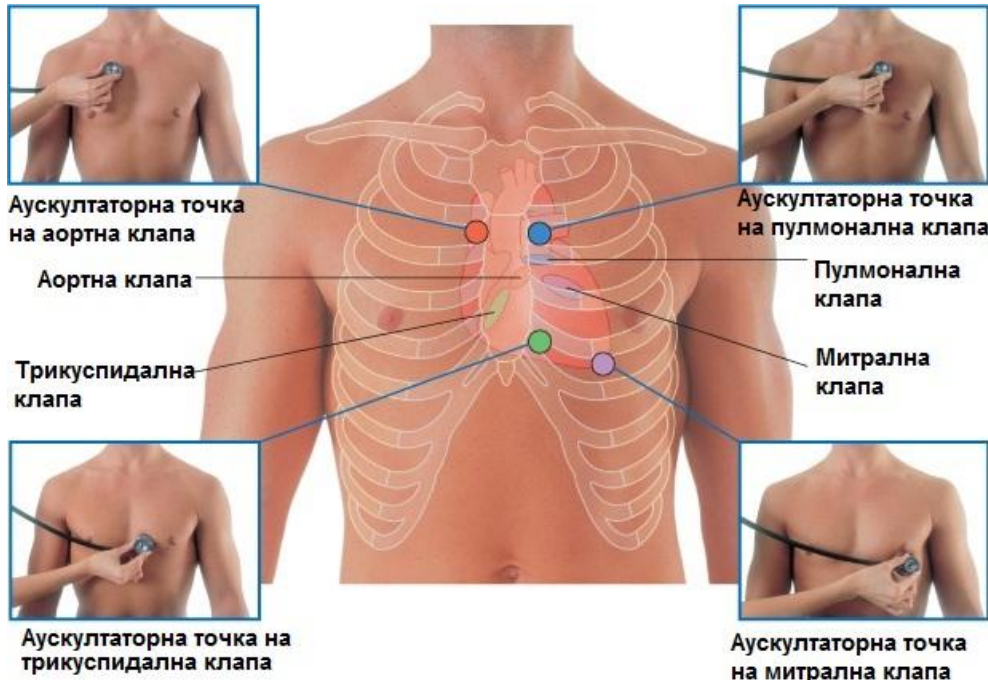
## Общо са 6

- **Първи сърдечен тон (систоличен)** – в началото на систолата. Образува се от затварянето на АВ клапи, трептенето на сърдечната мускулатура в началото на систолата, на кръвната маса и началната част на големите съдове. Съвпада с R-зъбеца на ЕКГ.
  - Аускултаторна характеристика: по-продължителен, по-нискочестотен и по-силен по интензитет от втория (на върха на сърцето).
- *Първият сърдечен тон съвпада с пулса (систолите на сърцето).*
- **Втори сърдечен тон (диастоличен)** – в началото на диастолата. В резултат от затварянето на семилунарните клапи, трептенето на кръвта и миокарда. Двете клапи не се затварят едновременно, затова II-ят тон е раздвоен: първо се затваря А, а след това Р клапа. Съвпада по време с края на Т-вълната от ЕКГ.
  - Аускултаторно: по-къс, по-високочестотен, по-слаб по интензитет на върха на сърцето.

# Аускултационни места

- митралната клапа
- пункт на Боткин – Ерб –
- пулмоналната клапа
- аортна клапа
- трикуспидална клапа

Слушат се на определени места



Местата, където най-ясно се чуват тоновете. Това са звукови проекции, а не анатомични проекции на клапите (с изключение на трикуспидалната клапа)



# Ударен и минутен обем на сърцето

- **Ударен обем (УО)** - обемът кръв, който всяка камера изхвърля при една систола
    - УО у възрастен човек е **еднакъв** за лявата и дясната камера ~70 ml. УО може да се понижава или повишава (до 180 ml при физическа работа)
  - **Минутен обем на сърцето (МОС или МО)** – количеството кръв, което сърцето изхвърля в големия или малкия кръг на кръвообращението за 1 минута
    - $МОС = УО \times СЧ$  (70 ml x 72 уд/минута)
    - МОС е ~ 5 l
- СЧ - сърдечна честота



# Регулация на сърдечната дейност

Бива 2 вида: интракардиална (саморегулация) и екстракардиална

## 1. Интракардиална регулация

Бива 2 вида: *хетерометрична саморегулация* и *хомеометрична саморегулация*

- **А) Хетерометрична авторегулация "Закон на сърцето" на Франк и Старлинг** - венозен приток
- **Б) Хомеометрична авторегулация** - съпротивлението

## 2. Екстракардиална регулация

Дели се на нервна и хуморална

- **А) Нервната регулация** - вегетативна нервна система (**ВНС**) – симпатикус и парасимпатикус
- **Б) Хуморална регулация** – АХ, НА, К<sup>+</sup>, Са<sup>++</sup>, Н<sup>+</sup>





# Нервната регулация

## Ефекти на ВНС върху сърцето

	S	PS
	<i>симпатикус</i>	<i>парасимпатикус</i>
<b>Сърце</b>		
Хронотропен ефект (СЧ)	+++	---
Инотропен (сила на съкращения)	+++	- 1
Батмотропен (възбудимост)	+++	- 1
Дромотропен (скорост на провеждане)	++	---
<b>Съдове</b>		
Артериална констрикция	+++	0 2 (exceptions!!!)
Венозна констрикция	+++	0

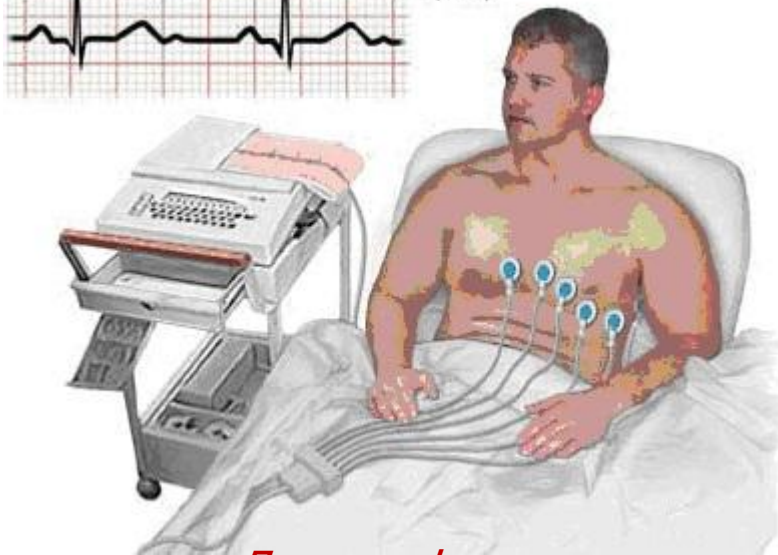


# Електрокардиография

- **Определение:** Кривата, която отразява сумарната потенциална разлика на всички миокардни клетки по време на деполяризацията и реполяризацията, през един сърдечен цикъл, отведена от повърхността на тялото се нарича електрокардиограма (**ЕКГ**)



Електрокардиограма (ЕКГ)

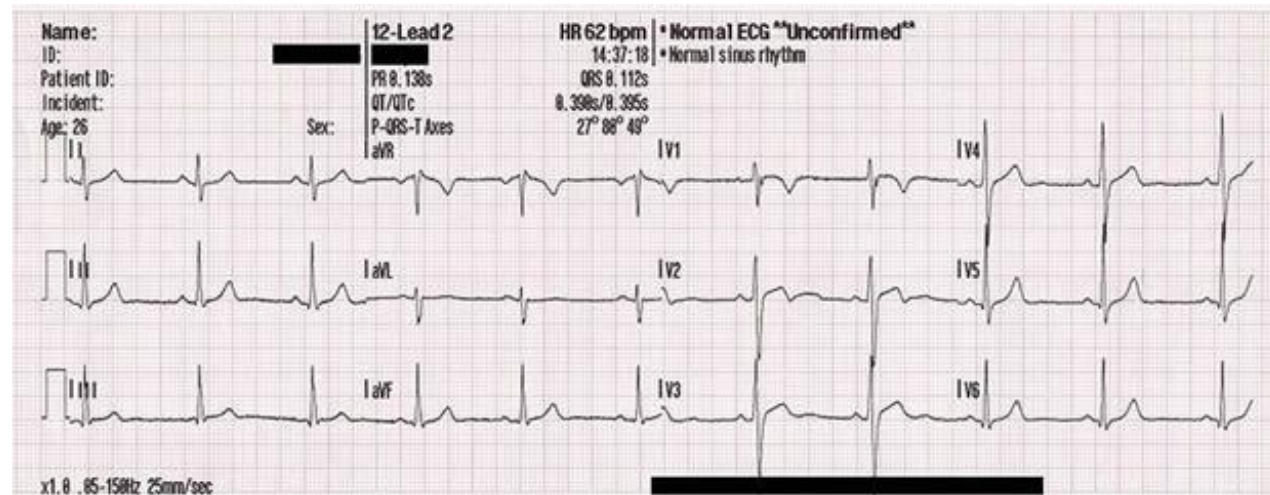
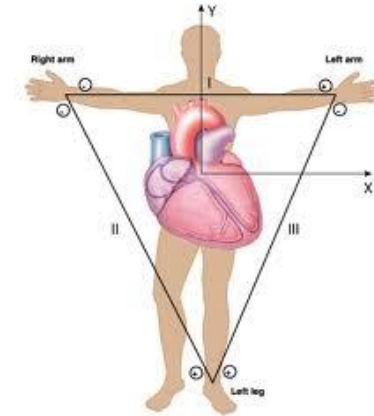
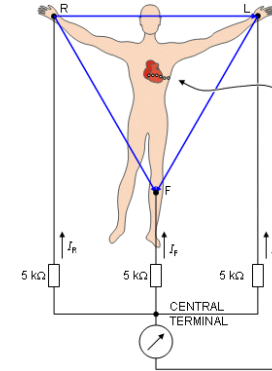
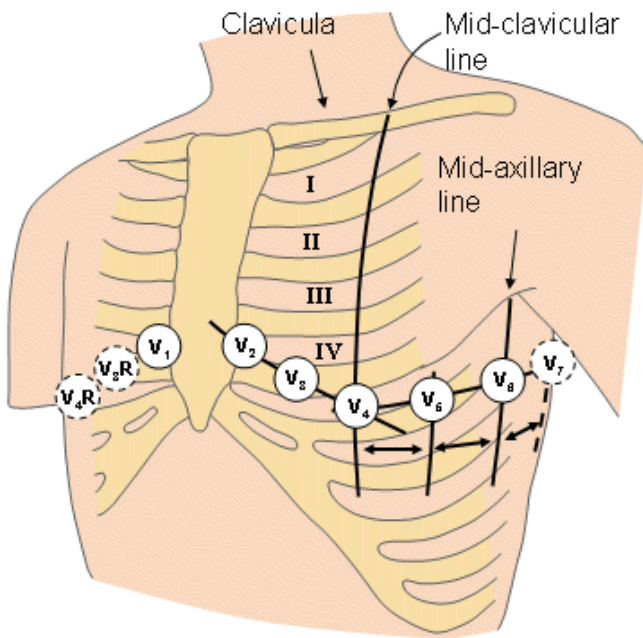


**Значение** - *Дава информация за възбудимостта и проводимостта на миокарда*



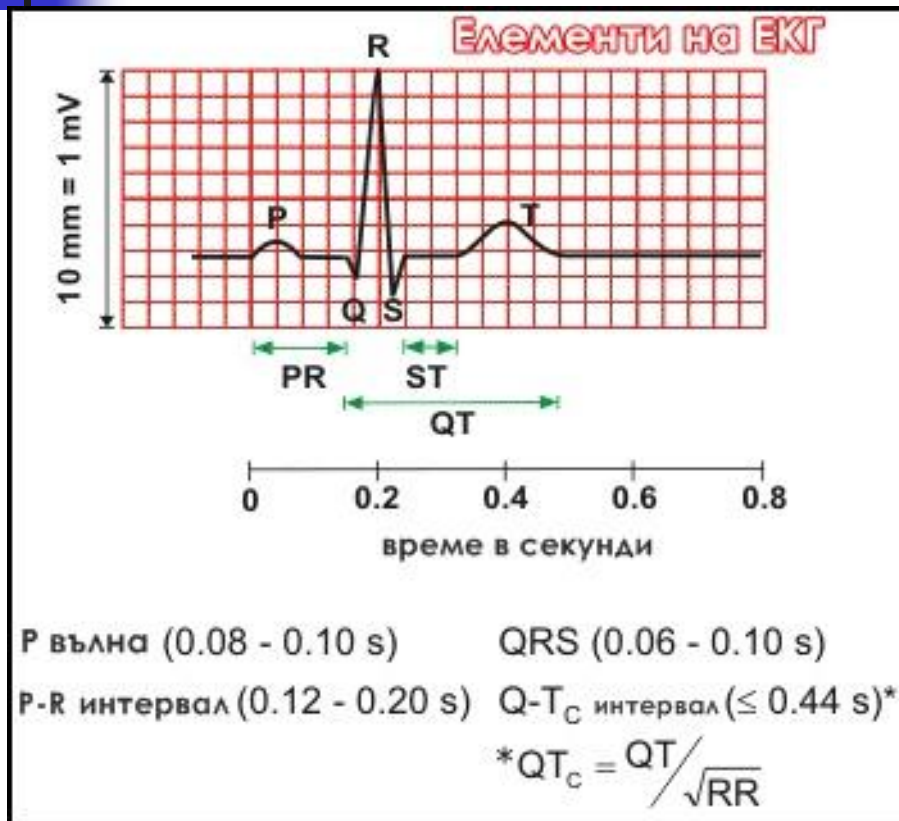
# ЕКГ отвеждания

- ❑ Двуполюсни (биполярни) - I, II и III отвеждане
- ❑ Еднополюсни (униполярни) –
  - периферни или усилен от крайниците (aVR, aVL, aVF) и
  - прекардиални (v<sub>1</sub>–v<sub>6</sub>).



# ЕКГ елементи

**Елементите на ЕКГ са:**



- **вълни и зъбци**, насочени нагоре /положителни/ или надолу /отрицателни/ от изоелектричната линия. Прието е да се отбелязват с букви от латинската азбука – P, Q, R, S и T.
- **сегменти** – запис на изоелектричната линия между вълна и зъбец,
- **интервал** – включва вълна и сегмент и
- **комплекс** – последователно записани зъбци