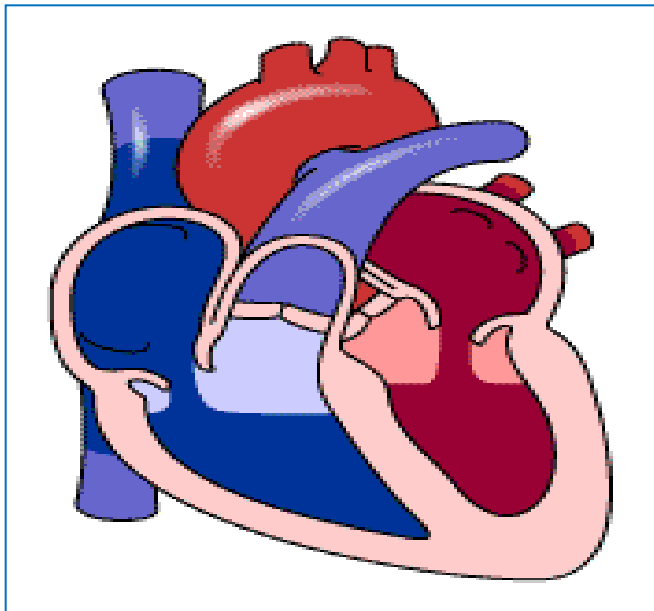


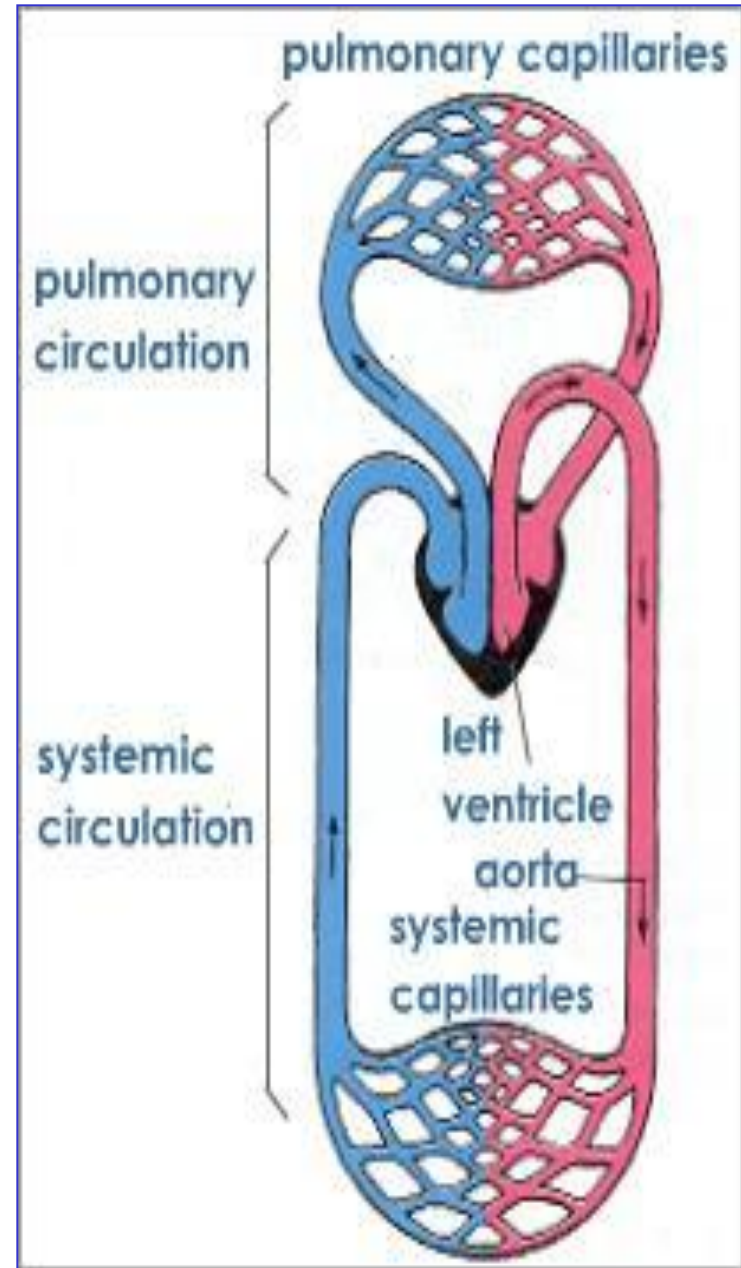
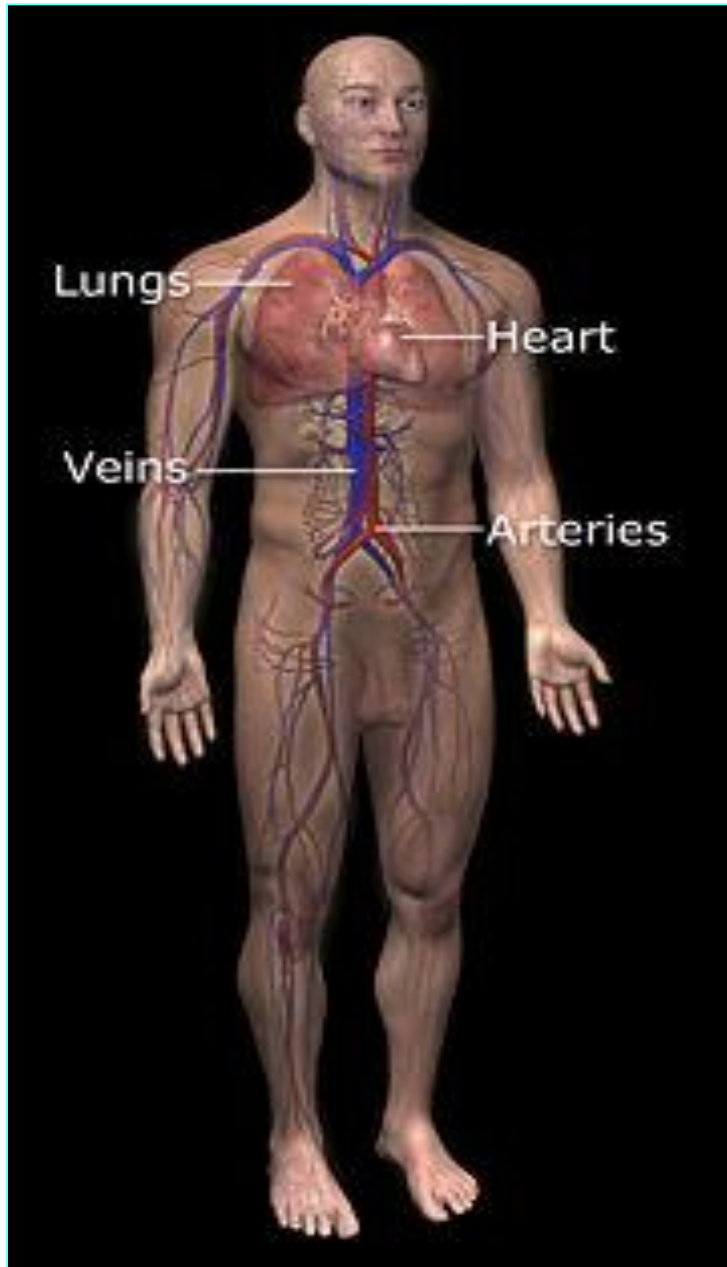
Физиология на
сърдечно-съдовата система
Физиология на миокарда. Възбудно-
проводна система.
Биоелектрични явления в сърцето.
Електрокардиография



доц. д-р Боряна Русева, д.м.

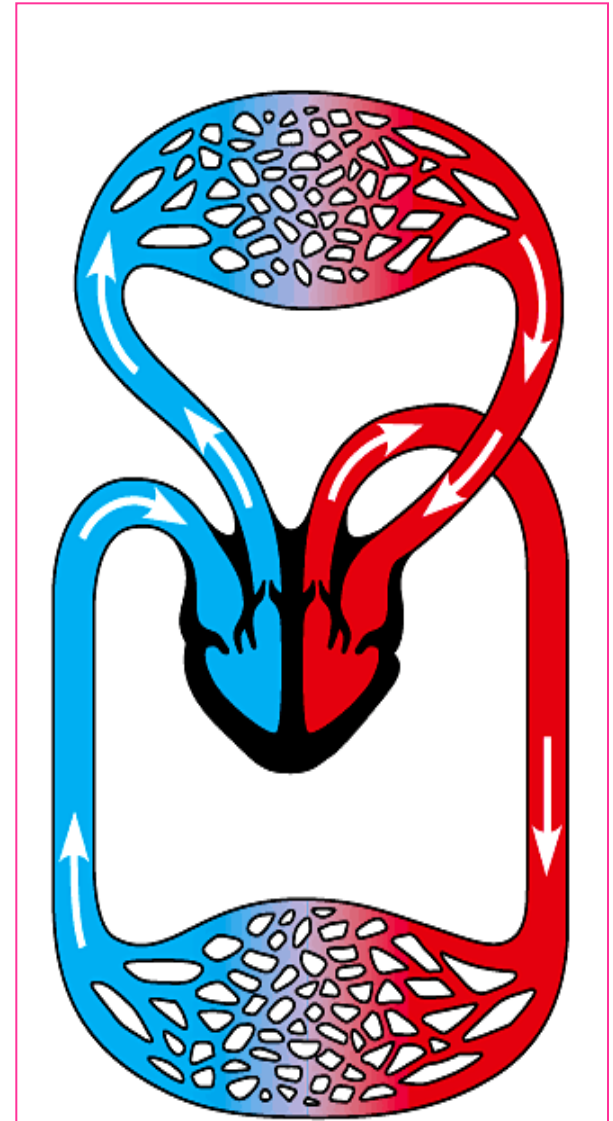
Сектор "Физиология"
МУ-Плевен

Сърдечно-съдова система



Устройство на сърдечно-съдовата система

- ✓ Помпа - сърце
 - ✓ Циркулираща течност - кръв
 - ✓ Мрежа от кръвоносни съдове
-
- ❖ 2 кръга:
 - Системно кръвообръщение
 - Белодробно кръвообръщение



Устройство на сърцето

□ Две части, отделени с прегради:

➤ **Лява - артериална**

➤ **Дясна - венозна**

❖ Всяка част 2 кухини, отделени с клапи:

✓ **Ляво предсърдие и лява камера - митрална (бикуспидална) клапа**

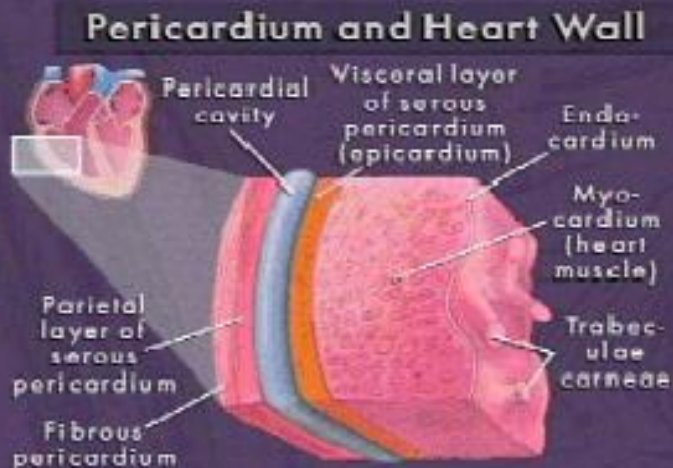
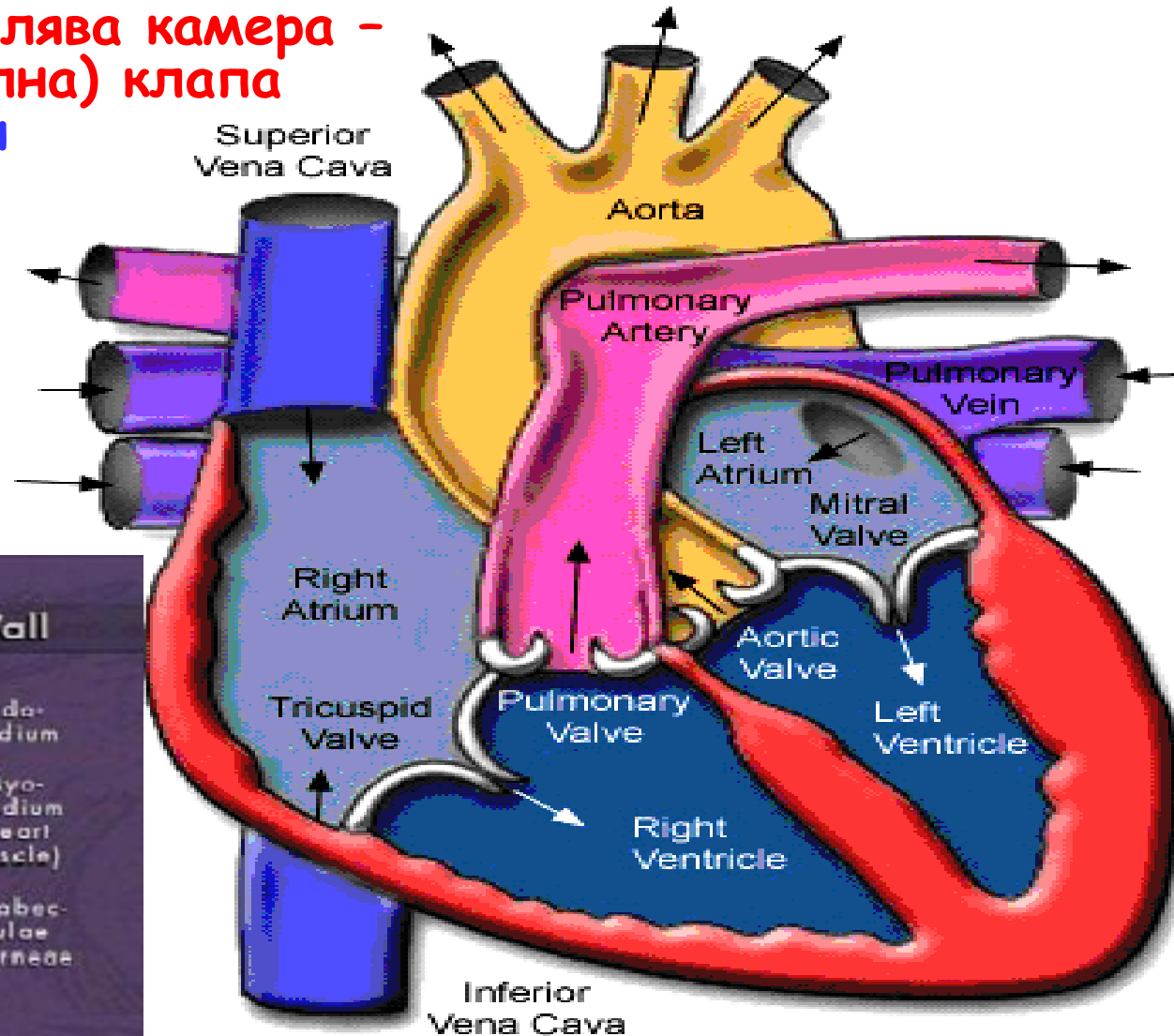
✓ **Дясно предсърдие и дясна камера - трикуспидална клапа**

■ **Стената 3 слоя:**

✓ **Ендокард**

✓ **Миокард**

✓ **Епикард**



□ Миокардът се обособява като трети вид мускулна тъкан, тъй като:

* Морфологично прилича на напречно-набраздения мускул

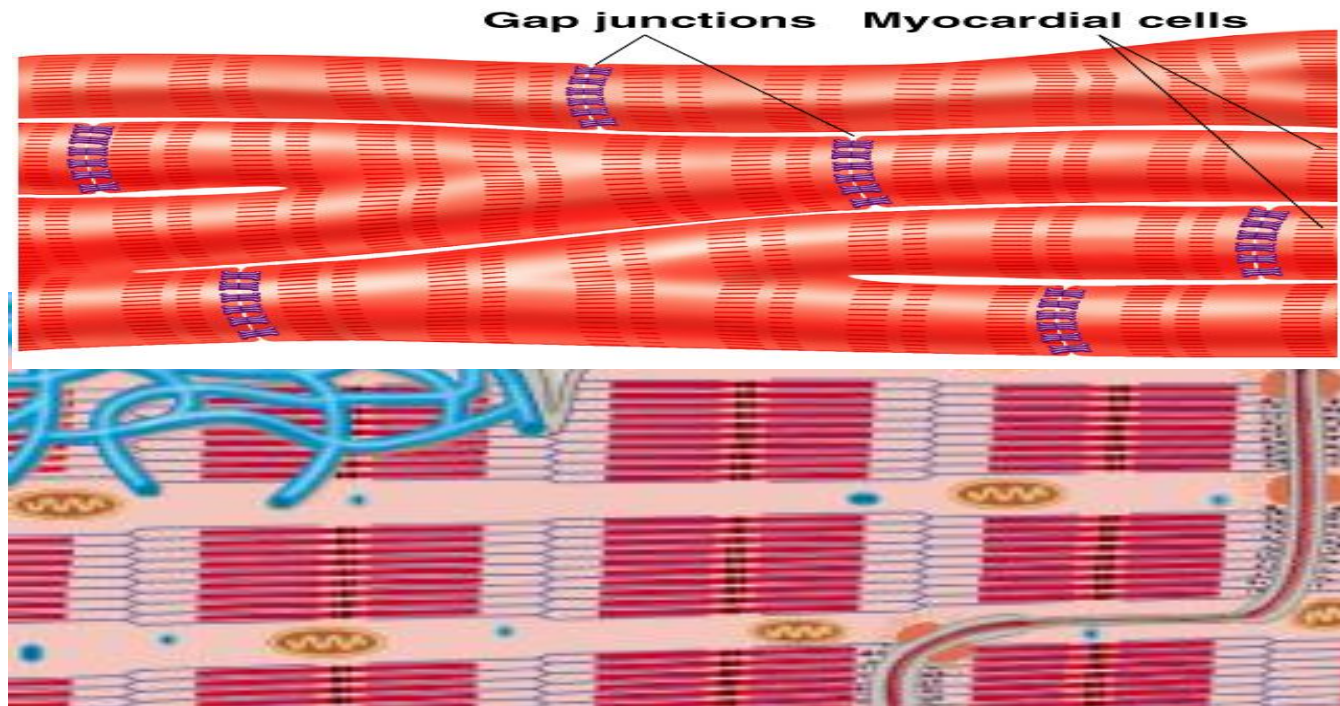
* Функционално прилича на гладките мускули

Морфология на миокарда

❖ 2 вида клетки:

✓ Работен миокард - предсърден и камерен

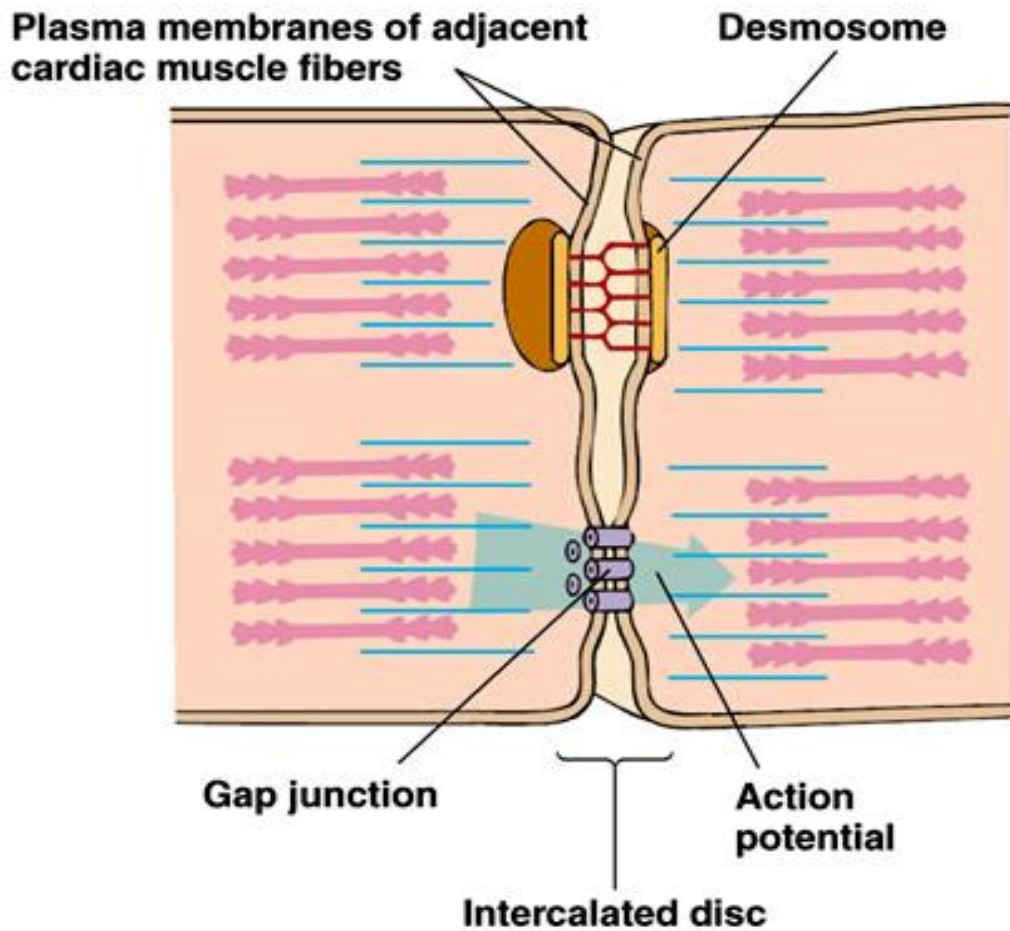
✓ Възбудно-проводна система



❖ **Дисковете съдържат 2 вида връзки:**

✓ **Проницаеми** - с ниско съпротивление, играещи роля на електрични синапси

✓ **Дезмозоми** - механични връзки



□ Морфологични разлики:

Миокардни мускулни клетки

Сравнително къси и тесни

Разклонени в края си

Свързани последователно с интеркалиращи дискове

Образуват анастомозираща мрежа - синцитиум

1 или 2 централни ядра

T тубули по-широки, но по-малък брой (Z мембрана) образуват по-често диади

Много митохондрии (25% от обема)

Всички са аеробни

Скелетни мускулни клетки

Много дълги и по-широки

Неразклонени

Липсват връзки помежду им

Всички миофибри са отделни самостоятелни единици

Множество периферни ядра

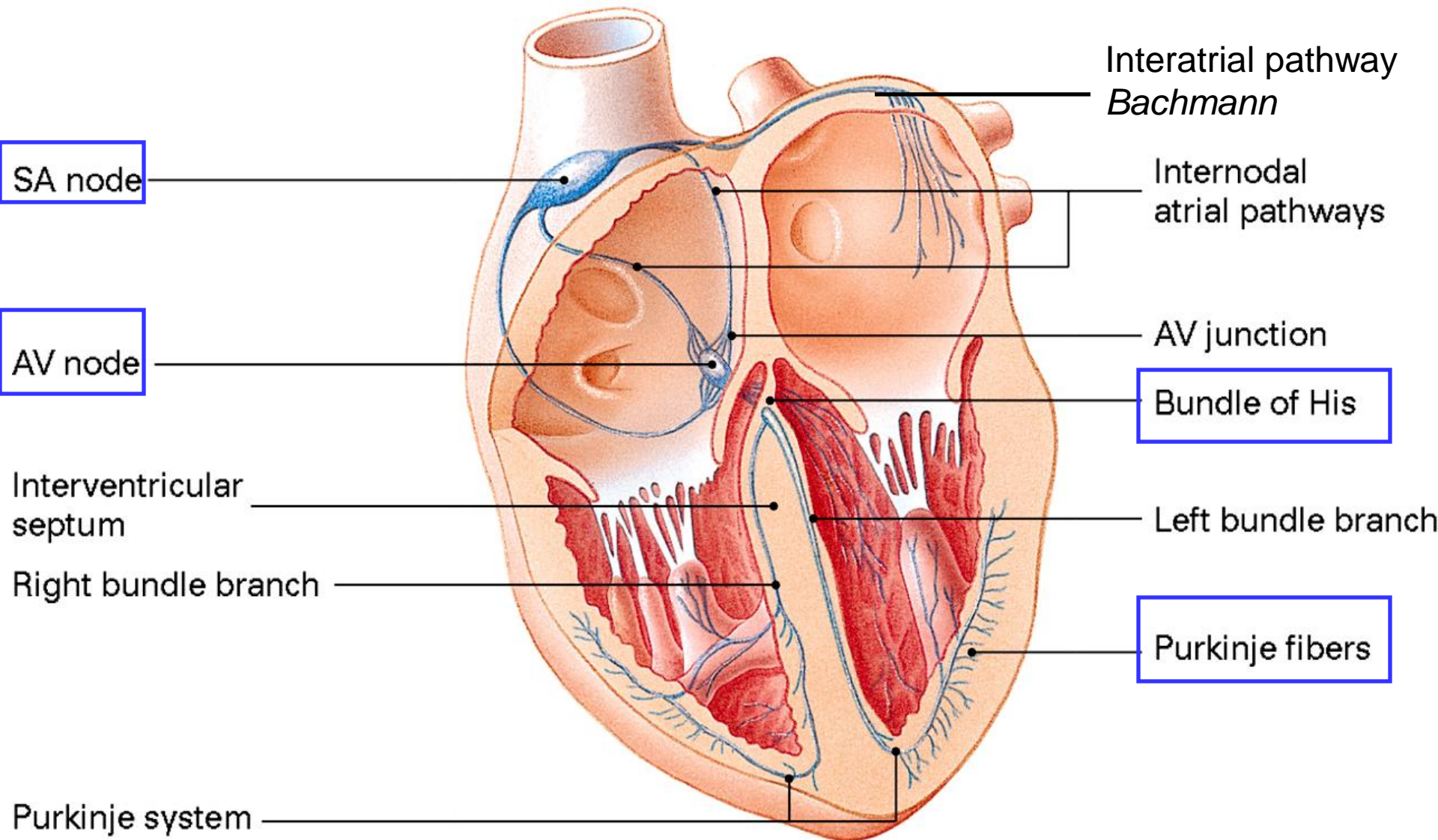
T тубули повече на брой при A/I зоната образуват триади

Малко митохондрии (2% от обема)

Аеробни и анаеробни

Възбудно-проводна система на сърцето

- ❖ Две основни функции:
- ✓ Ритмично възбуждане на сърцето (автоматия)
- ✓ Провеждане на възбудните импулси с подходяща скорост



Път на разпространение на възбудането в миокарда

Синусов възел Определя СЧ



Предсърден миокард Съкращение



А-V възел Забавяне



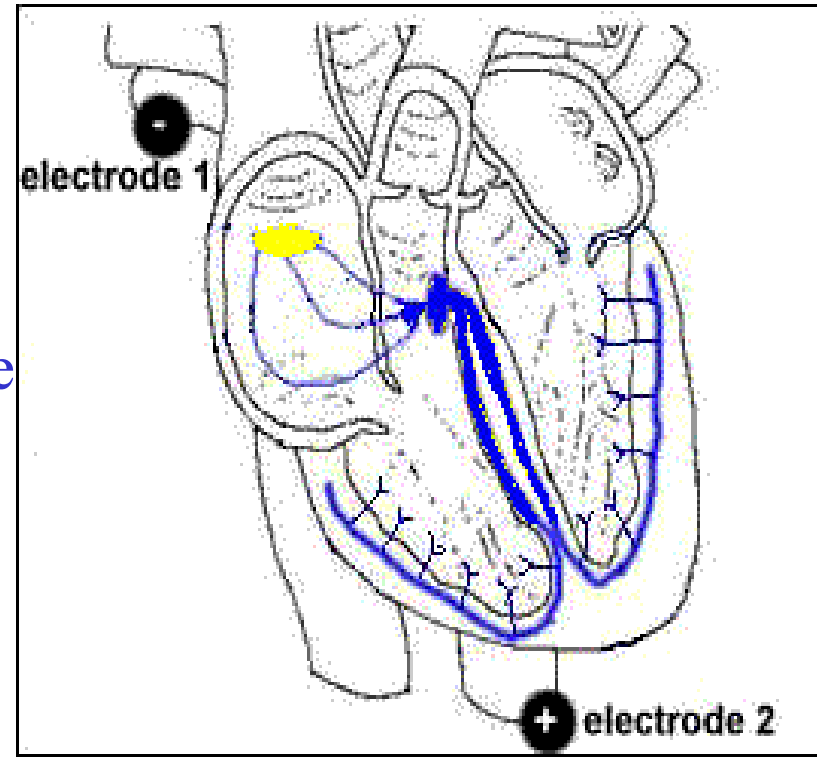
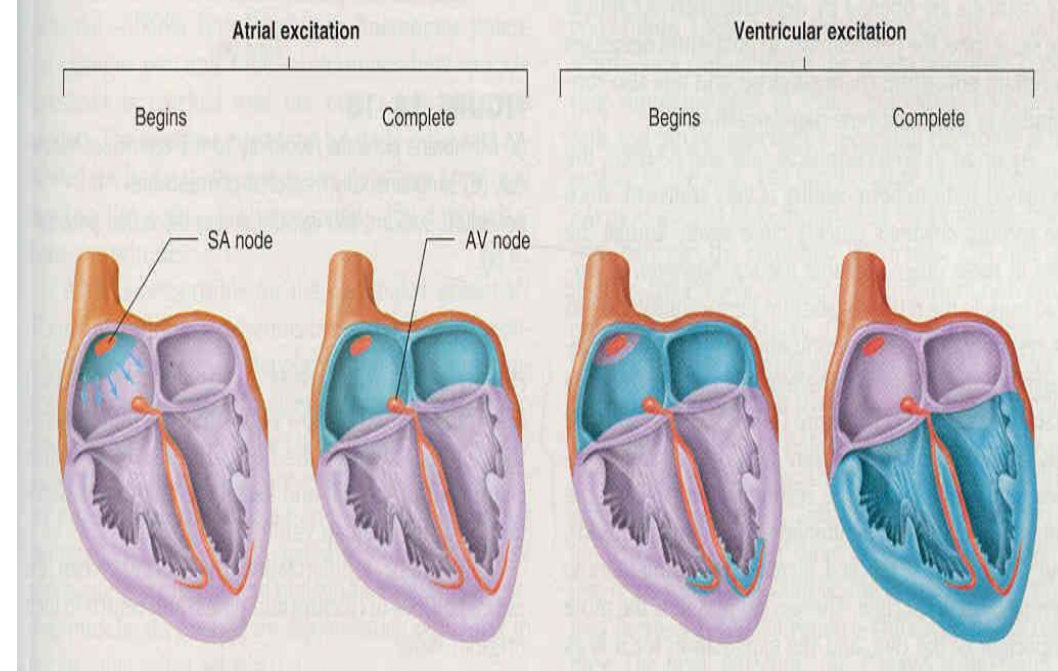
Снопче на Хис



Мрежа на Пуркиние Бързо разпространение



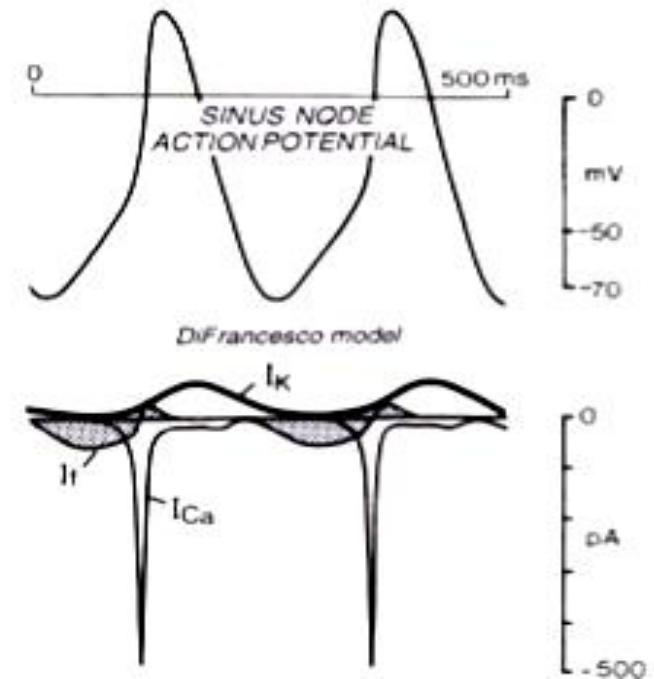
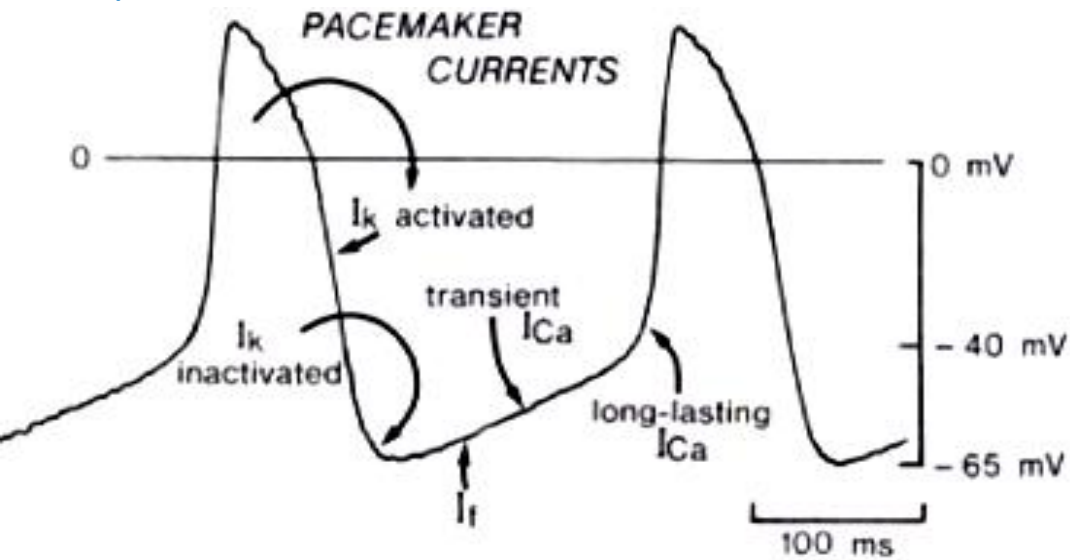
Камерен миокард Съкращение



□ Синоатриалният (синусовият) възел е пейсмейкъра на сърцето. Неговият собствен ритъм е 100-115 /мин при липса на външни влияния. Под влияние на вагуса обаче нормалната СЧ в покой е 60-80/мин.

❖ Пейсмейкърният потенциал (спонтанната диастолна деполяризация) се състои от 3 йонни тока:

- ✓ I_f (I_h) - катионен ток (Na^+ и K^+), който се активира при хиперполяризация на клетъчната мембрана
- ✓ $I_{Ca^{2+}}$ -отваряне на T тип Ca^{2+} канали при деполяризация
- ✓ I_{K^+} - плавно намаляване на K^+ ток по време на диастола

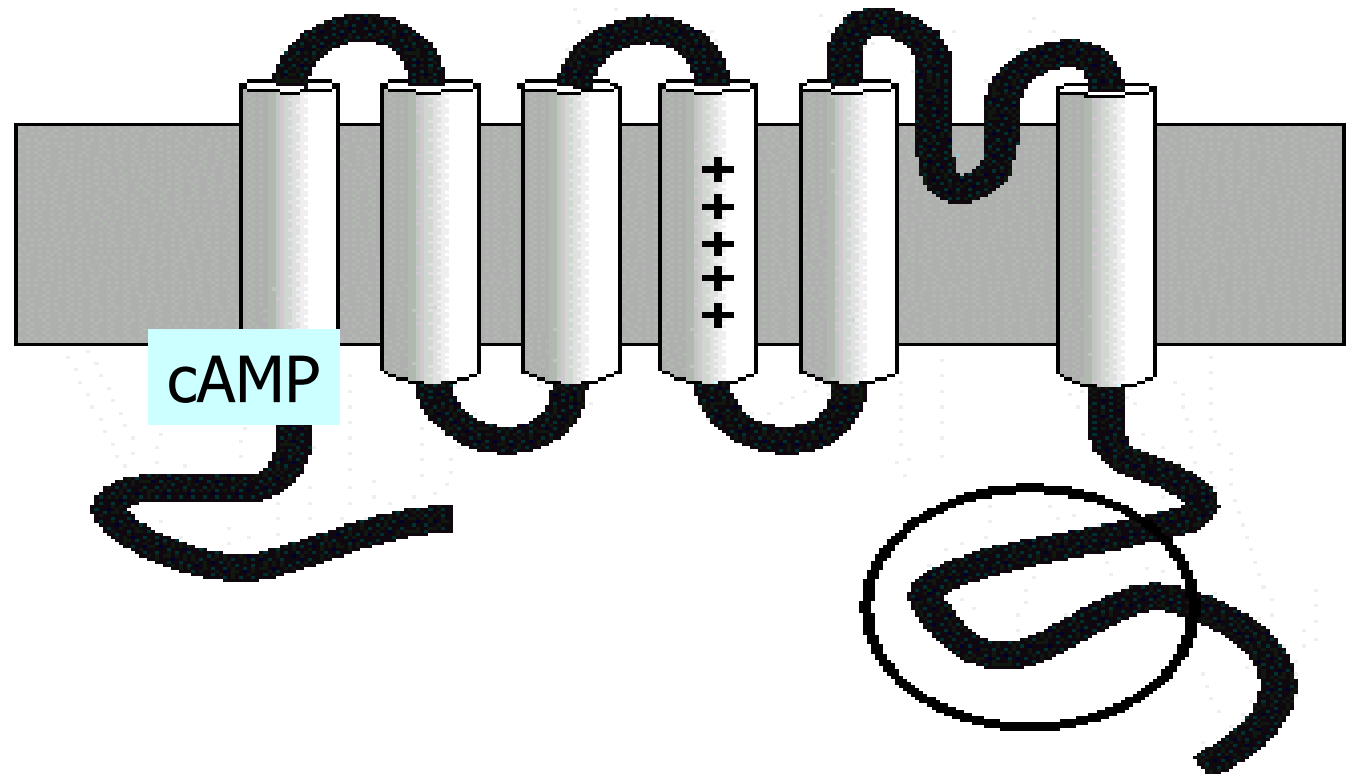


Пейсмейкърен катионен канал

Нарича се:

- ✓ Странен (*funny*) канал
- ✓ Хиперполяризиционно-активиран цикличен-нуклеотид зависим канал, тъй като cAMP го отваря

Той пропуска Na^+ и K^+ , но за разлика от останалите катионни канали се отваря при хиперполяризация на мембраната и се затваря при деполяризация



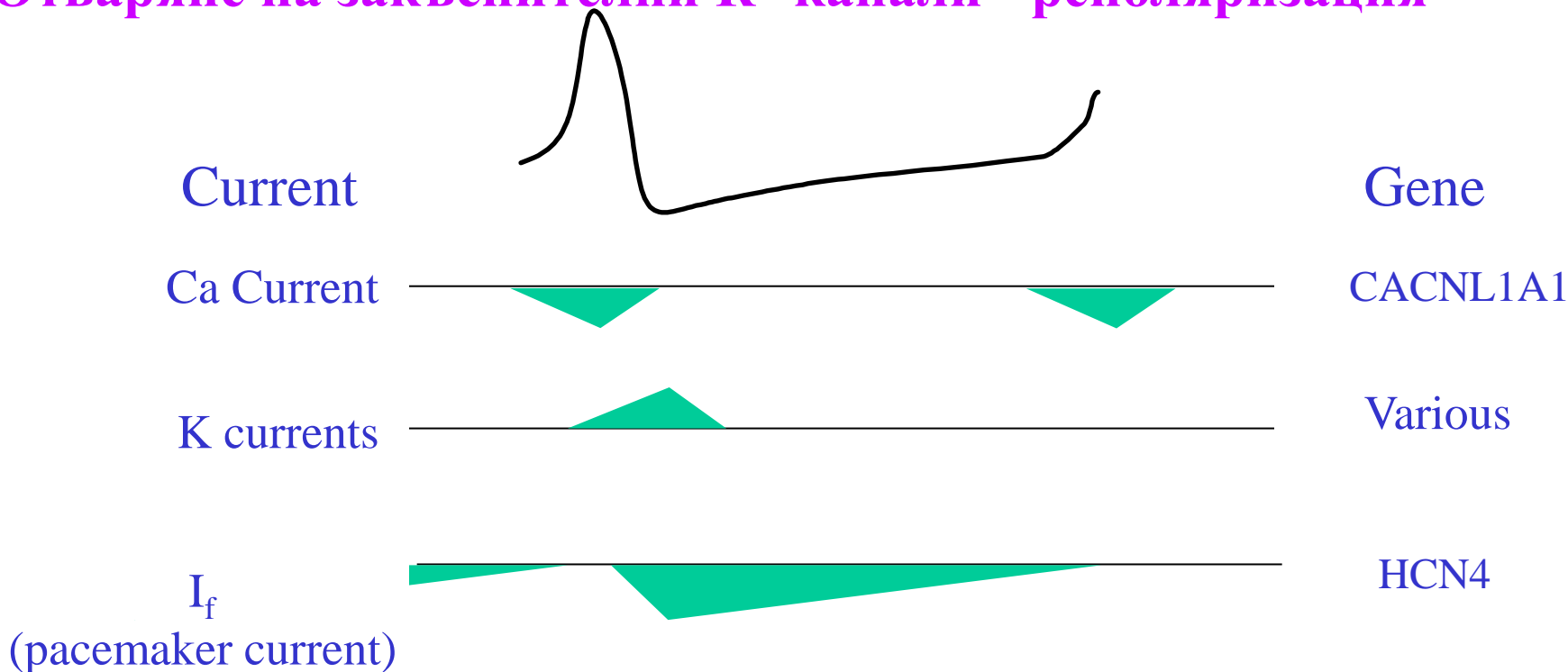
cloned in 1998

Промени в потенциала на клетките в СА възел

❖ **Акционният потенциал е бавен и се дължи на:**

➤ **Отваряне на бавни L-тип Ca^{2+} канали – деполяризация**

➤ **Отваряне на закъснителни K^+ канали - реполяризация**



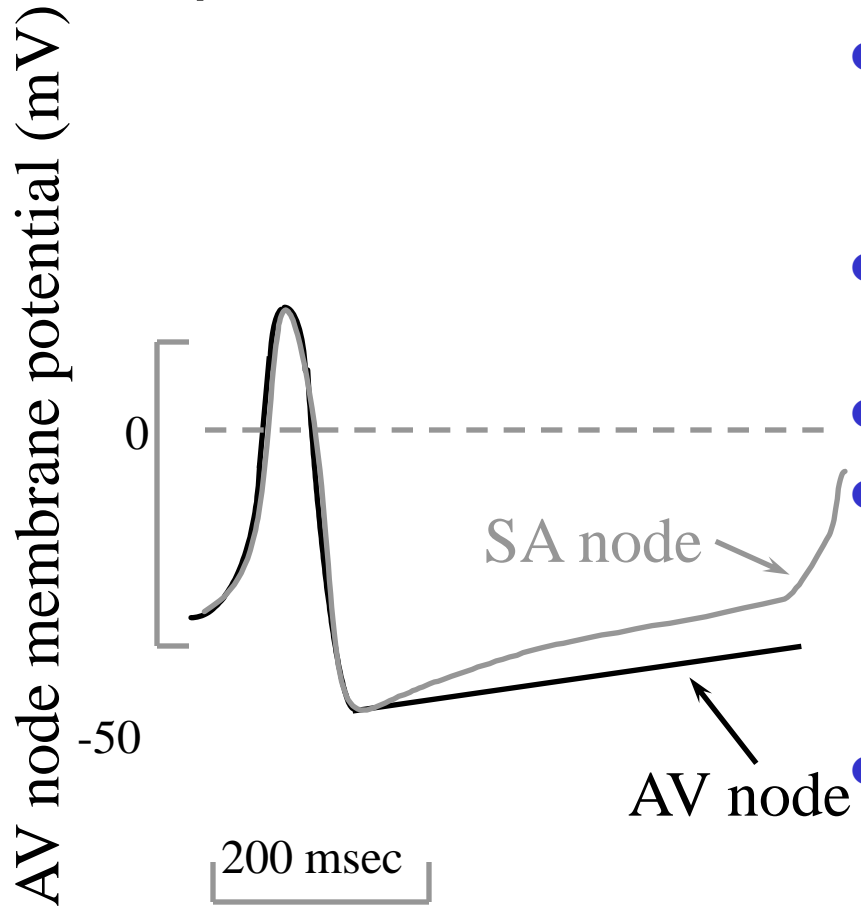
❑ **Честотата на генерираните АП зависи от:**

✓ **Скоростта на диастолен деполяризация**

✓ **Максималния Ем по време на диастола**

✓ **Критичния праг на деполяризация**

Промени в потенциала на клетките в АВ възела



- По-ниска спонтанна честота 40-60/мин, поради по-бавна диастолна деполяризация
- Латентен пейсмейкър – автоматията му е потисната
- Бавен AP подобно на СА възел
- Бавна скорост на провеждане поради: бавния AP и малките размери на клетките с малък брой проницаеми връзки.
- Това забавяне от 0.1 сек е необходимо за завършване съкращението на предсърдията

❖ Автоматията на латентните пейсмейкъри се проявява при:

✓ Потисната автоматия на основния пейсмейкър (СА възел)

✓ Блокирано провеждане на възбудането от основния пейсмейкър

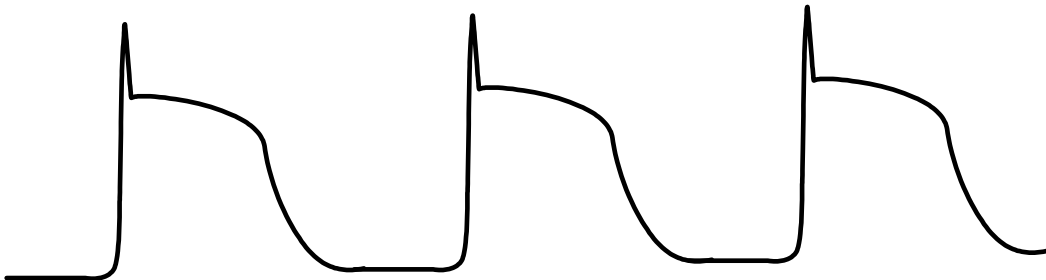
✓ Патологично увеличена собствена честота на латентния пейсмейкър, която става по-висока от тази на основния

❖ Снопче на Хис

✓ Единствената функционална връзка между предсърдия и камери – служи като атриовентрикуларен път.

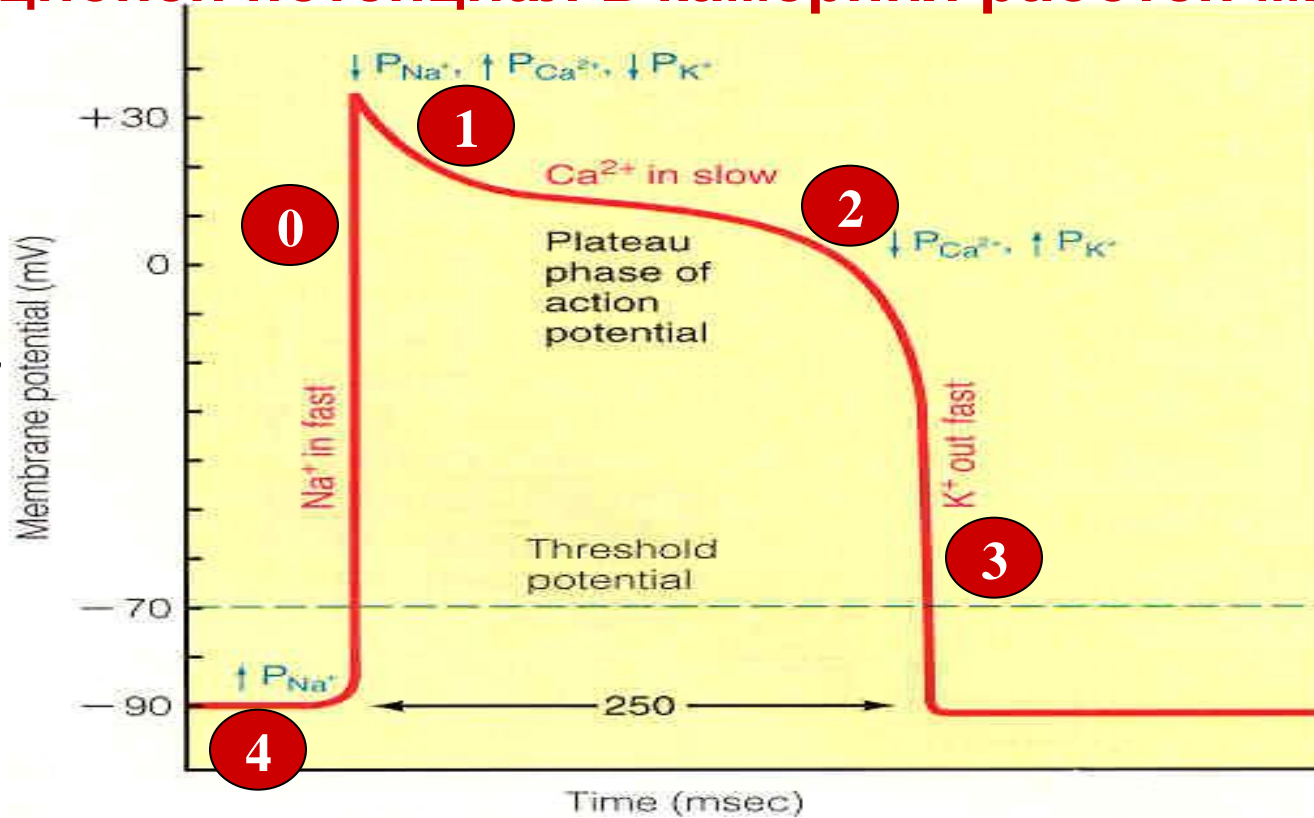
❖ Мрежа на Пуркиние

- ✓ Най-дебели влакна с най-много проницаеми връзки
- ✓ Най-голяма скорост на провеждане (4-5 m/s)
- ✓ Ниска собствена честота – 20-40 /min
- ✓ Продължителен AP, с бърза деполяризация и забавена реполяризация фаза.



Акционен потенциал в камерния работен миокард

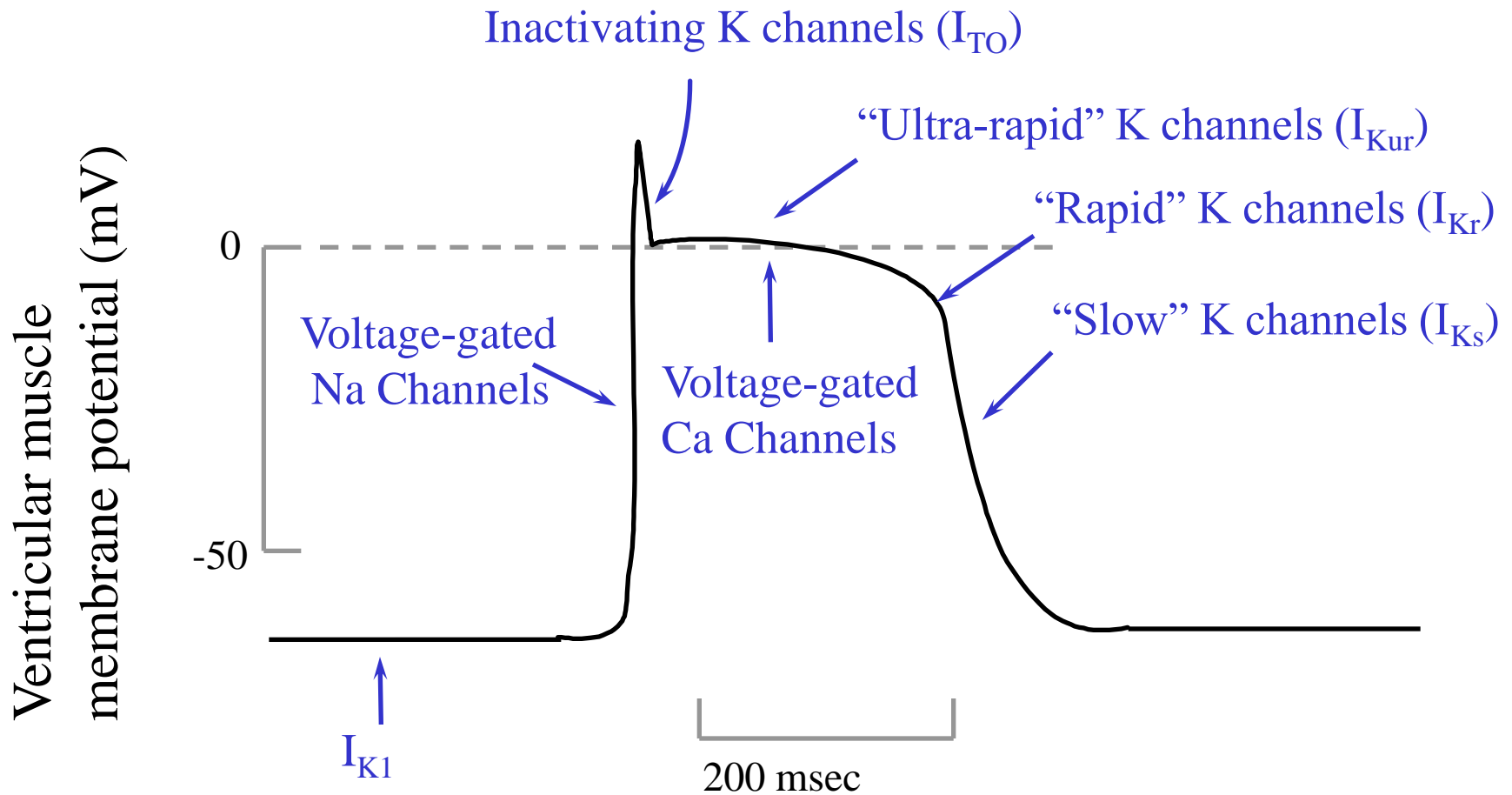
Sherwood 1997



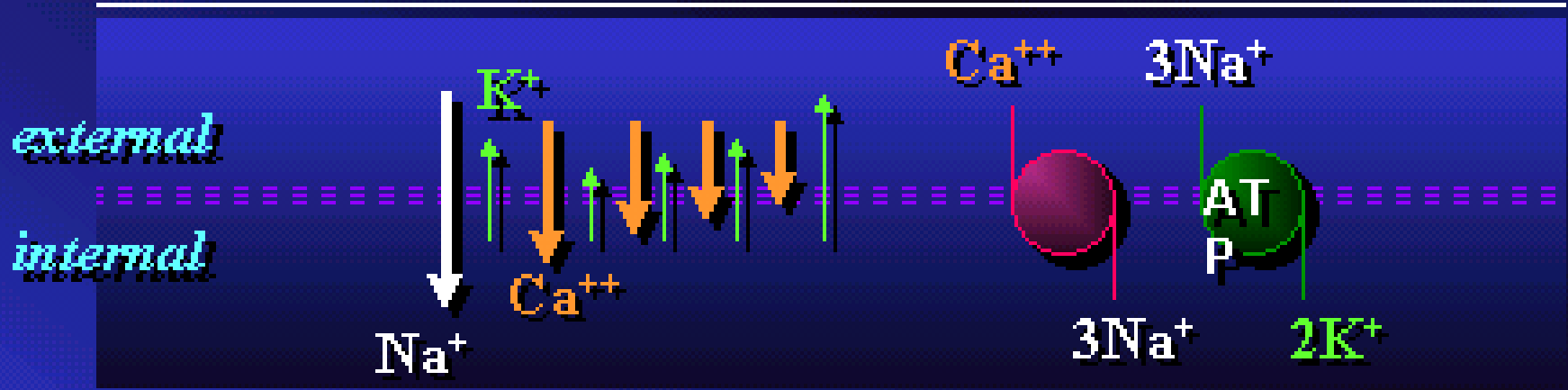
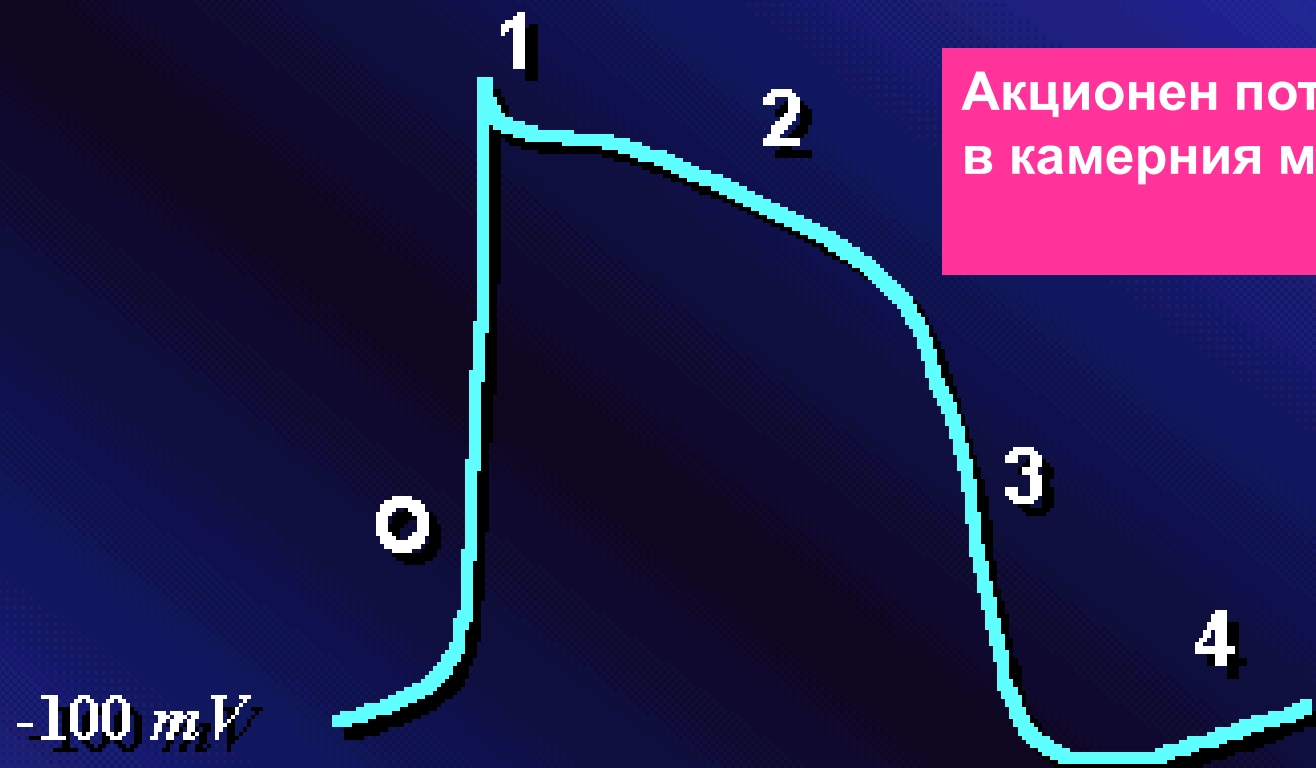
Phases of the Myocardial Action Potential

Phase 4	• resting potential of myocyte interior	-90 mV
Phase 0	• rapid depolarisation	+20 +30 mV
Phase 1	• rapid repolarisation	0 to +10 mV
Phase 2	• plateau	0 to +10 mV
Phase 3	• repolarisation	-95 to 90 mV

Йонни канали в камерните мускулни клетки, участващи в генерирането на АП



Акционен потенциал
в камерния миокард



Провеждане на възбудването

➤ По възбудно-проводната система

❖ Скоростта на провеждане пряко зависи от скоростта на нарастване и амплитудата на АП

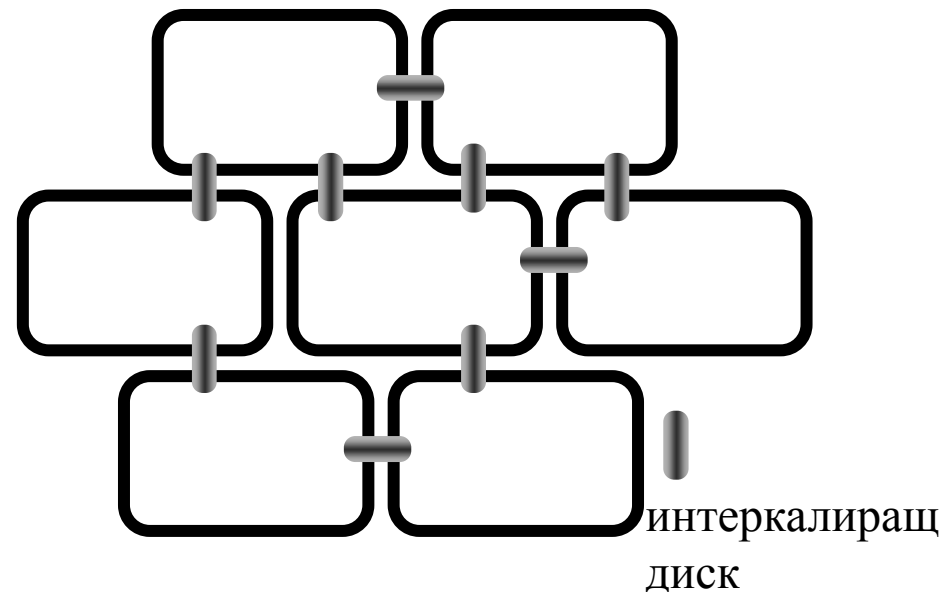
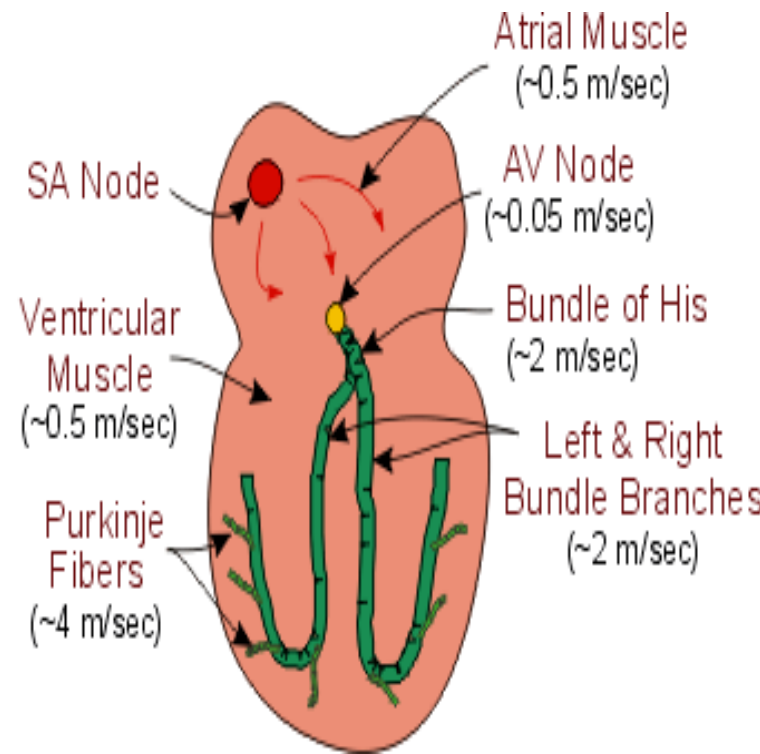
При продължителна деполяризация на мембраната (хиперкалиемия, исхемия) поради инактивация на Na канали се генерират само бавни АП и скоростта на провеждане намалява драстично

➤ Чрез интеркалиращите дискове (електрични синапси) между кардиомиоцитите

❖ Скоростта на провеждане зависи от броя и проницаемостта на тези дискове

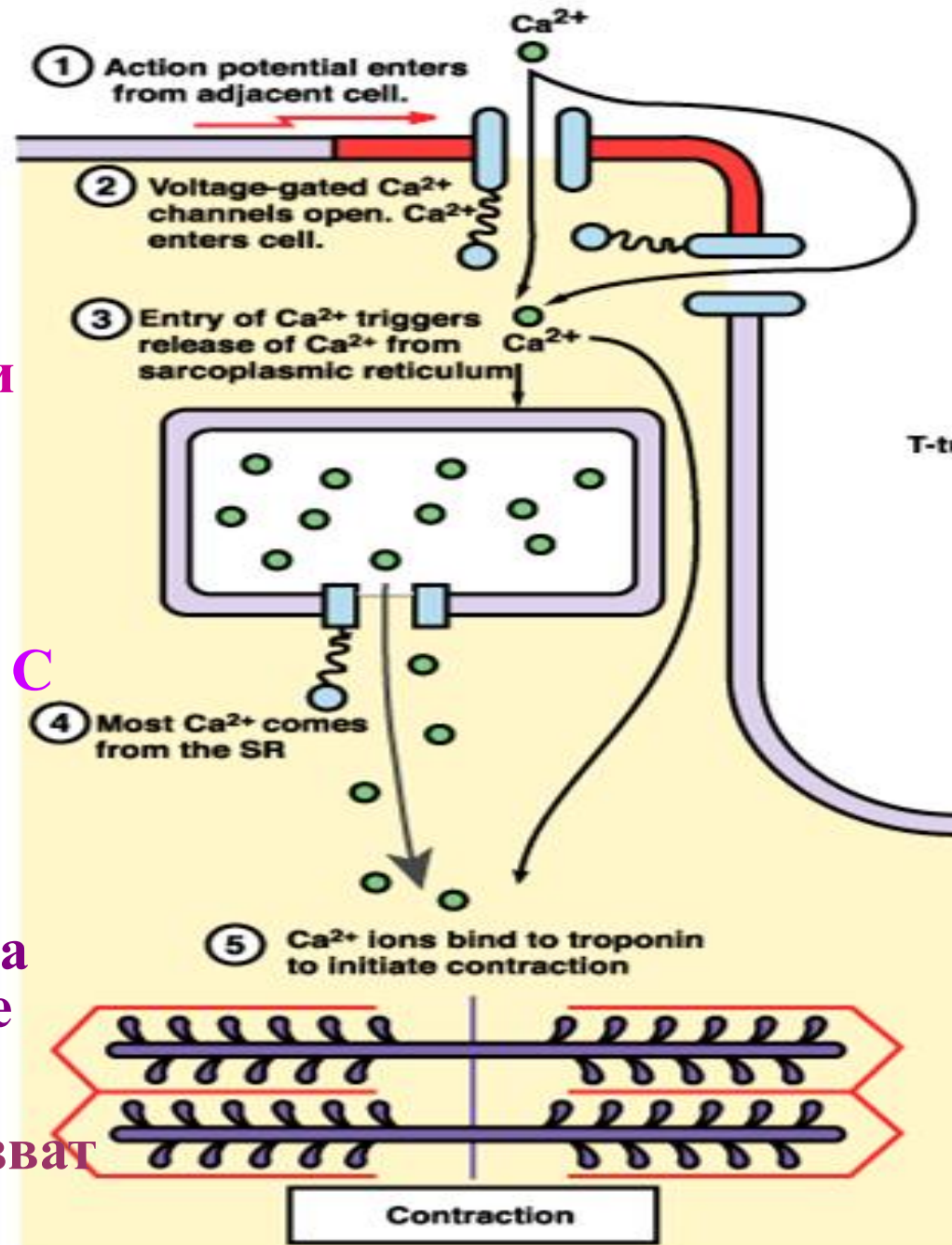
❑ Най-голяма скорост - мрежа на Пуркиние

❑ Най-малка скорост - АВ възел



Електромеханично куплиране в миокарда

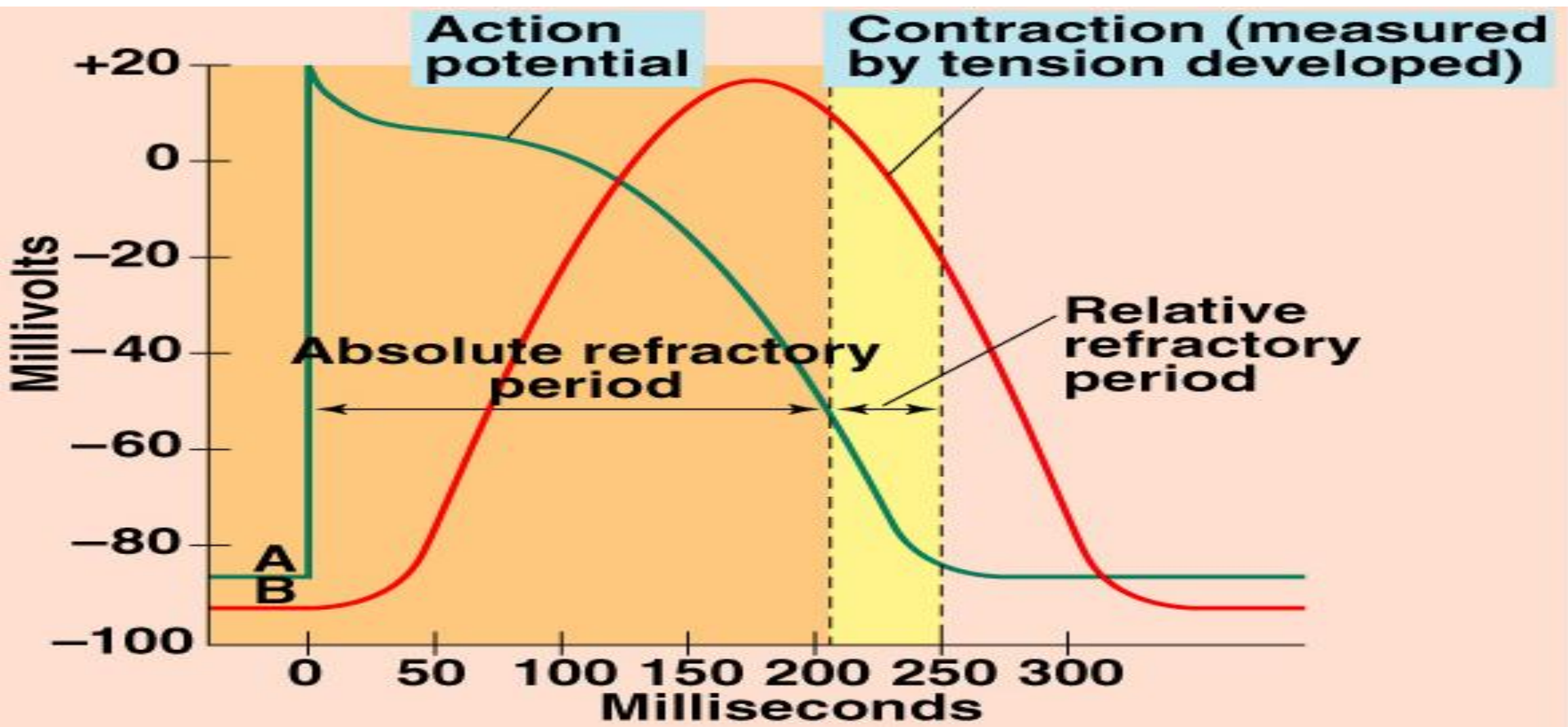
1. АП се разпространява по мембраната
2. Деполяризацията отваря L-тип Са канали
3. Навлезлите Ca^{2+} взаимодействат с рианодинови рецептори и отварят Ca^{2+} канали в мембраната на СР
4. Освобождават се Ca^{2+} от СР
5. Ca^{2+} се свързват с тропонин С
6. Отстранява се инхибиторното действие на тропонин I върху актина
7. Тропомиозинът се премества и открива активните центрове на актина
8. Миозиновите глави се свързват с актина → съкращение



Продължителност на АП и съкращението на миокарда

➤ Съкращението започва няколко ms след началото на АП и завършва след края на платото.

✓ Периодът на съкращение съвпада с абсолютно рефрактерния период на АП. Не е възможно сумиране на съкращенията по типа на тетануса.



Функционални разлики между

Миокард

Скелетни мускули

Закон за "всичко или нищо"

Важи поради възможност за разпространение на възбудането от клетка в клетка

Не важи. При по-слабо дразнене се възбудят по-малък брой влакна

Възбуждане

Спонтанно - автоматия

Под влияние на импулси от двигателните нерви

Сумиране на съкращенията

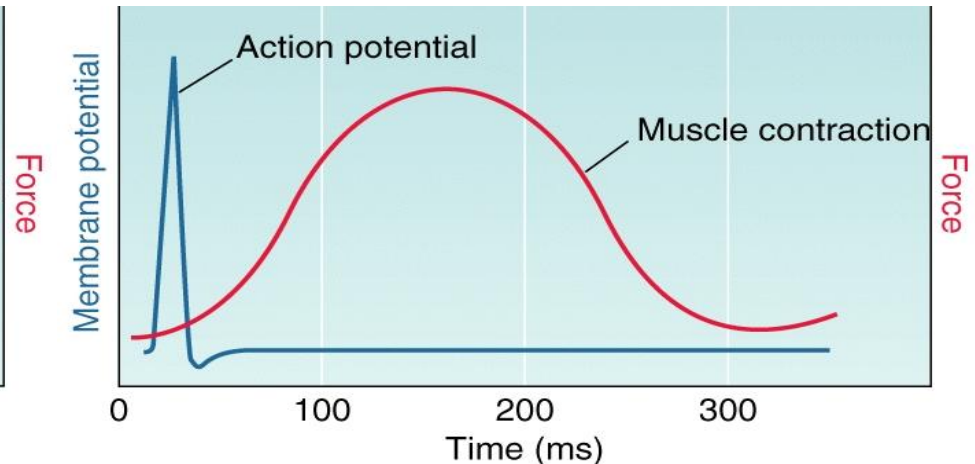
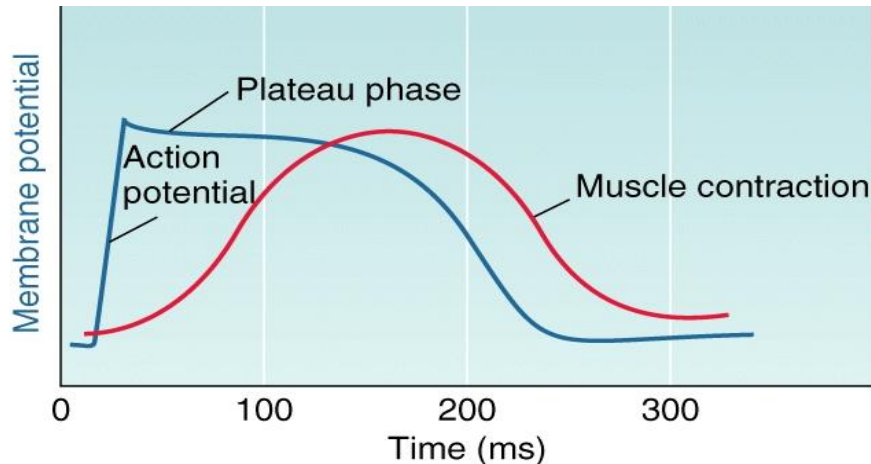
Невъзможно поради дълъг АРТ (250-300 ms), продължаващ през цялата систола

Възможно поради по-късия АРТ (2-3 ms) от периода на съкращение

Регулиране силата на съкращенията чрез:

Промяна в $[Ca^{2+}]_i$
Промяна в чувствителността към Ca^{2+} на регулаторните белтъци

Промяна в броя на възбудените двигателни единици
Промяна в честотата на АП и сумиране на съкращенията (тетанус)



Електрокардиограма

ЕКГ е запис на сумарната потенциалната разлика, възникваща по време на де- и реполяризацията на сърцето, отведена от повърхността на тялото.

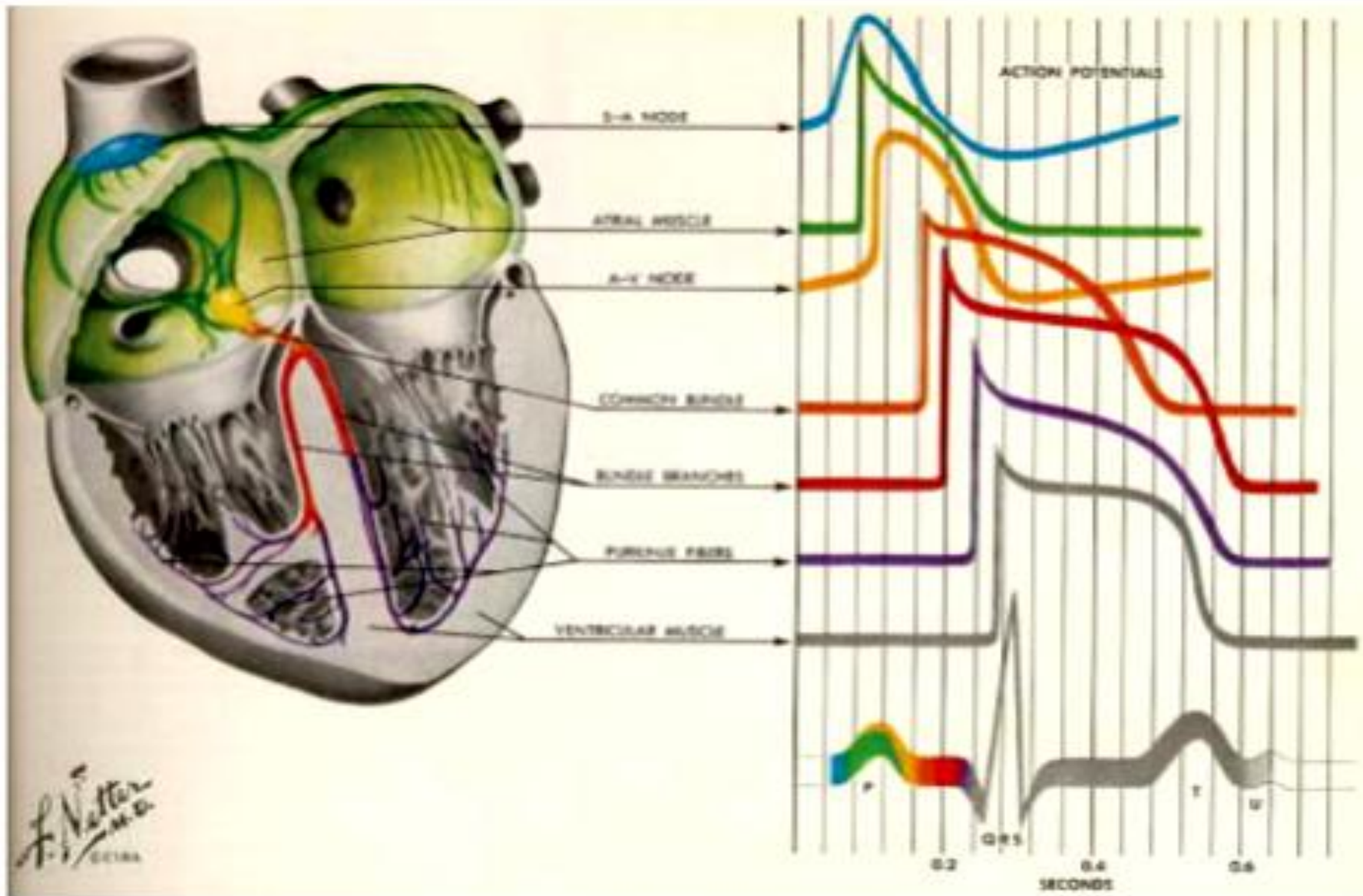


Willem Einthoven (1860-1927) and Thomas Lewis (1881-1945)

*While **Einthoven** must be looked upon as the inventor of electrocardiography, **Lewis** should be remembered as the promoter of its clinical application and the father of clinical cardiac electrophysiology.*

Early ECG apparatus developed by *Cambridge Scientific*

Произход на ЕКГ

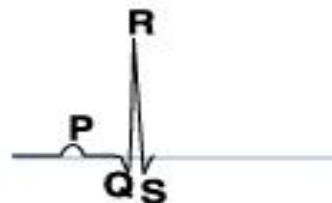




P wave



S wave



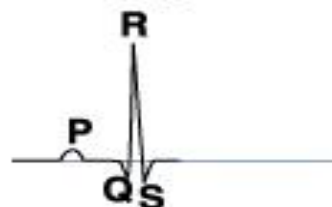
PQ segment



Atria contract



ST segment



Ventricles contract



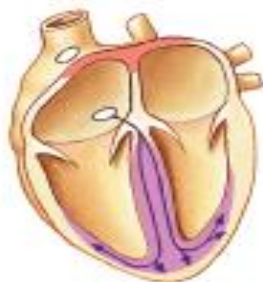
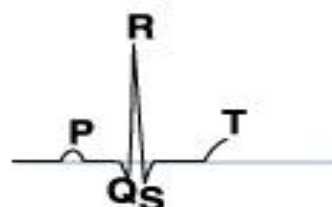
Q wave



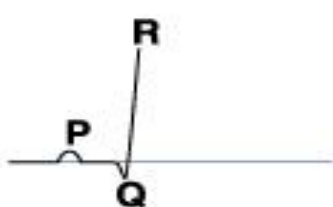
sys



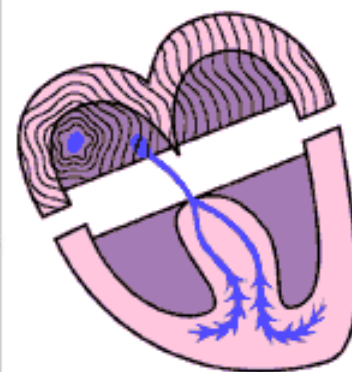
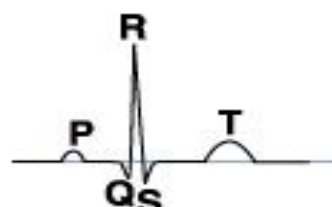
T wave



R wave



The end



P wave



Регистриране на ЕКГ

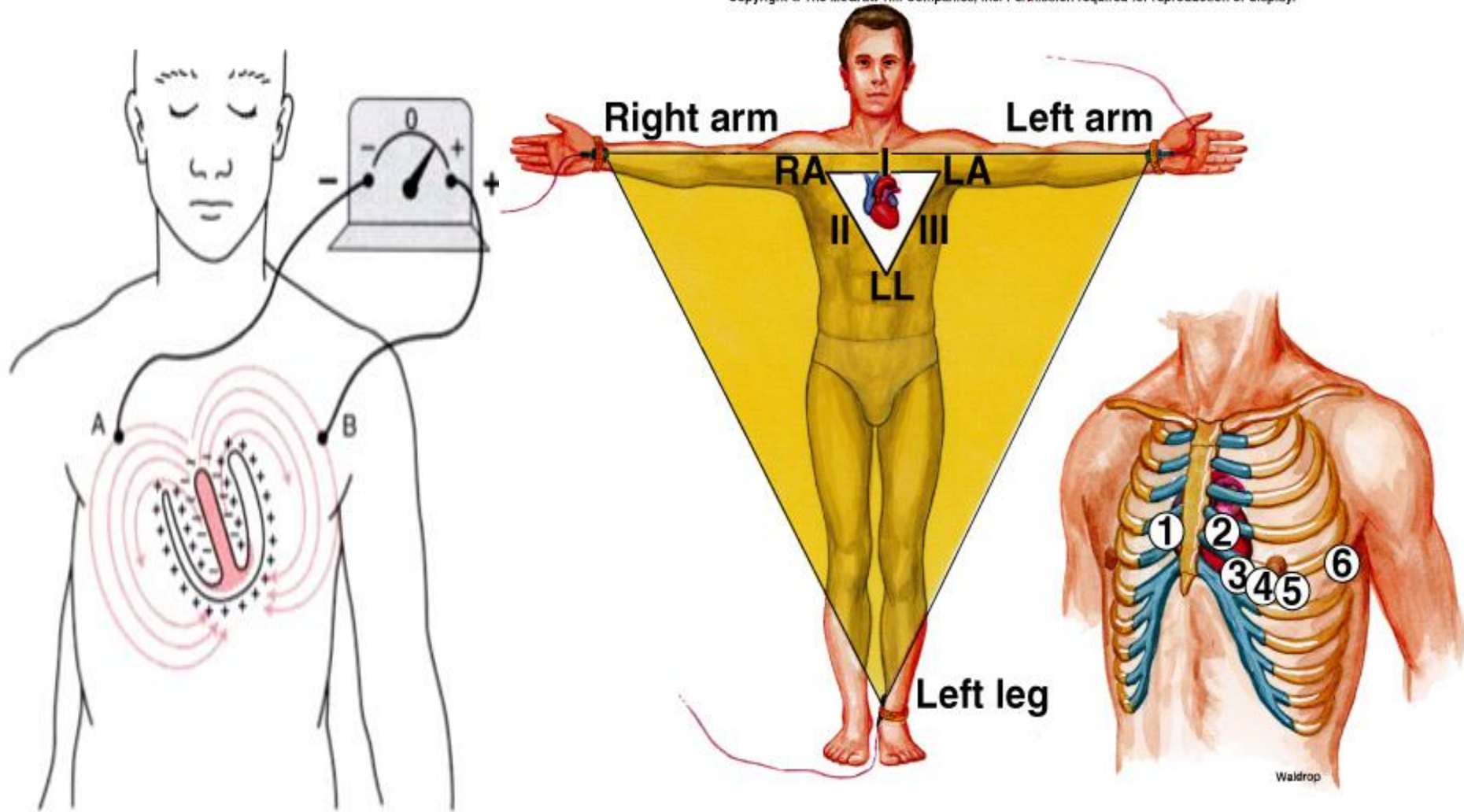
➤ 2 вида отвеждания – биполярни и униполярни

✓ Биполярни (стандартни) – I, II и III

✓ Униполярни – AVR, AVL, AVF; V₁ – V₆

Общо 12

отвеждания



Отвеждания от крайниците във фронталната равнина

Отвежданията от крайниците могат да се нанесат в обща кръгова координатна система:

I отвеждане = 0°

II отвеждане = $+60^\circ$

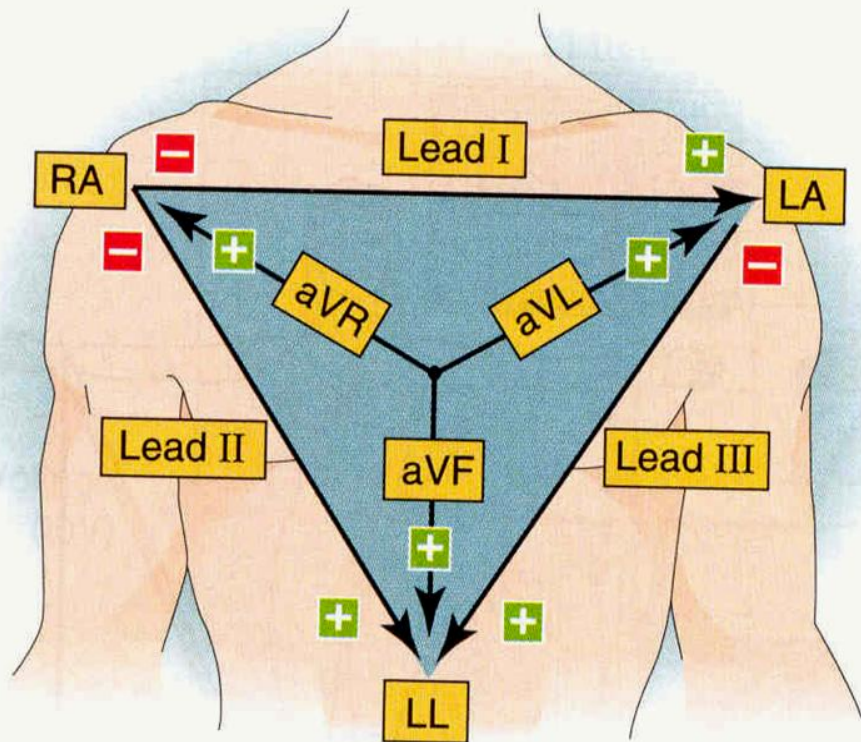
III отвеждане = $+120^\circ$

$aVL = -30^\circ$

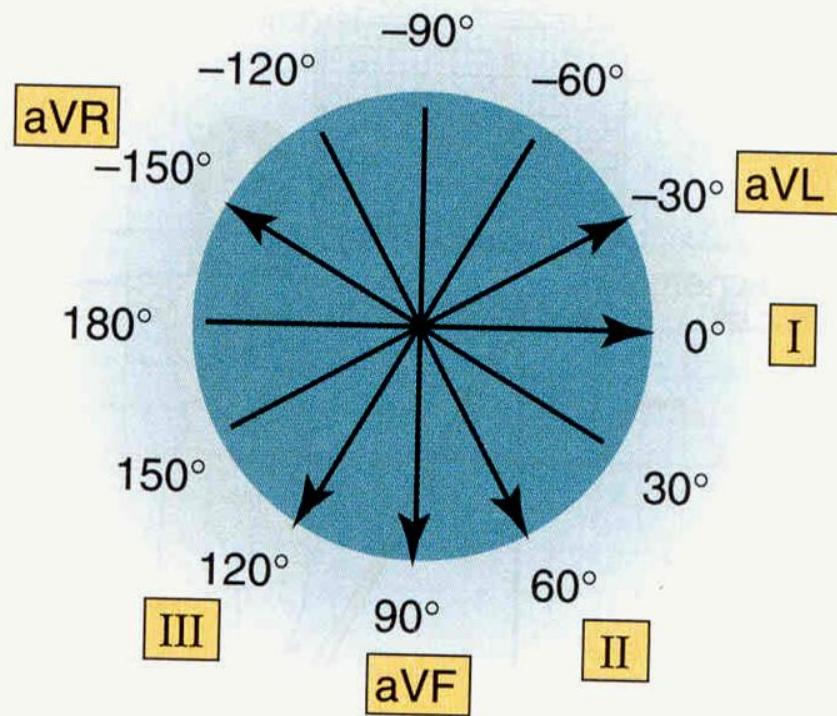
$aVF = +90^\circ$

$aVR = -150^\circ$

A EINTHOVEN'S TRIANGLE

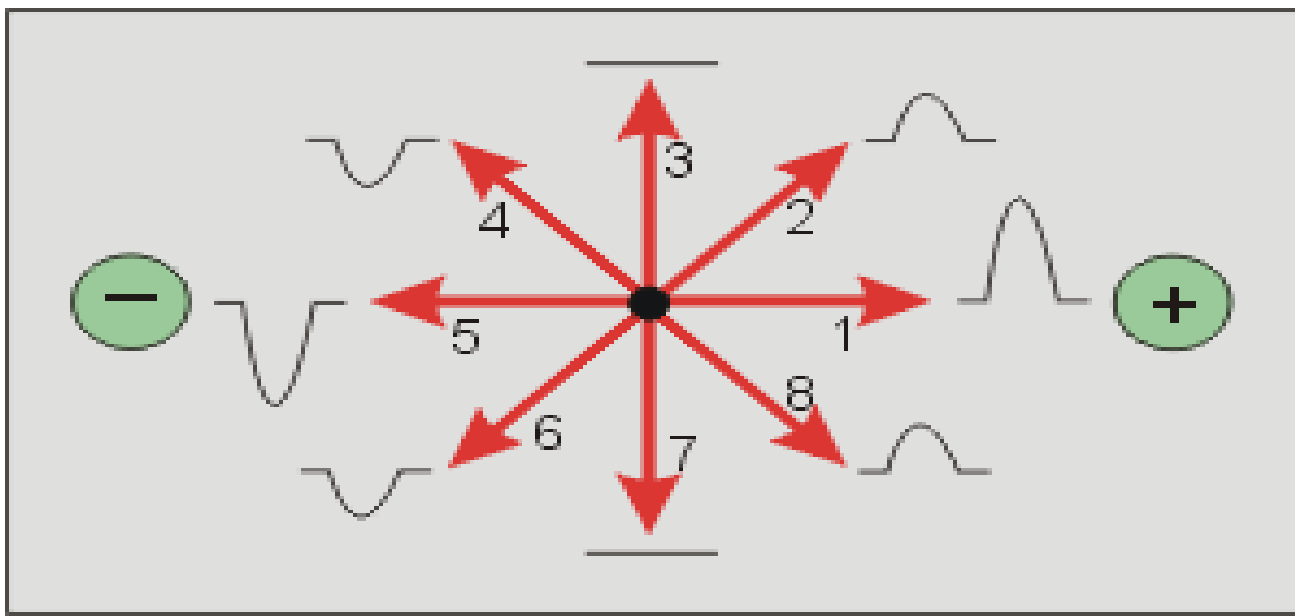


B CIRCLE OF AXES

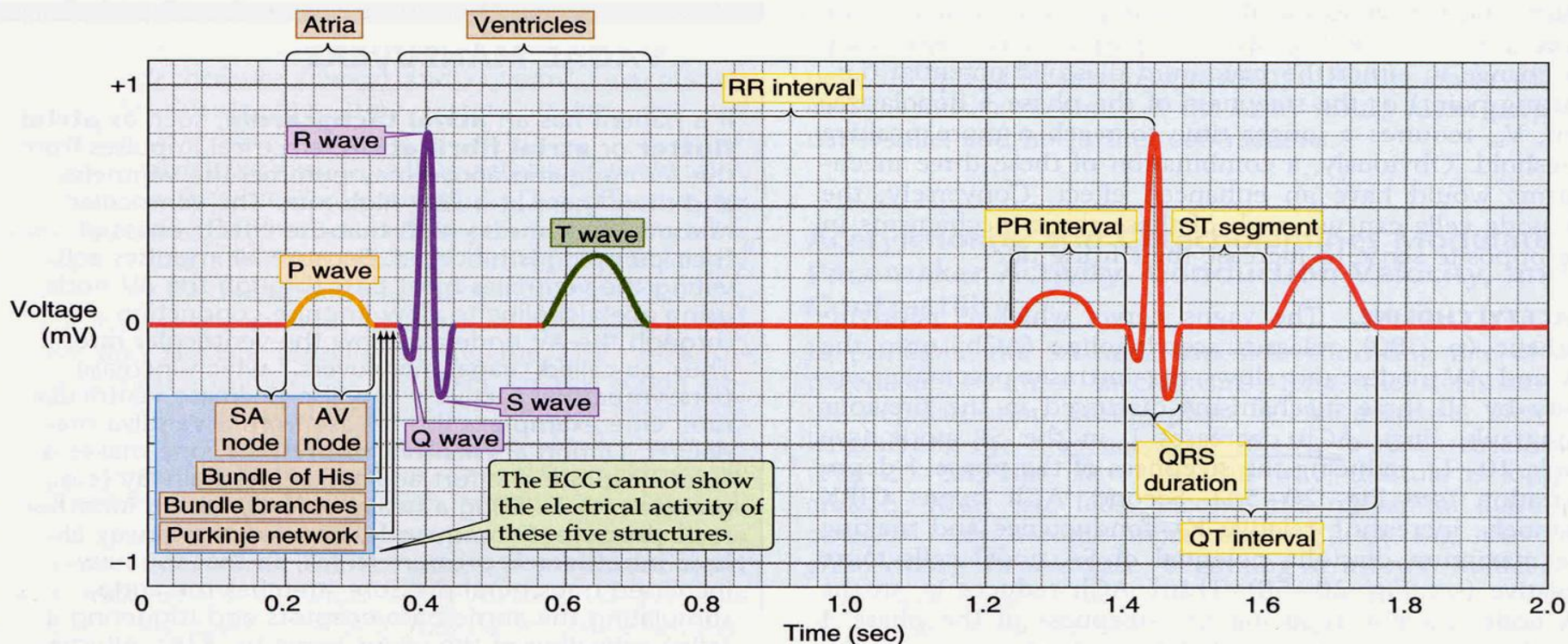


ЕКГ правила

- ✓ Вълна на деполяризация, движеща се **към +** електрод води до позитивно (нагоре) отклонение в ЕКГ записа.
- ✓ Вълна на деполяризация, движеща се **навън** от **+** електрод води до отрицателно (надолу) отклонение в ЕКГ записа.
- ✓ Амплитудата на измерения потенциал зависи от ориентацията на електричния вектор спрямо оста на отвеждането. Тя е най-голяма, когато те са успоредни.
- ✓ Вълна на де- или реполяризация, движеща се перпендикулярно на оста на отвеждането, не дава отклонение в ЕКГ записа.
- ✓ Амплитудата зависи пряко от масата на тъканта, която се де- или реполяризира.

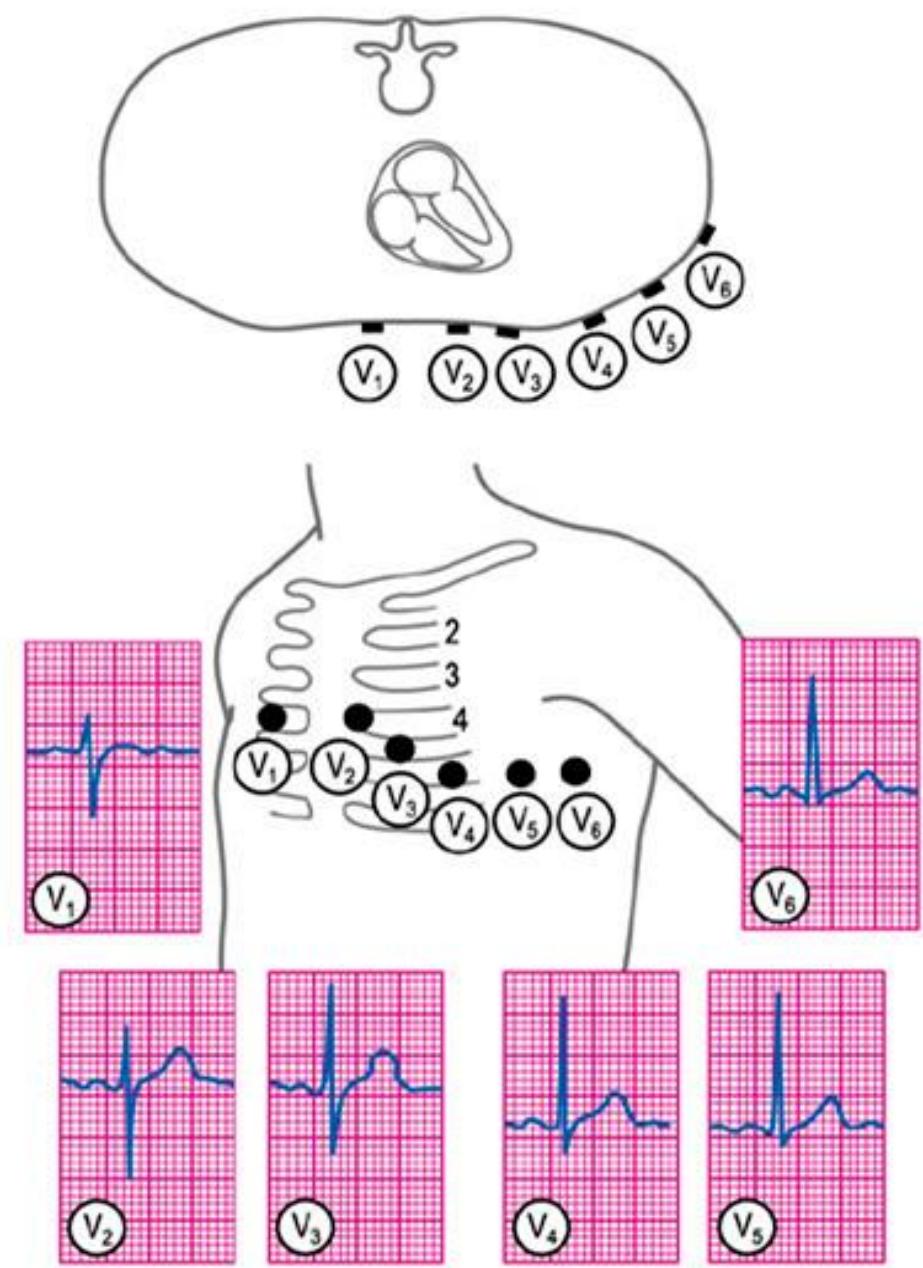
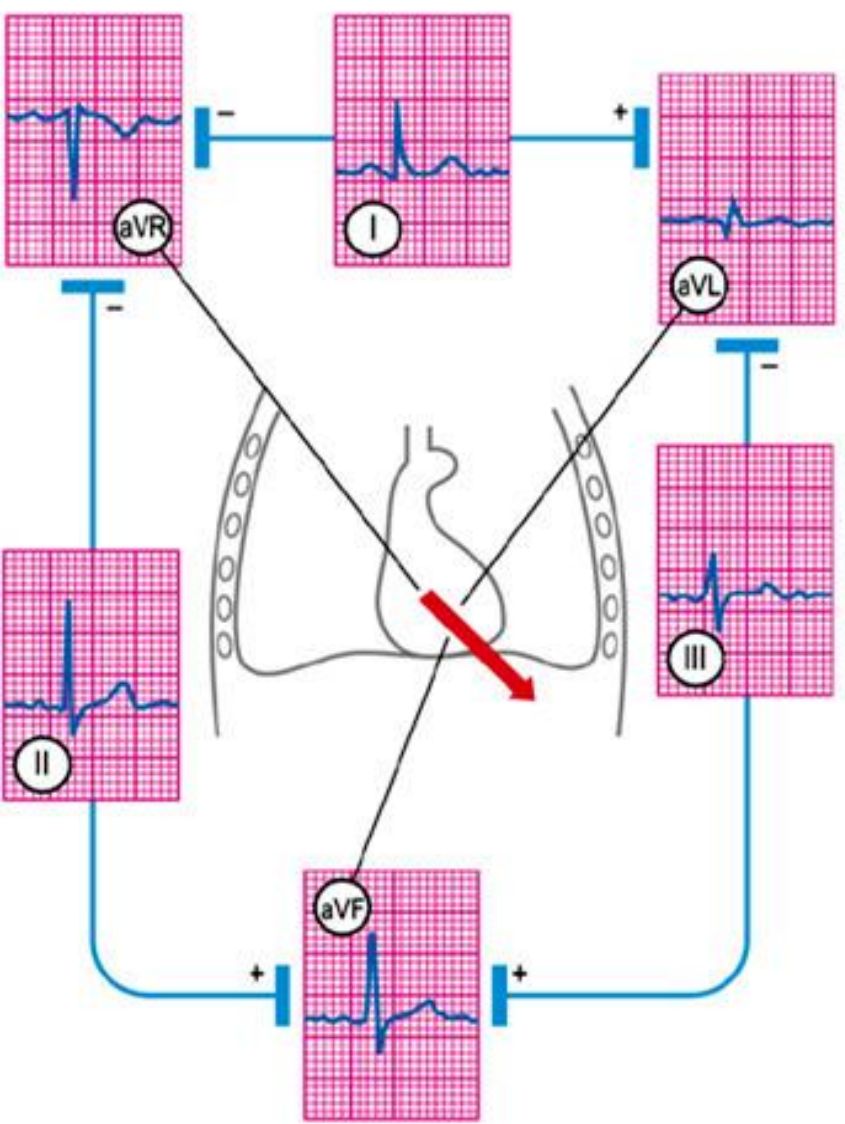


Нормална ЕКГ



- **P вълна – предсърдна деполяризация. Норма: 0.06 – 0.12 s**
- **PQ (PR) интервал (проводно време) – провеждане на възбудането от предсърдия до камери. Норма: 0.12 – 0.20 s**
- **QRS комплекс – деполяризация на камерите. Норма: 0.05 – 0.10**
- **ST сегмент – пълна деполяризация на камерите**
- **T вълна - реполяризация на камерите**
- **QT интервал – възбудане (де-и реполяризация) на камерите**
Норма: 0.42 s коригиран по формула на Bazet: $QT (s) / \sqrt{RR (s)}$

Амплитудата на вълните и зъбците в ЕКГ е много различна в различните отвеждания



Моментна и средна електрична ос

➤ Моментната електрична ос е посоката на оста, свързваща точките с най-голямата потенциална разлика в даден момент от де- или реполяризацията на предсърдията или камерите.

□ ЕКГ представлява запис на проекцията на вектора на моментната електрична ос върху оста на ЕКГ отвеждането.

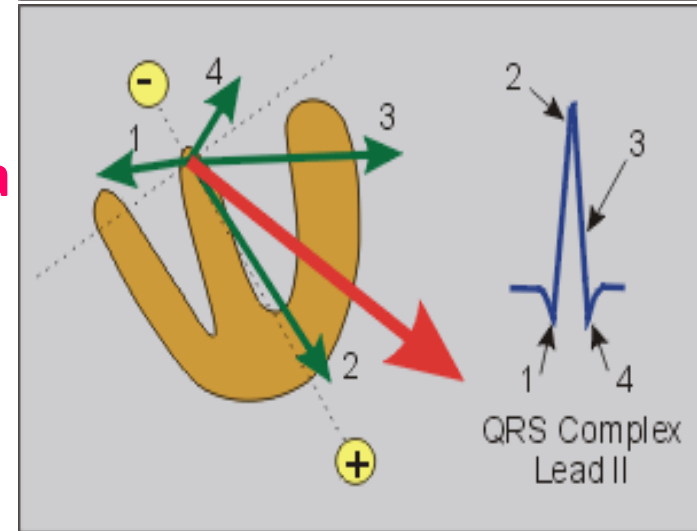
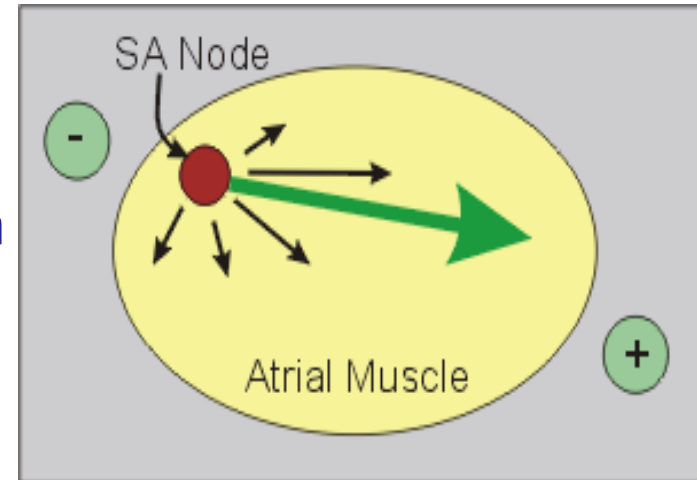
➤ Средната електрична ос е доминиращата посока на електричната ос по време на деполяризацията на камерите (QRS).

❖ Посоката на средната електрична ос зависи от:

✓ анатомичната ос на сърцето

✓ мускулната маса

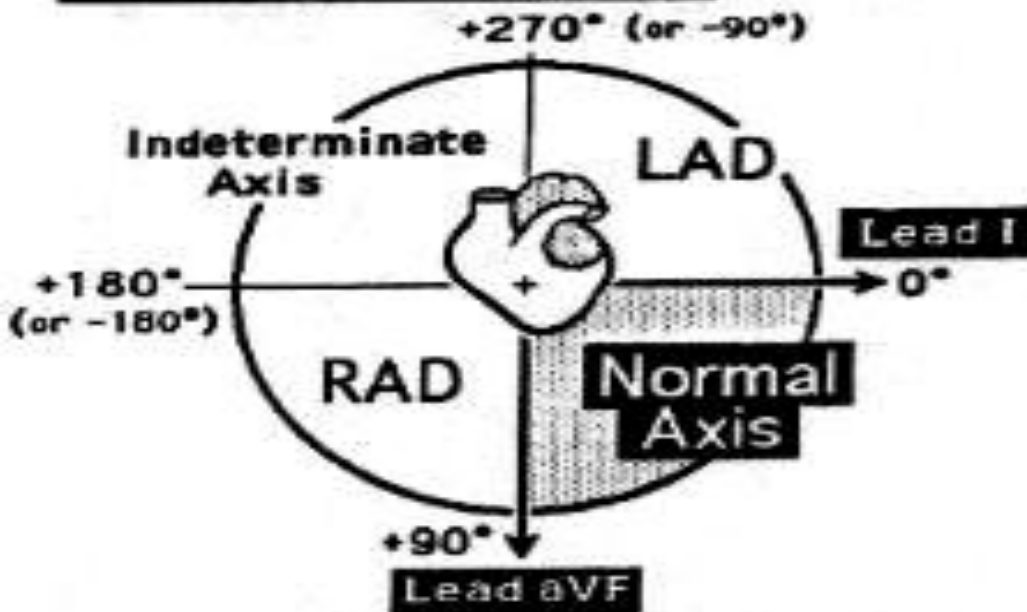
✓ времето за провеждане на възбудането през камерите



Типове средна електрична ос

Нормална ос	0° до +90°	0° - +30° ляв позиционен тип +30° - +60° индиферентен тип +60° - +90° десен позиционен тип
Ляв тип	0° до -90°	хипертрофия на лява камера, ляв бедрен блок
Десен тип	+90° до +/-180°	хипертрофия на дясна камера, десен бедрен блок
Недетерминиран /екстремн/ тип	-90° до +/-180°	

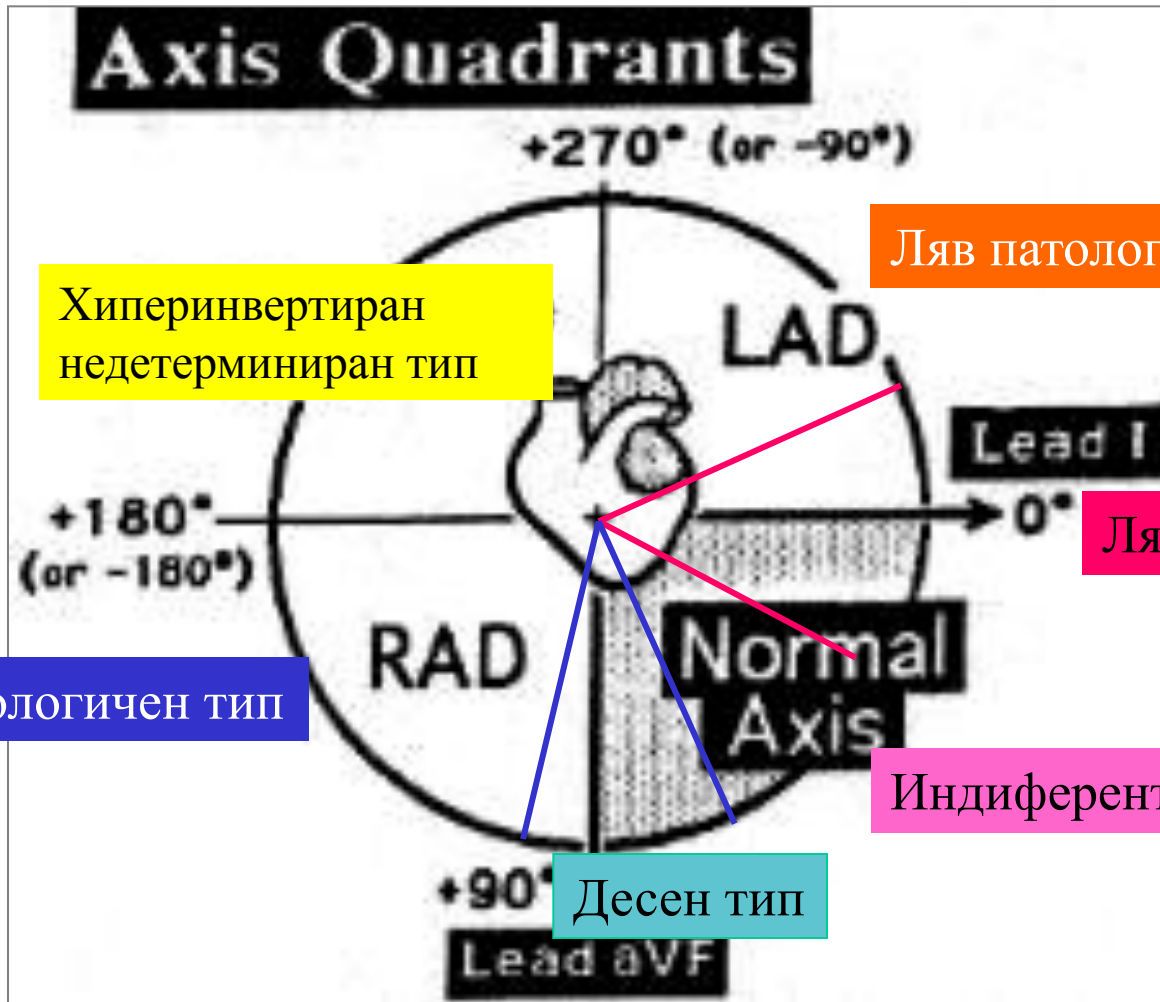
Axis Quadrants



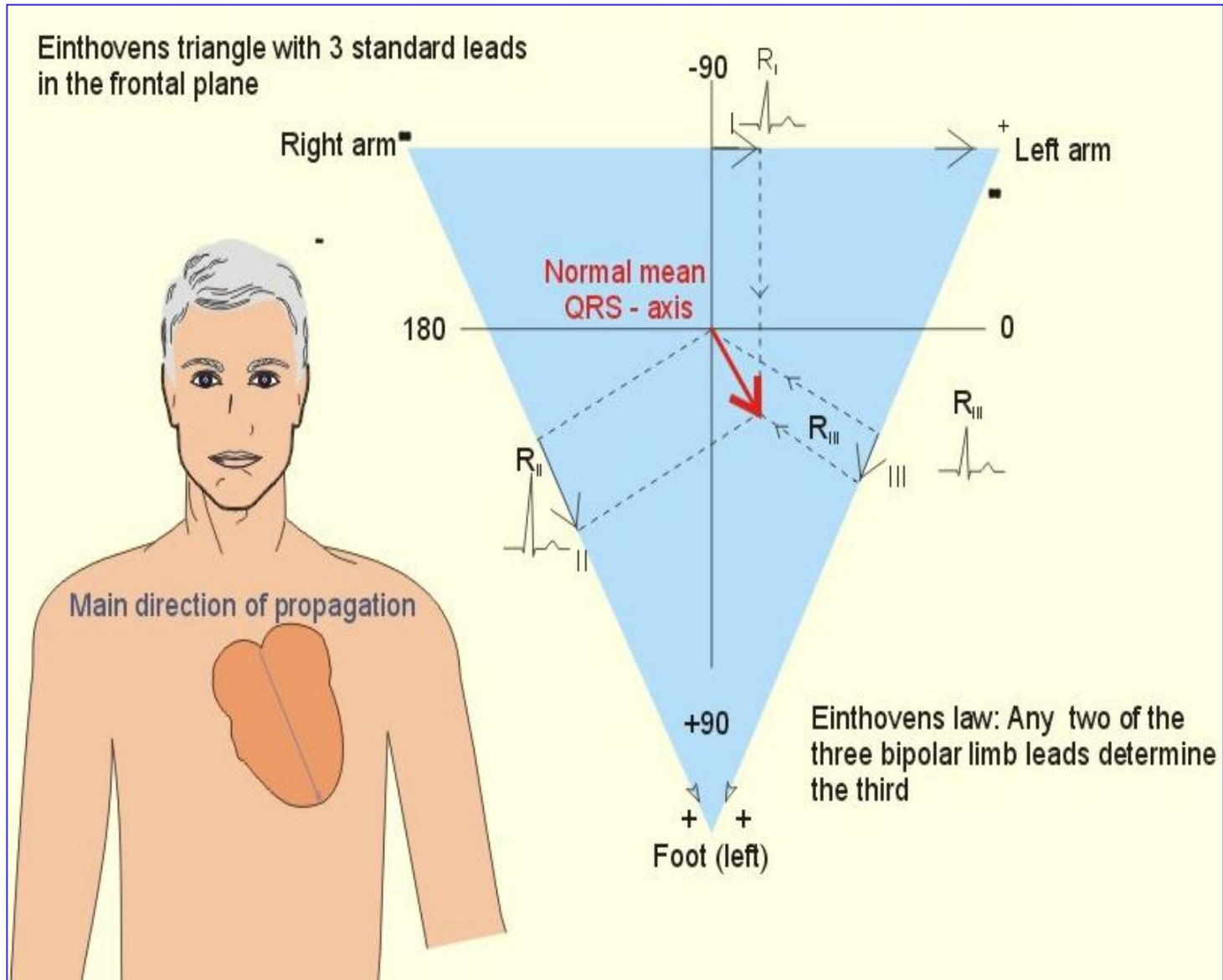
Axis Determination

	Net QRS Deflection	
	Lead I	Lead aVF
Normal Axis	Positive	Positive
RAD	Negative	Positive
LAD	Positive	Negative
Indeterminate	Negative	Negative

Типове средна електрична ос на сърцето (електрична позиция на сърцето)



Einthovens triangle with 3 standard leads in the frontal plane



Right arm

Left arm

Normal mean QRS - axis

180

0

R_I

R_{III}

R_{II}

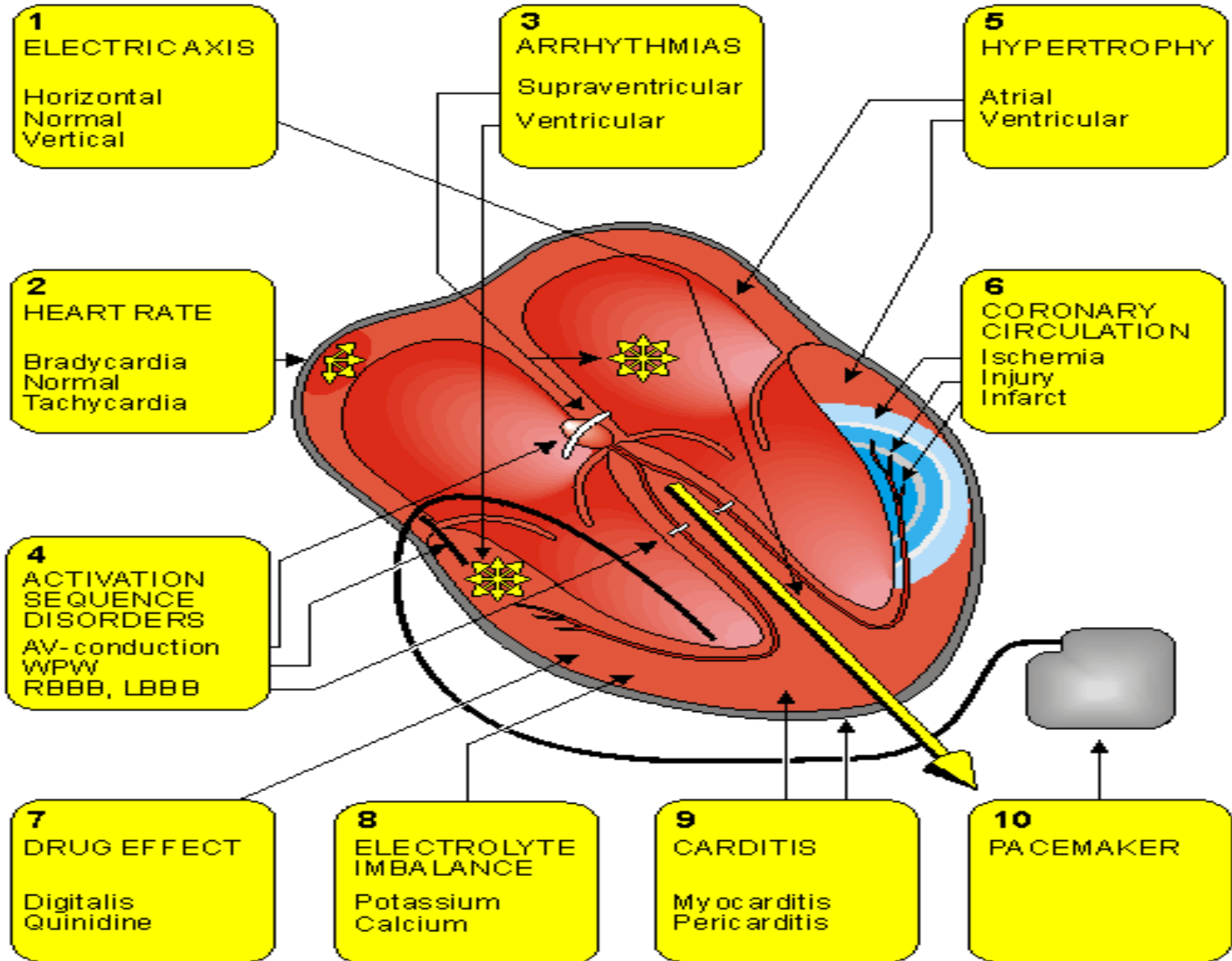
Main direction of propagation

+90

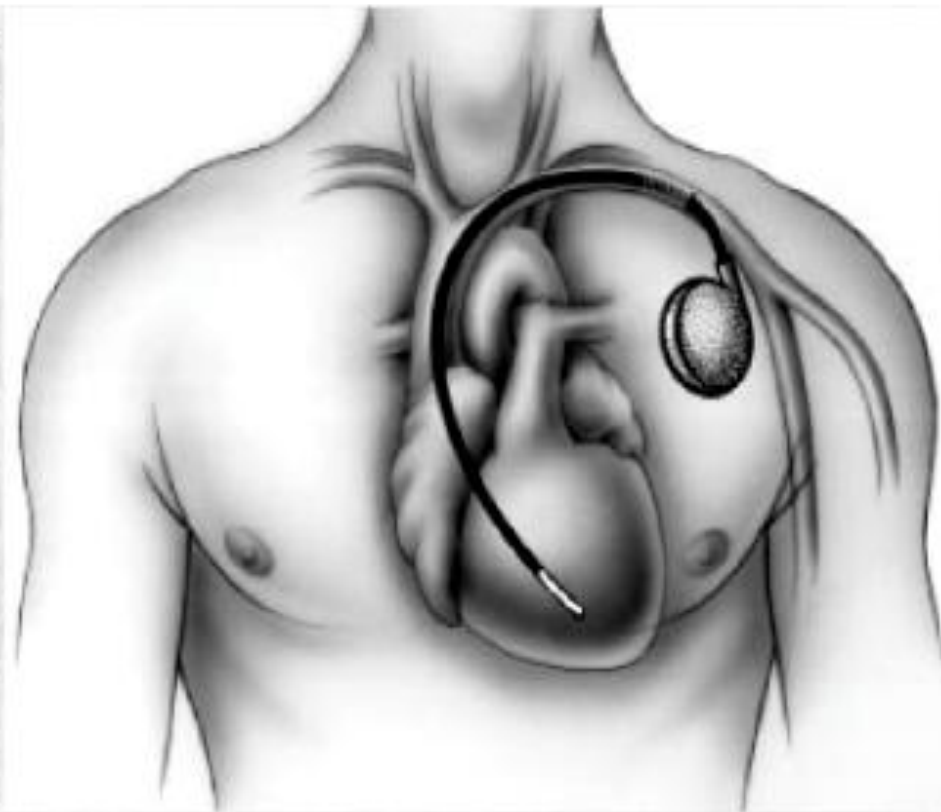
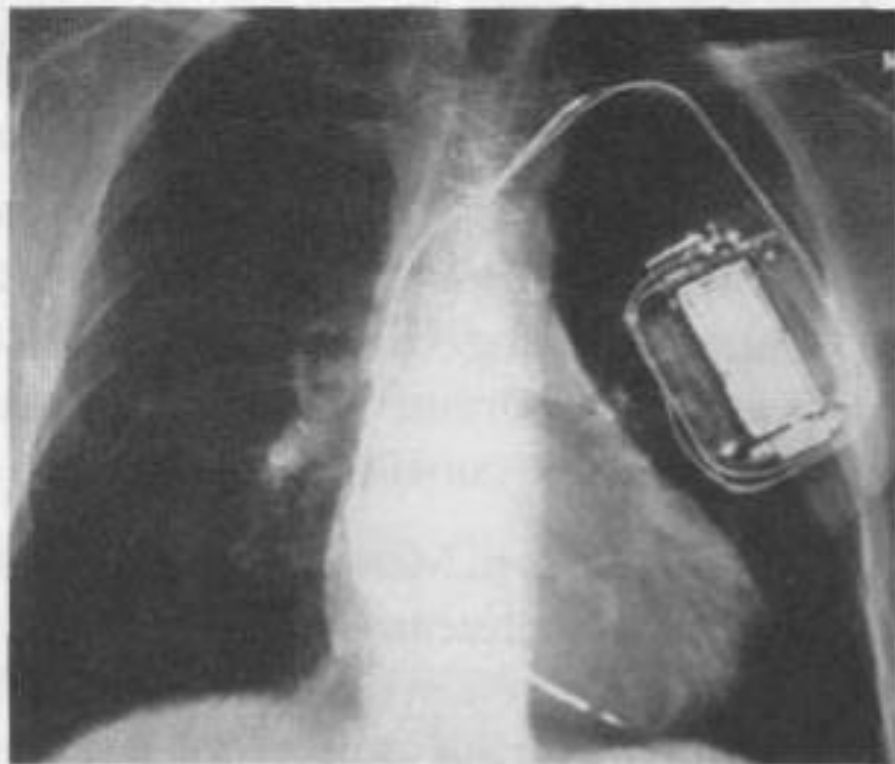
Einthovens law: Any two of the three bipolar limb leads determine the third

Foot (left)

Клинично приложение на ЕКГ:



Имплантиран пейсмейкър



дефибрилатор



Благодаря за вниманието!

