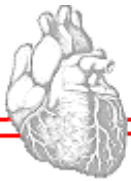


Sistemul Cardiovascular

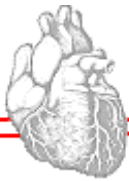
Cursul 4

Electrocardiografia

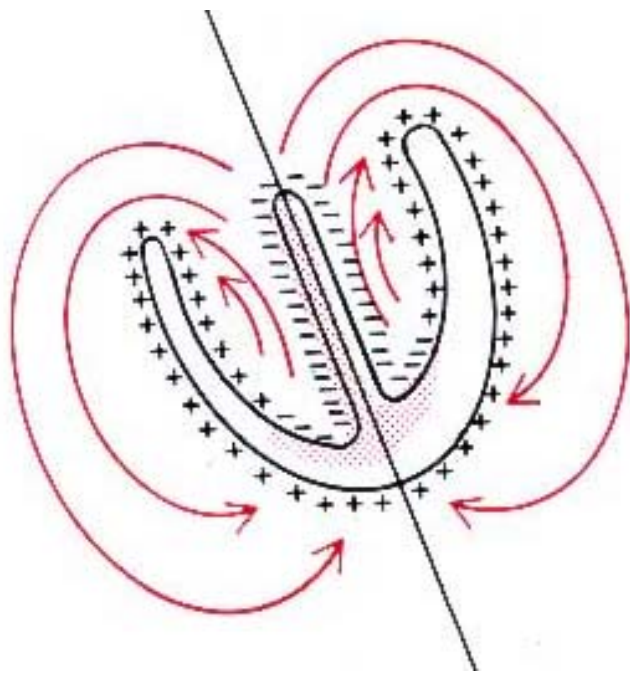


1. Generalități - Definiția ECG

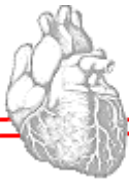
- **Electrocardiograma (ECG)** reprezintă înscrisura grafică a diferențelor de potențial generate în timpul activității electrice cardiace.
- **Potențialele electrice** sunt produse în inimă ca **suma potențialelor** generate de celulele musculare cardiace în timpul depolarizării și repolarizării.
- La nivel celular:
 - **Depolarizarea** = modificarea potențialului transmembranar, determinată de deplasarea sarcinilor electrice (electroni sau ioni);
 - **Repolarizarea** = refacerea potențialului transmembranar de repaus, indusă de deplasarea sarcinilor electrice în sens opus, care compensează depolarizarea.



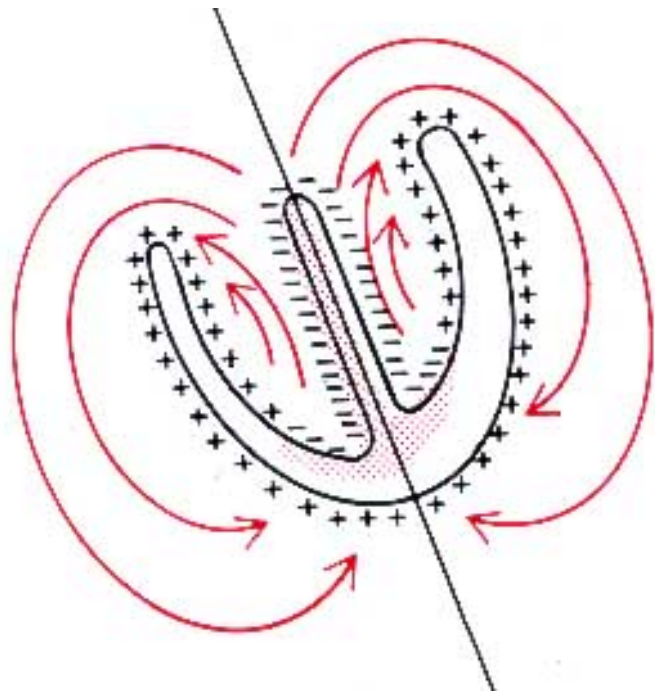
Dipolul Cardiac



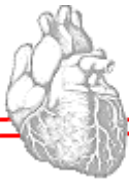
- Depolarizarea și repolarizarea se propagă sub forma unor *unde* prin mușchiul cardiac.
- Generatorul cardiac poate fi privit ca *un dipol* - două sarcini electrice egale și de semn contrar (+ și -), separate de o distanță mică.
- Dacă dipolul este plasat într-un volum omogen $\Rightarrow$ se generează două *câmpuri electrice* sferice (unul pozitiv și altul negativ).



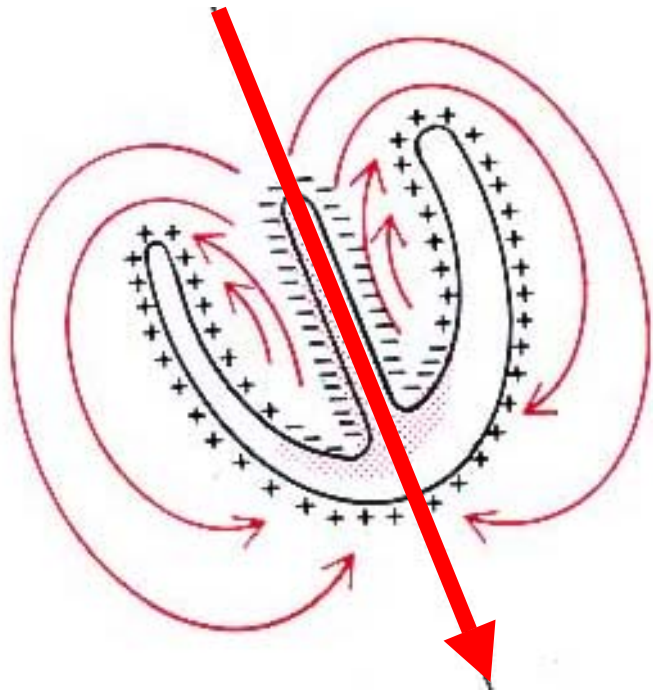
Dipolul Cardiac



- Liniile de propagare ale câmpului electric sunt distribuite simetric în raport cu o linie perpendiculară, care traversează dipolul prin centru.
- Deoarece corpul este un bun conducător de electricitate, câmpurile electrice se propagă până la suprafața pielii.
- Planul perpendicular pe dipol are potențial 0 (punctul de nul).

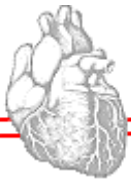


Vectorul rezultatant



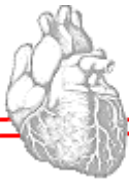
Vectorul rezultatant =
vectorul mediu prin inima
parțial depolarizată

- În orice moment, suma acestor curenți electrici $\Rightarrow$ *vectorul rezultatant*:
 - are o anumită **direcție, sens și magnitudine**
 - poate produce o deflexiune în traseul ECG.
- Atât direcția cât și magnitudinea vectorului cardiac se modifică în timpul unui ciclu cardiac.



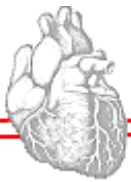
2. Tipuri de înregistrări ECG

- **Electrodul** = un conductor utilizat pentru a stabili contactul electric cu partea nemetalică a circuitului.
- **Potențialul electric** al dipolului se măsoară cu electrozi plasați în diferite zone ale corpului, în mod uzual pe piele.
- **Traseul ECG** este influențat de:
 - polaritatea dipolului,
 - distanța de la electrod la dipol,
 - intensitatea câmpului electric.
- **Tipurile de înregistrare** după plasarea electrozilor:
 - *bipolară*: ambii electrozi plasați în câmpul electric al inimii;
 - *unipolară*: un electrod este plasat în câmpul electric iar celălalt în planul de potențial 0.



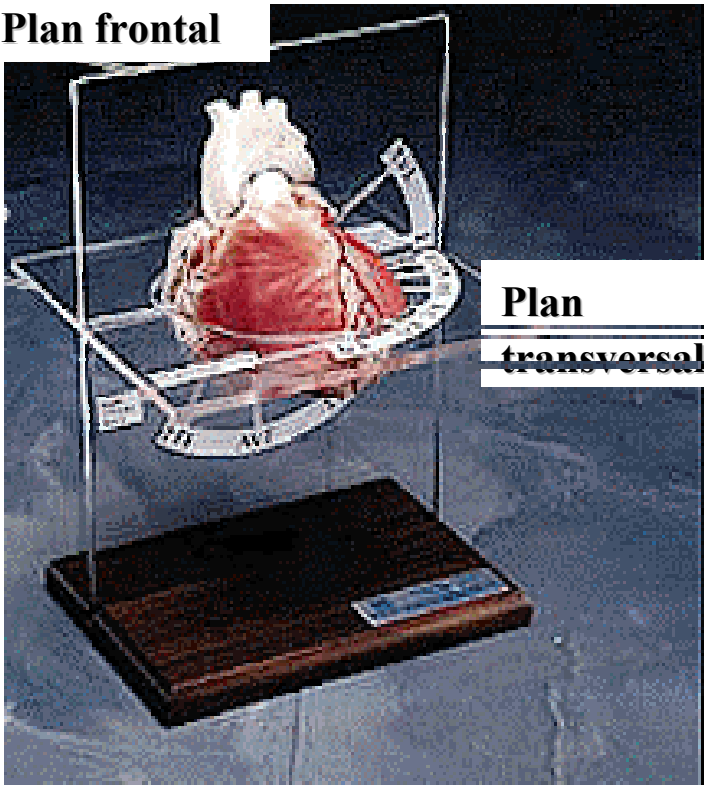
Înregistrarea ECG standard în 12 derivații

- **Derivația ECG** = raportul spațial între două puncte în care se plasează electrozii, în câmpul electric al inimii.
 - **Derivațiile bipolare (standard) ale membrelor** (I, II și III) au fost introduse în practică de către **Einthoven**. Ele formează un triunghi echilateral, cu inima localizată în centru.
 - **Derivațiile unipolare ale membrelor** (aVR, aVL, aVF) au fost introduse de **Wilson**.
 - **Derivațiile precordiale** (V1-V6) sunt derivații unipolare, la care electrodul explorator (pozitiv) este plasat pe torace, în apropierea cordului.

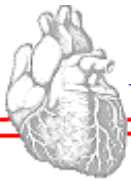


Plasarea derivațiilor și planul explorat

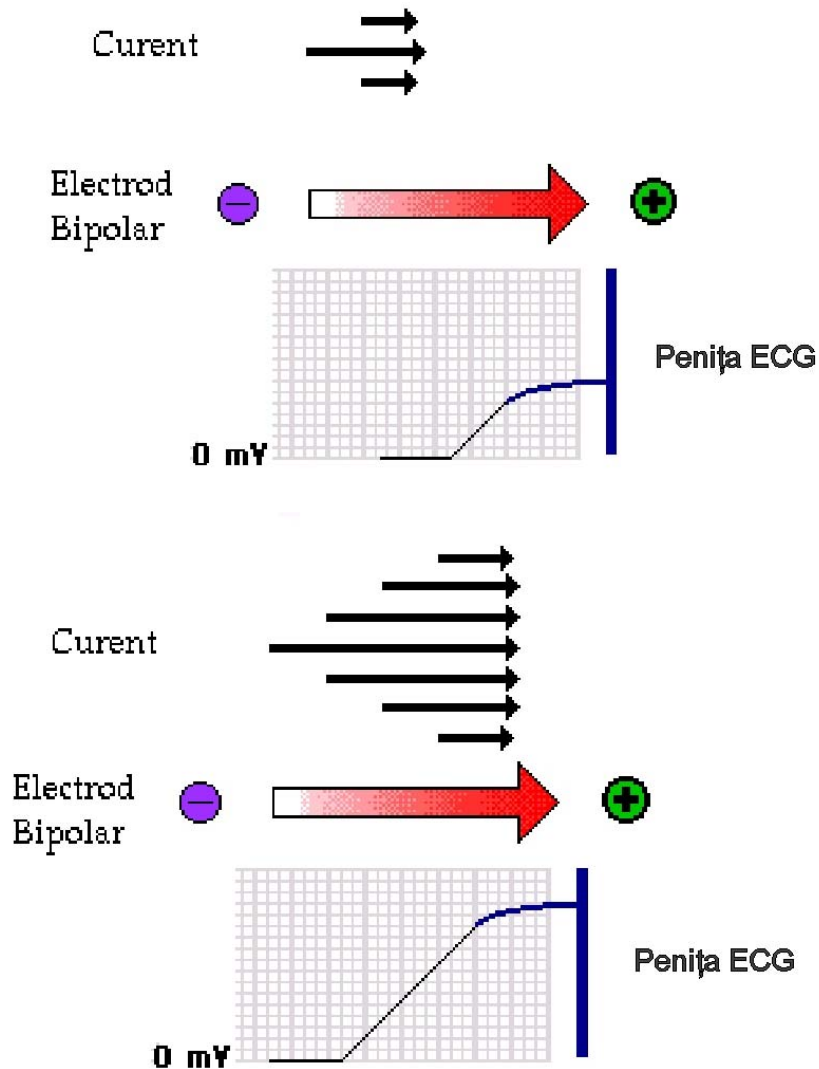
Plan frontal



- Prin pozițiile electrozilor fiecare derivație ECG “vede” semnalul ECG din unghiuri diferite:
 - **Derivațiile membrelor** culeg activitatea electrică în *planul frontal*;
 - **Derivațiile precordiale** culeg activitatea electrică în *planul transversal*.
- Circuitul este închis prin dispozitive specializate - electrocardiografe, care înregistrează semnalele, de obicei pe hârtie.



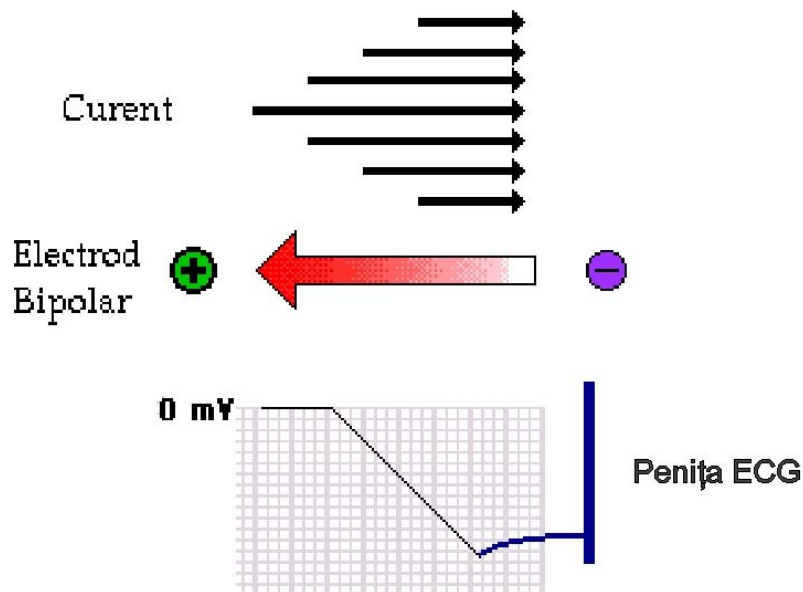
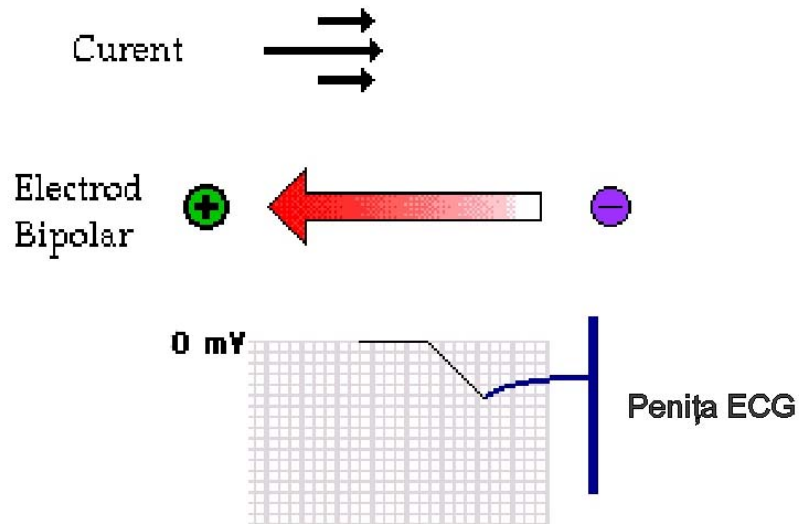
Direcția și magnitudinea vectorului rezultant



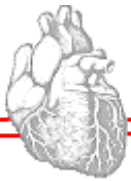
- Un curent electric orientat spre electrodul pozitiv în culegerea bipolară induce o deflexiune pozitivă pe traseul ECG.
- Dacă numărul de celule miocardice depolarizate în această direcție crește $\Rightarrow$ intensitatea curentului va crește.
- Cu cât intensitatea curentului este mai mare și deflexiunea ECG va fi mai mare.



Direcția și magnitudinea vectorului rezultat

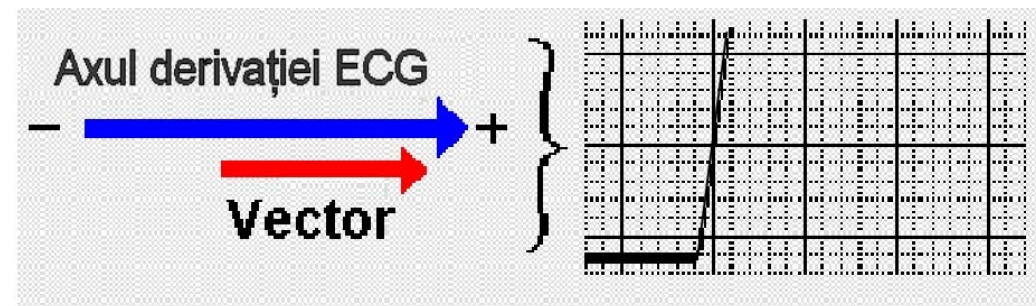


- Un curent electric care se îndepărtează de electrodul pozitiv în culegerea bipolară induce o deflexiune negativă pe traseul ECG.
- Dacă numărul de celule miocardice depolarizate (dipoli) în această direcție crește, atunci intensitatea curentului va crește.
- Cu cât intensitatea curentului este mai mare, cu atât deflexiunea va fi mai negativă.



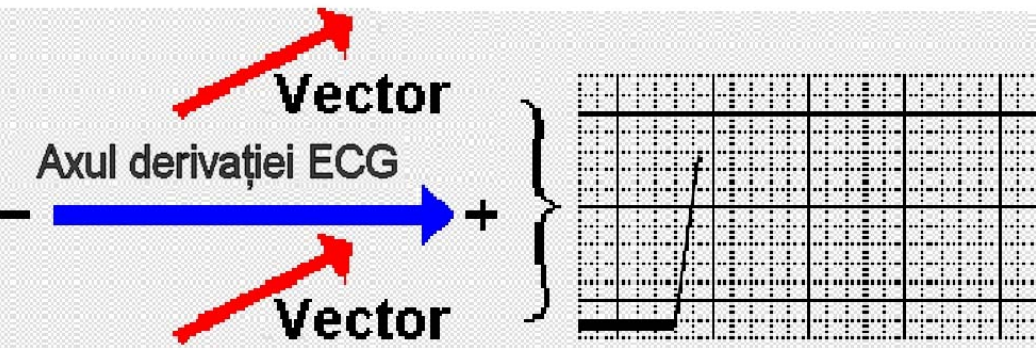
Relația derivație-vector rezultat-deflexiune ECG

- Dacă unda de depolarizare are același sens cu axul derivației ECG și:



a)

a) este paralelă cu acesta
 $\Rightarrow$ deflexiune pozitivă
maximă pe traseul
ECG;



b)

b) are o direcție oblică în
raport cu acesta $\Rightarrow$
deflexiune pozitivă
mai redusă pe traseul
ECG.



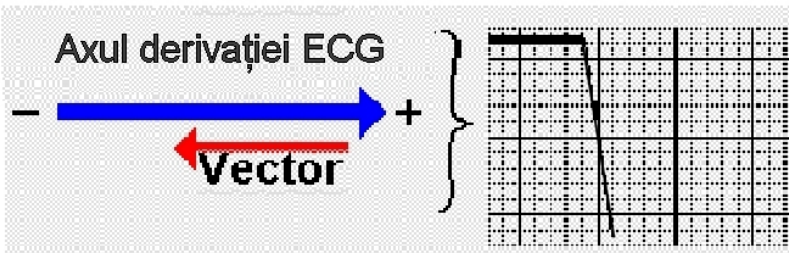
Relația derivație-vector rezultat-deflexiune ECG

- Dacă unda de depolarizare este de sens opus cu axul derivației și:

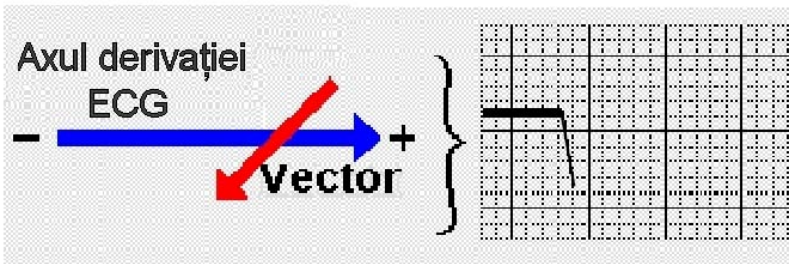
c) este paralelă cu acesta $\Rightarrow$ deflexiune negativă maximă pe traseul ECG;

d) are o direcție oblică în raport cu acesta $\Rightarrow$ deflexiune negativă mai redusă ECG.

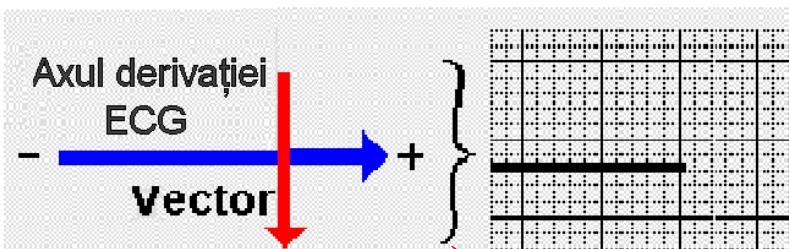
- Dacă unda de depolarizare este perpendiculară pe axul derivației (e) $\Rightarrow$ nu se înregistrează nici o deflexiune (suma undelor = 0).



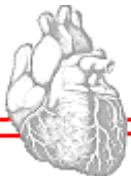
c)



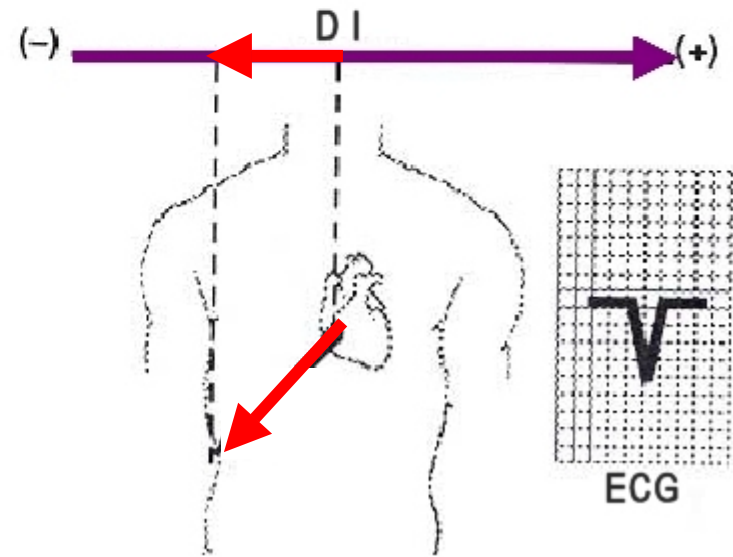
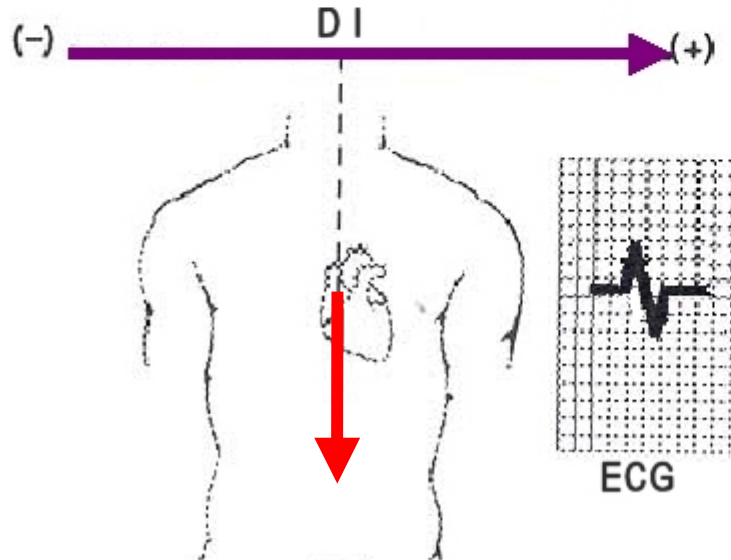
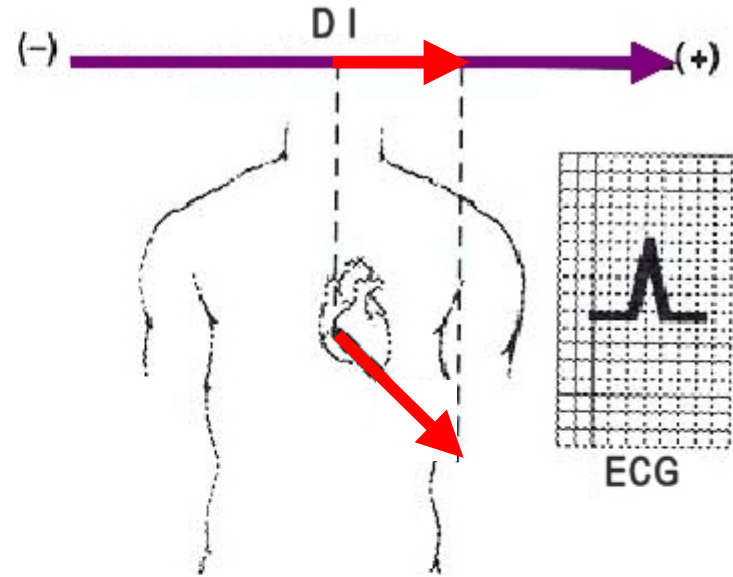
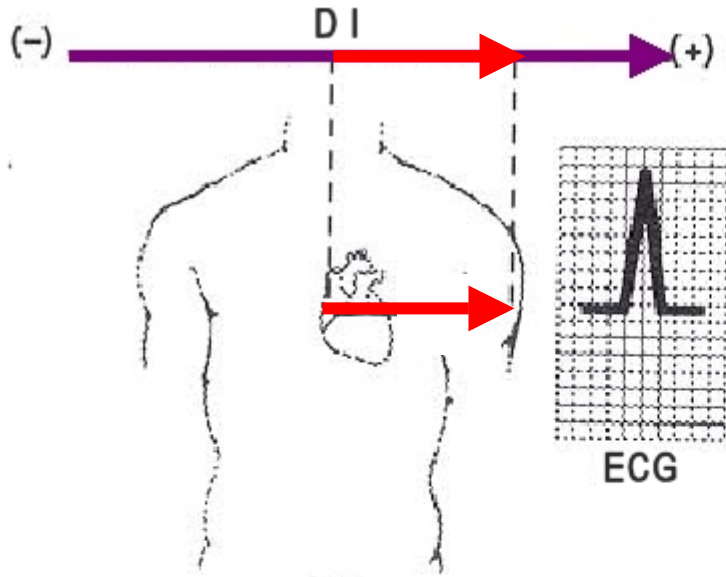
d)

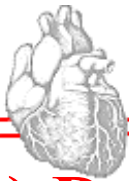


e)



Relația dintre vectorul inimii și derivația ECG

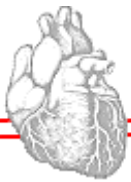




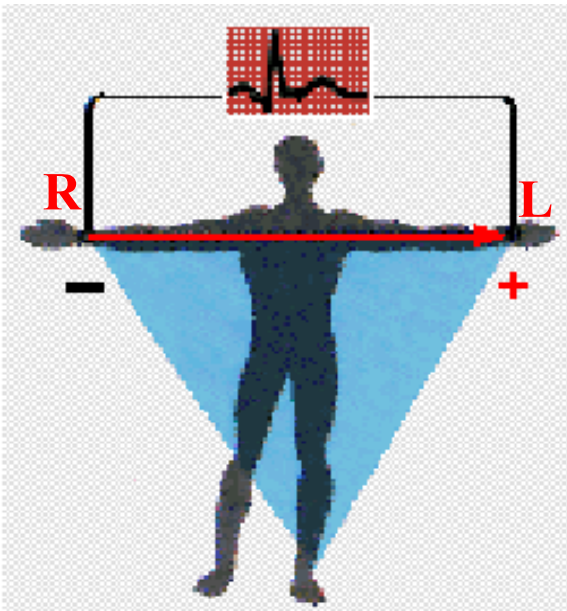
Derivațiile membrelor

a) Derivațiile bipolare ale membrelor (standard)

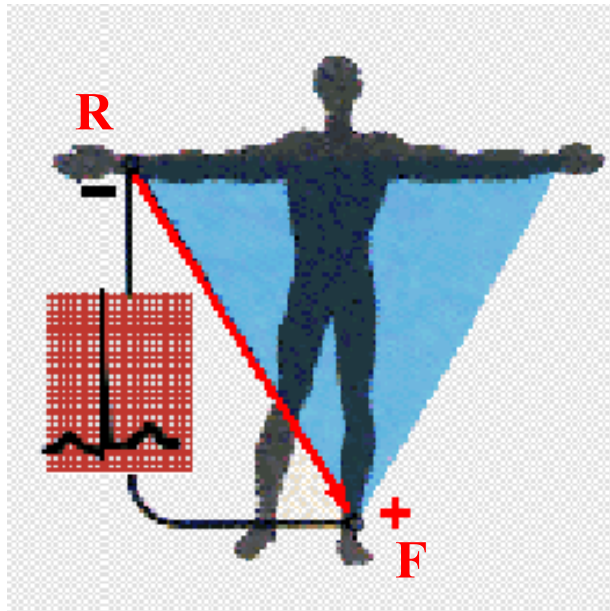
- Înregistrează activitatea electrică a inimii în plan frontal.
- Termenul “**bipolar**” înseamnă că ECG este înregistrat între doi electrozi exploratori (+ și -) plasați pe membre: brațul drept (**R**), brațul stâng (**L**) și piciorul stâng (**F**).
- Cele trei derivații bipolare înregistrează diferențele de potențial între:
 - **D I** - brațul drept (R -) și brațul stâng (L +);
 - **D II** - brațul drept (R -) și piciorul stâng (F +);
 - **D III** - brațul stâng (L -) și piciorul stâng (F +).



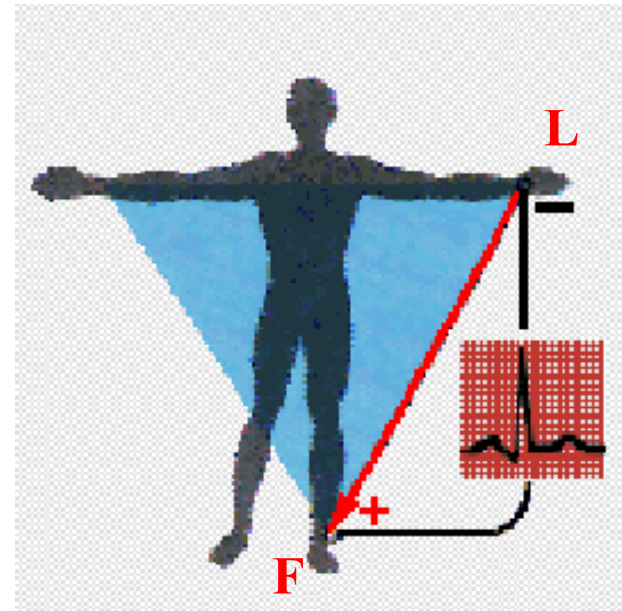
Derivațiile bipolare ale membrelor



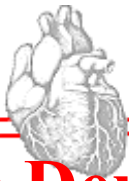
Derivația I



Derivația II



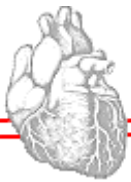
Derivația III



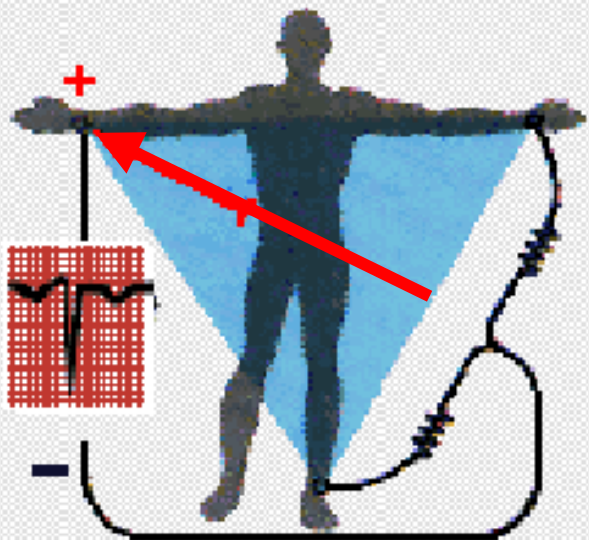
Derivațiile membrelor

b) Derivațiile unipolare ale membrelor

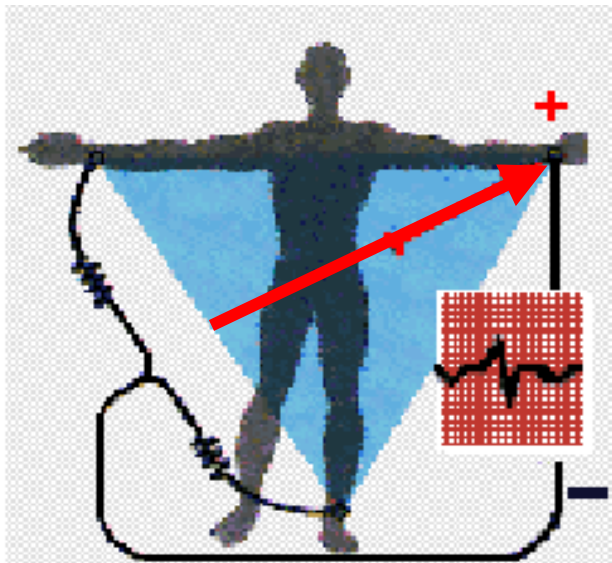
- Înregistrează activitatea electrică a inimii în plan frontal.
- Sunt “**unipolare**” deoarece folosesc un singur **electrod explorator** (pozitiv), plasat pe un membru, conectat cu **centrul inimii**, considerat ca punct de referință (potențial nul).
- Punctul de referință rezultă prin conectarea celorlalți doi electrozi între ei.
- Derivația unipolară înregistrează potențialul membrului respectiv și este amplificată (a):
 - **aVR** - electrodul explorator este plasat pe brațul drept;
 - **aVL** - electrodul explorator este plasat pe brațul stâng;
 - **aVF** - electrodul explorator este plasat pe piciorul stâng.



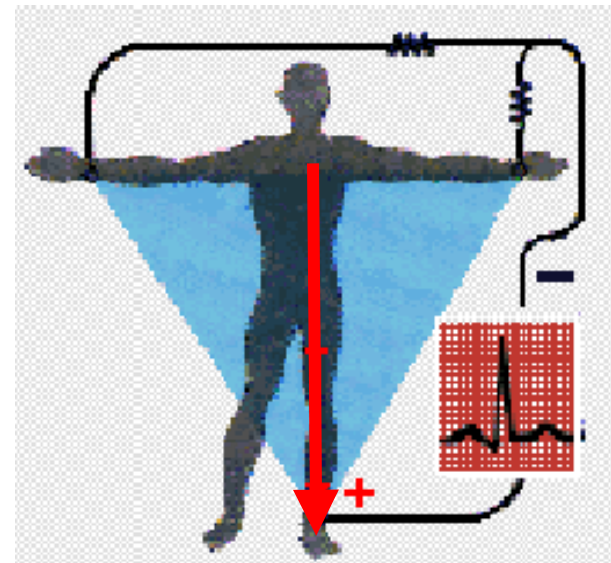
Derivațiile unipolare ale membrelor



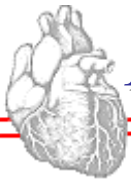
aVR



aVL

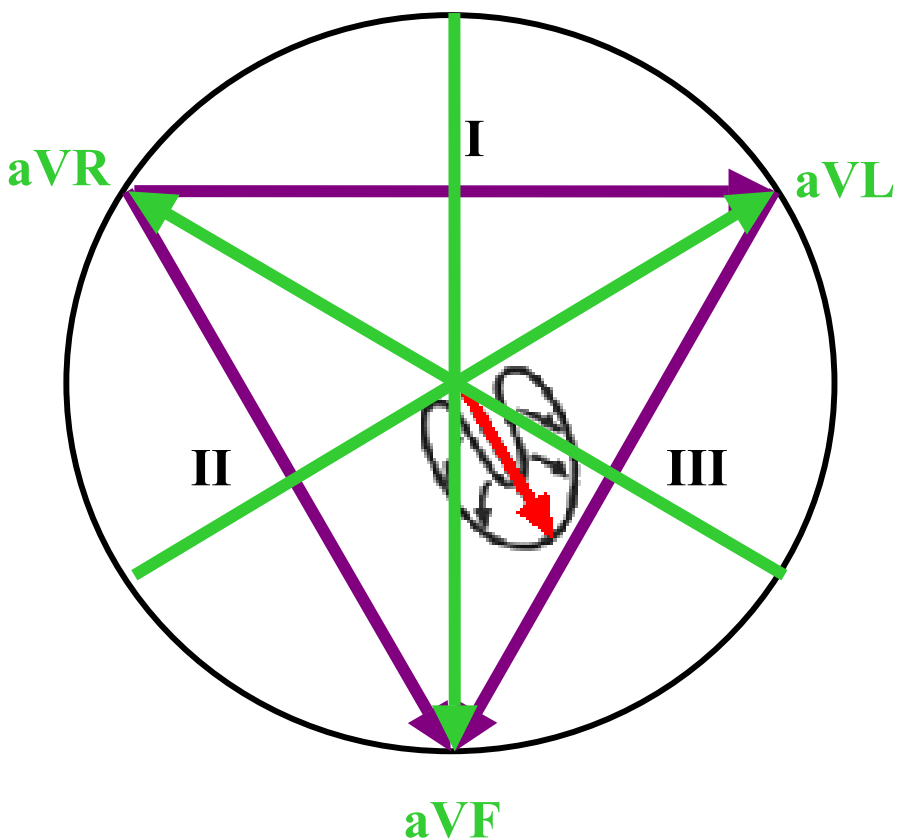


aVF

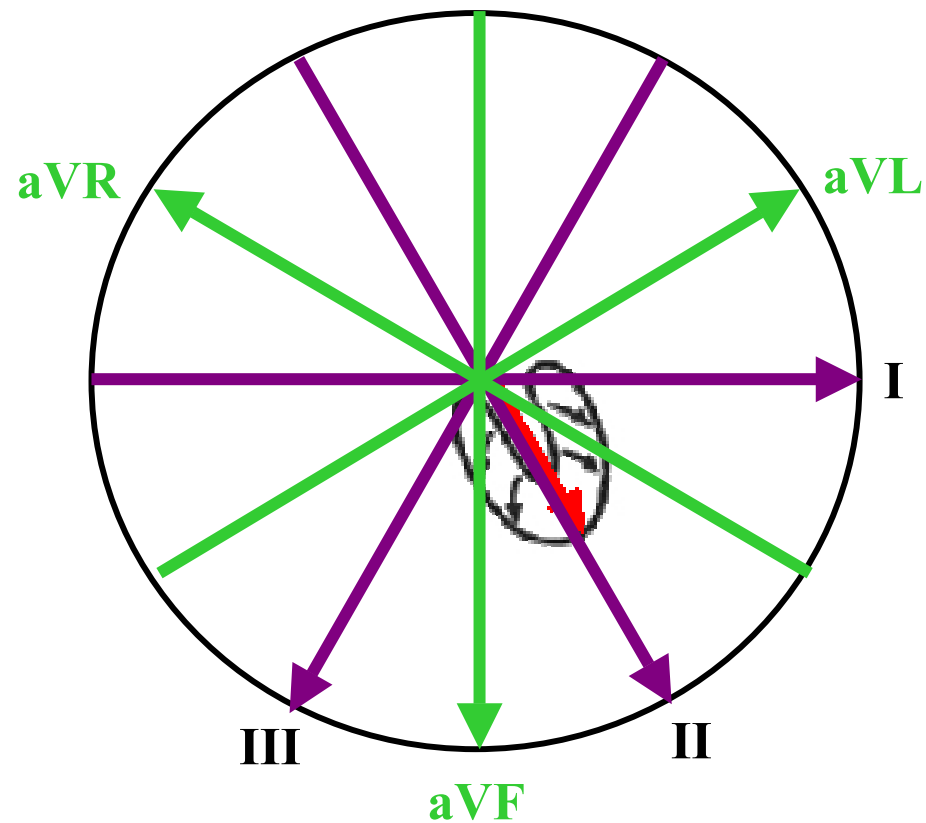


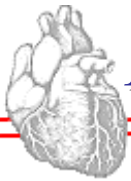
Derivațiile membrelor – triunghiul lui Einthoven

Sistem triaxial



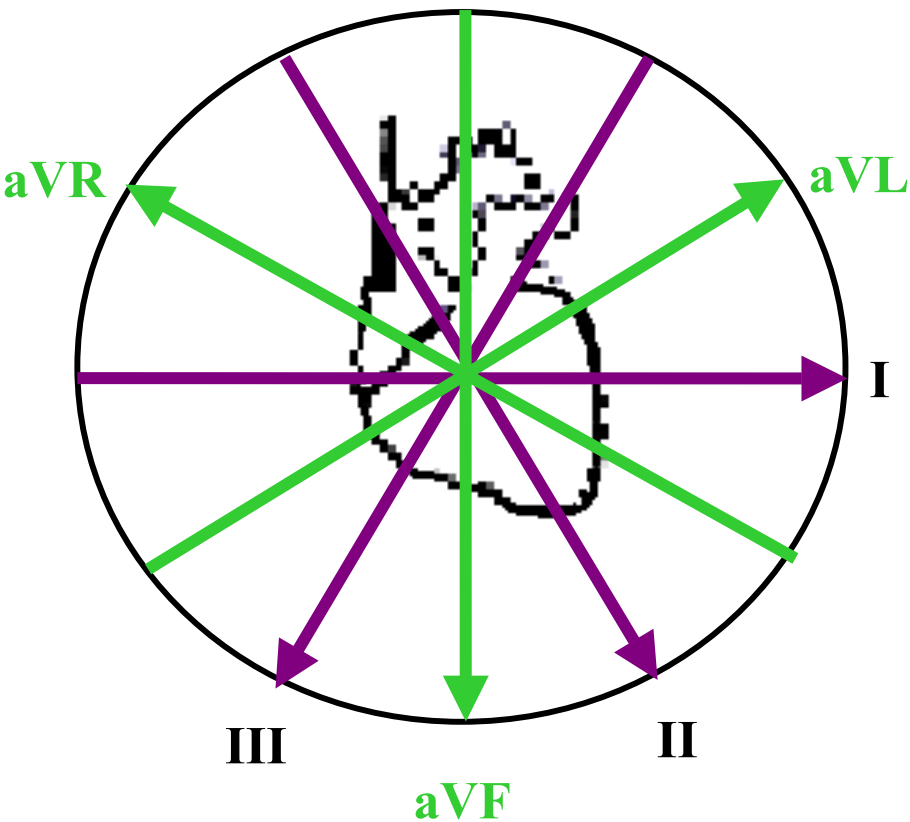
Sistem hexaxial



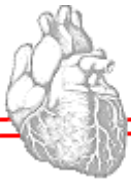


Derivațiile membrelor – triunghiul lui Einthoven

- Pereții inimii “văzuți” de diferitele derivații ale membrelor:

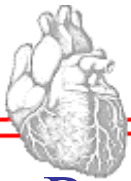


- **Peretele lateral al VS:**
derivațiile DI, aVL;
- **Peretele inferior:**
derivațiile DII, DIII și aVF;
- **Fața endocavitară a inimii:**
derivația aVR;
- **NOTĂ:** Peretele posterior al inimii nu este explorat în mod direct.



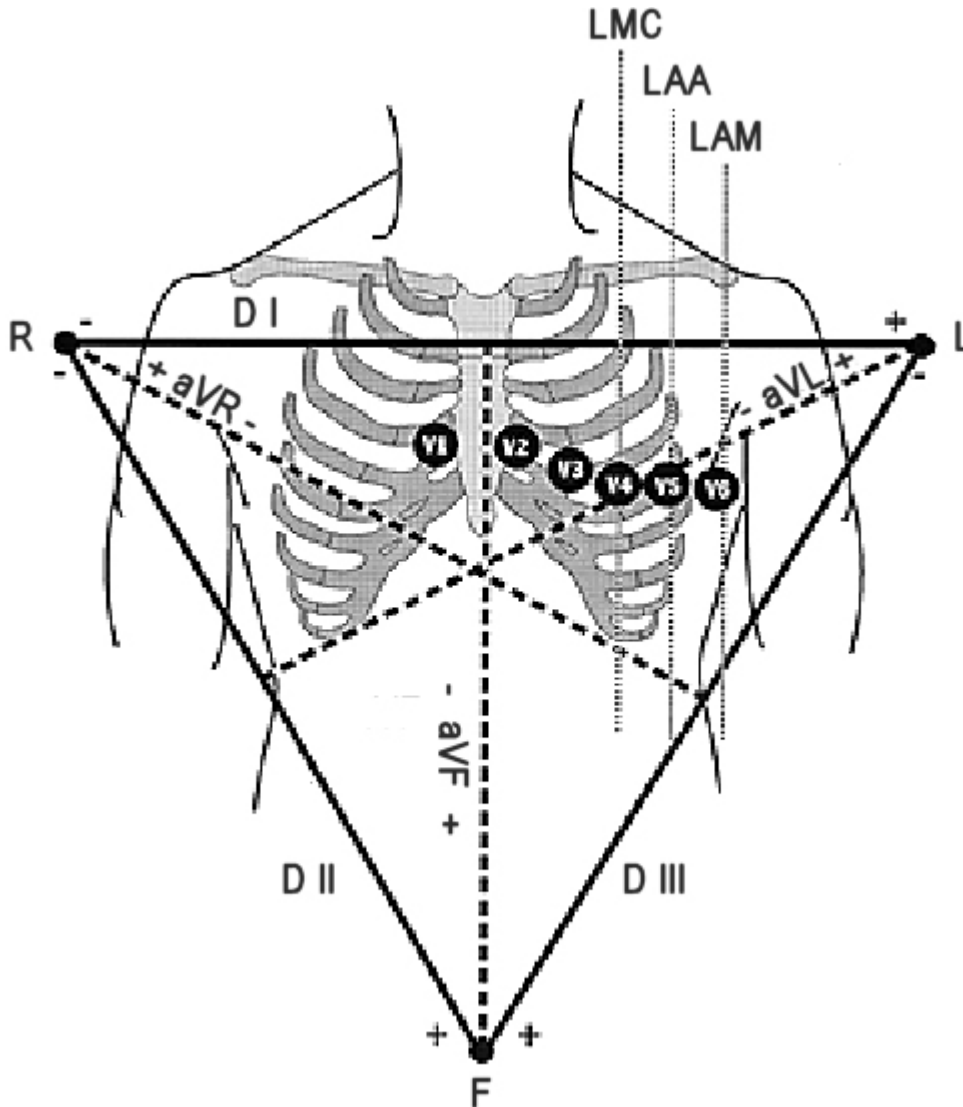
Derivațiile precordiale (V)

- Înregistrează activitatea electrică a inimii în plan transversal
- Sunt derivații “**unipolare**”, cu electrodul pozitiv situat pe torace (V_1 - V_6) și electrodul de referință format din cele trei derivații ale membrelor unite.
- Electrodul explorator poziționat după cum urmează:
 - **V1** - spațiul IV intercostal drept parasternal;
 - **V2** - spațiul IV intercostal stâng parasternal;
 - **V3** - la jumătatea distanței dintre V2 și V4;
 - **V4** - spațiul V intercostal stâng, pe linia medioclaviculară (apexul);
 - **V5** - spațiul V intercostal stâng, pe linia axilară anterioară;
 - **V6** - spațiul V intercostal pe linia axilară mijlocie.

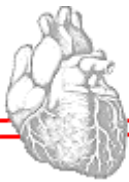


Derivațiile precordiale

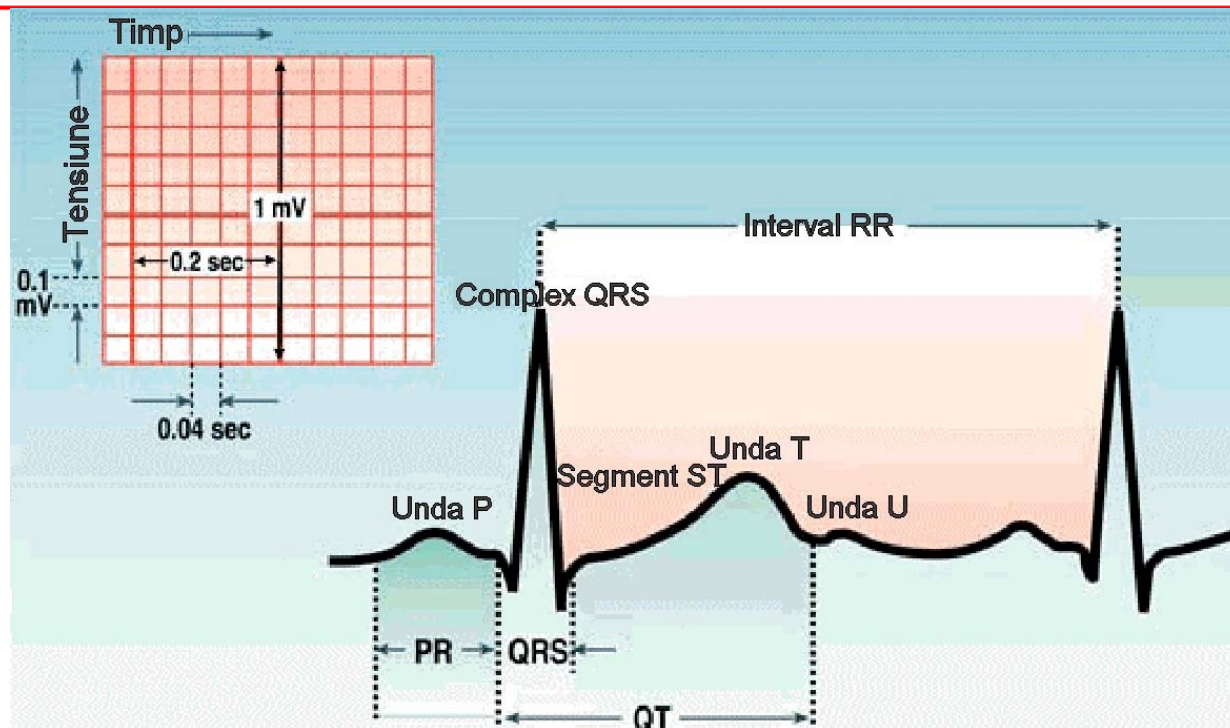
- Pereții inimii “văzuți” de către derivațiile precordiale:



- Peretele anterior al inimii:
Derivațiile V1,V2;
- Septul interventricular:
Derivația V3;
- Apexul: Derivația V4;
- Peretele lateral al VS:
Derivațiile V5,V6.



3. Caracteristicile parametrilor ECG

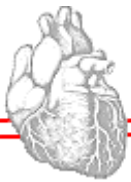


Reprezentarea ECG a fiecărui ciclu cardiac conține:

- **unde:** P, Q, R, S, T și U (deflexiuni pozitive sau negative).
- **segmente:** porțiunile cuprinse între unde.
- **intervale:** includ segmente și unde.

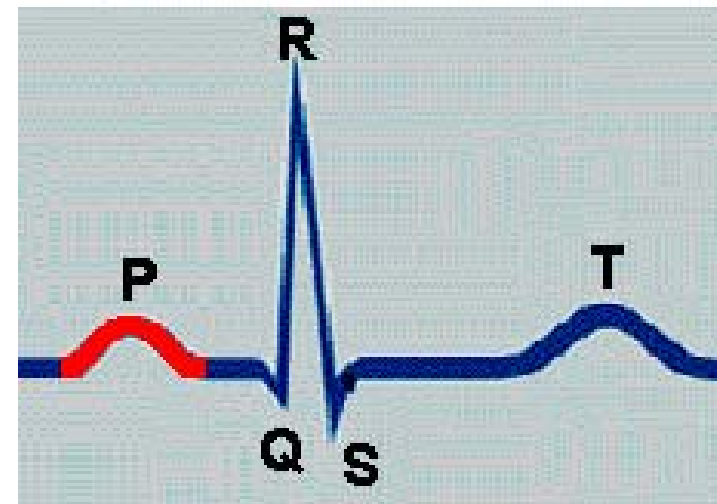
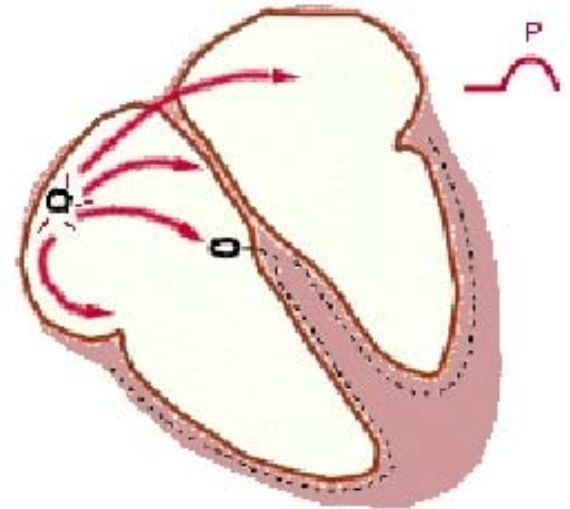
Traseul ECG este înregistrat în condiții standard, cu:

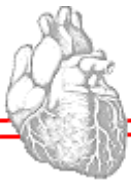
- amplitudinea: 1mm=0.1 mV și durata: 1mm=0.04 s.



Unda P

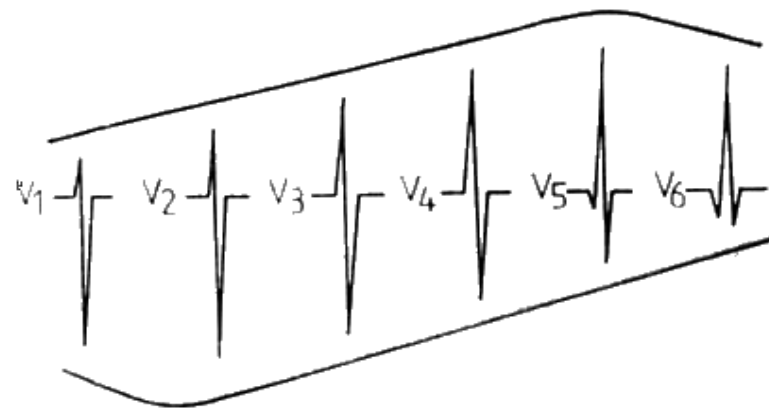
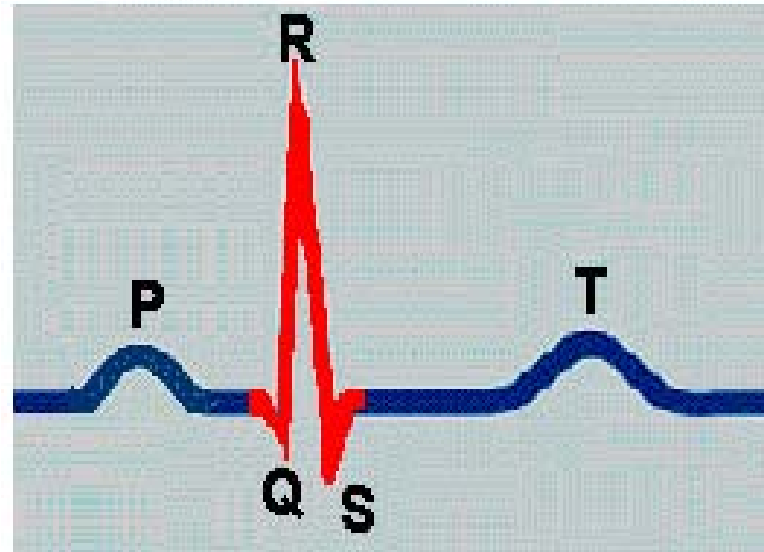
- Porțiunea ECG care corespunde **depolarizării atriale (AD→AS)**;
- Definește **ritmul sinusal**;
- Aspect: rotunjită și uniformă;
- Sens:
 - pozitivă în majoritatea derivațiilor,
 - negativă în aVR;
 - pozitivă sau difazică în V1,V2;
- Durată **0.06-0.10 sec**;
- Amplitudine **<0.25 mV**;
- Ax electric mediu în plan frontal: **0°-5°**.

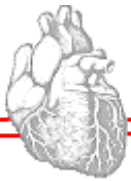




Complexul QRS

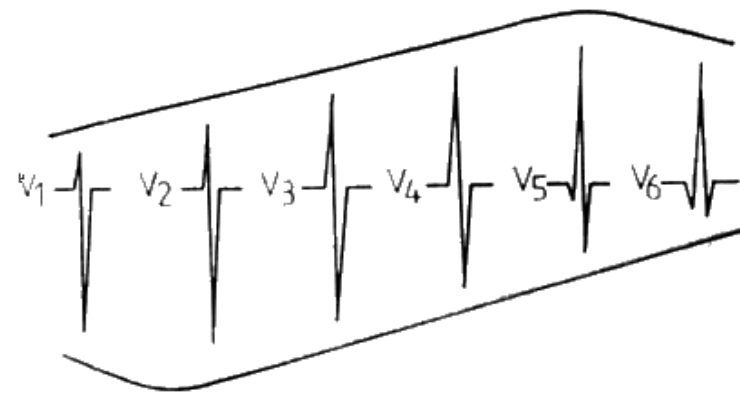
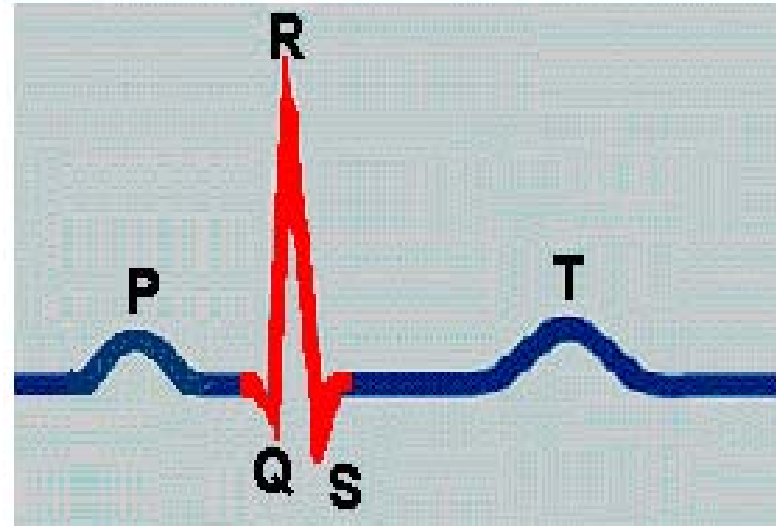
- Cea mai semnificativă componentă a traseului ECG, corespunde cu **depolarizarea septului IV și ventriculilor**;
- Aspect:
 - prima undă negativă = **Q**:
 - durată $< 0,04\text{sec}$;
 - amplit $< 1/4 R$ (DIII, aVF, V5-V6) absentă în V1-V4;
 - prima undă pozitivă = **R**:
prezentă în majoritatea derivațiilor;
 - cea de-a doua undă negativă sau prima negativă după R = **S**.

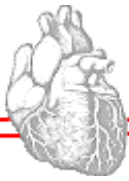




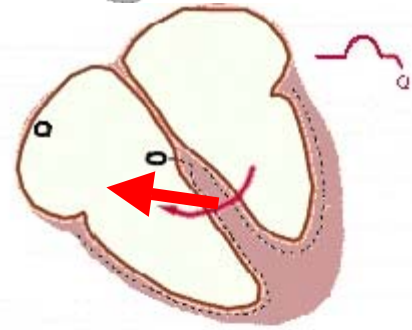
Complexul QRS

- Durată: 0,08 și 0,10 sec;
- Amplit.: 1-1,5 mV (10-15mm):
 - amplitudine minimă:
 - 0,5 mV în DI, DII, DIII;
 - 1 mV în derivațiile precordiale.
- Ax electric în plan frontal:
-30°- +110° (ax intermediar = +30°- +60°).

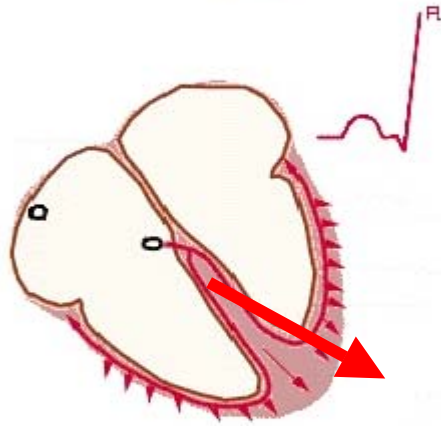




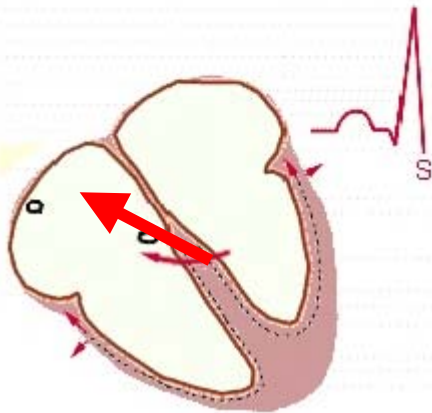
Complexul QRS - semnificația undelor



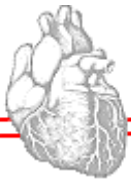
- Prima zonă activată a mușchiului ventricular este **septul interventricular**, cu vectorul rezultat de la stânga spre dreapta și de jos în sus $\Rightarrow$ unda **Q**.



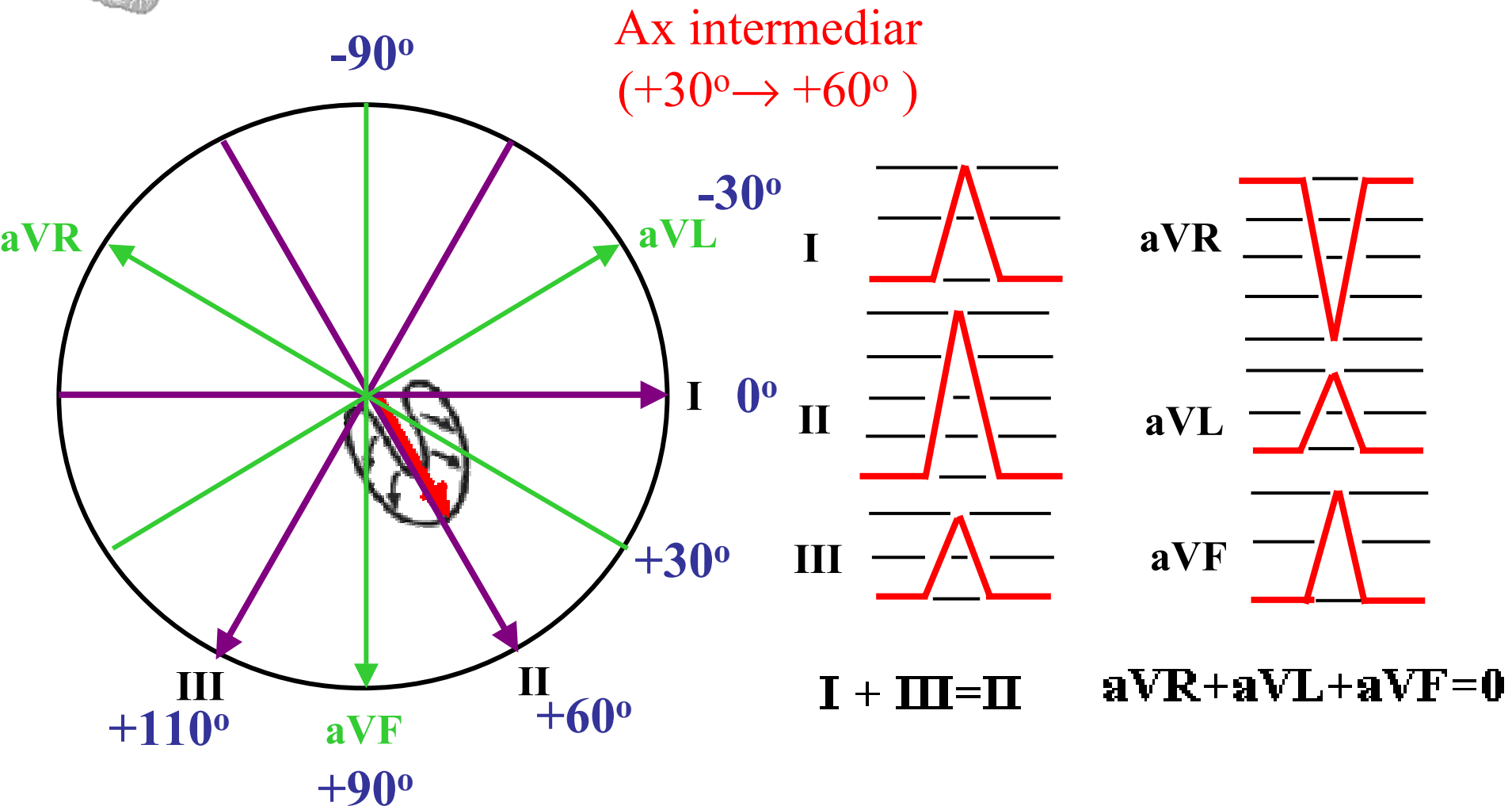
- Urmează activarea: **apexului și pereților ventriculari laterali**, dinspre endocard spre epicard, cu vectorul rezultat de la dreapta la stânga și de sus în jos $\Rightarrow$ unda **R**.



- Ultimele zone depolarizate sunt **bazele ventriculilor**, care sunt activate de jos în sus și spre dreapta $\Rightarrow$ unda **S**.

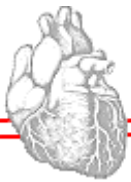


Complexul QRS în derivațiile membrelor



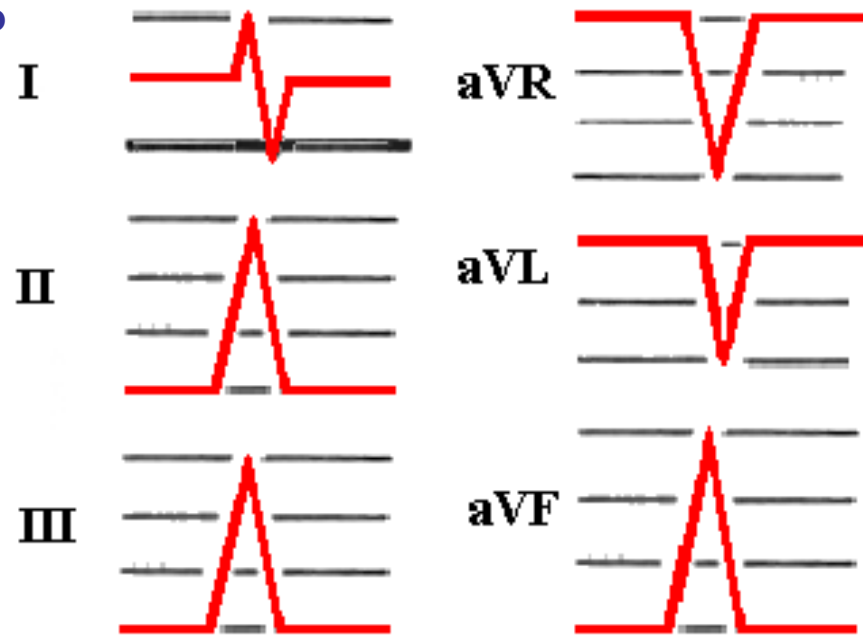
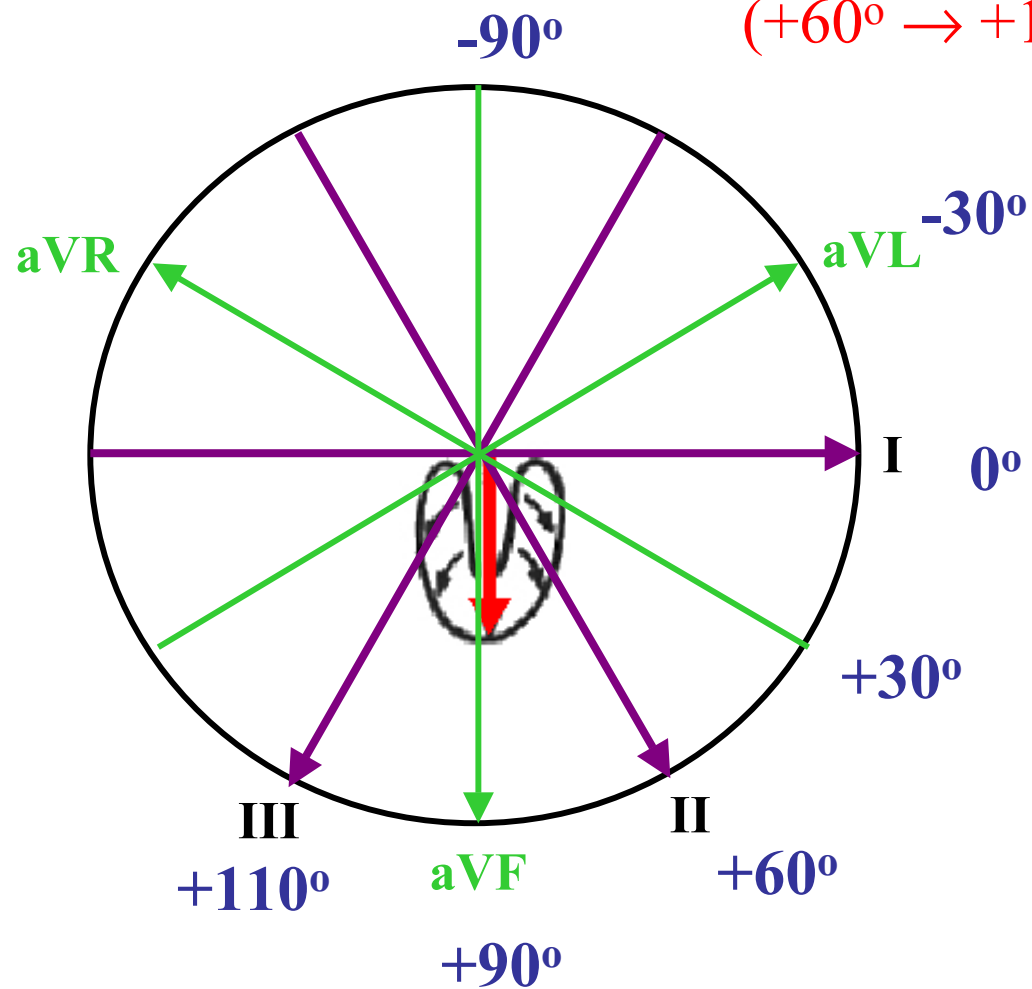
Axul $\parallel$ cu derivația pe care are cea mai mare proiecție.

Axul $\perp$ pe derivația pe care are cea mai mică proiecție (0).

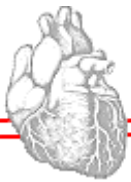


Complexul QRS în derivațiile membrelor

Ax verticalizat
($+60^\circ \rightarrow +110^\circ$)

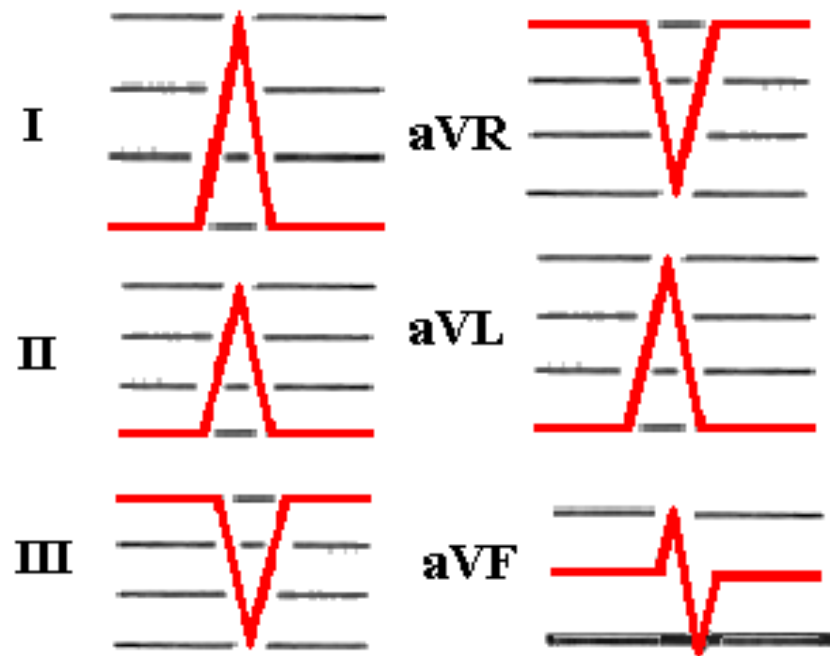
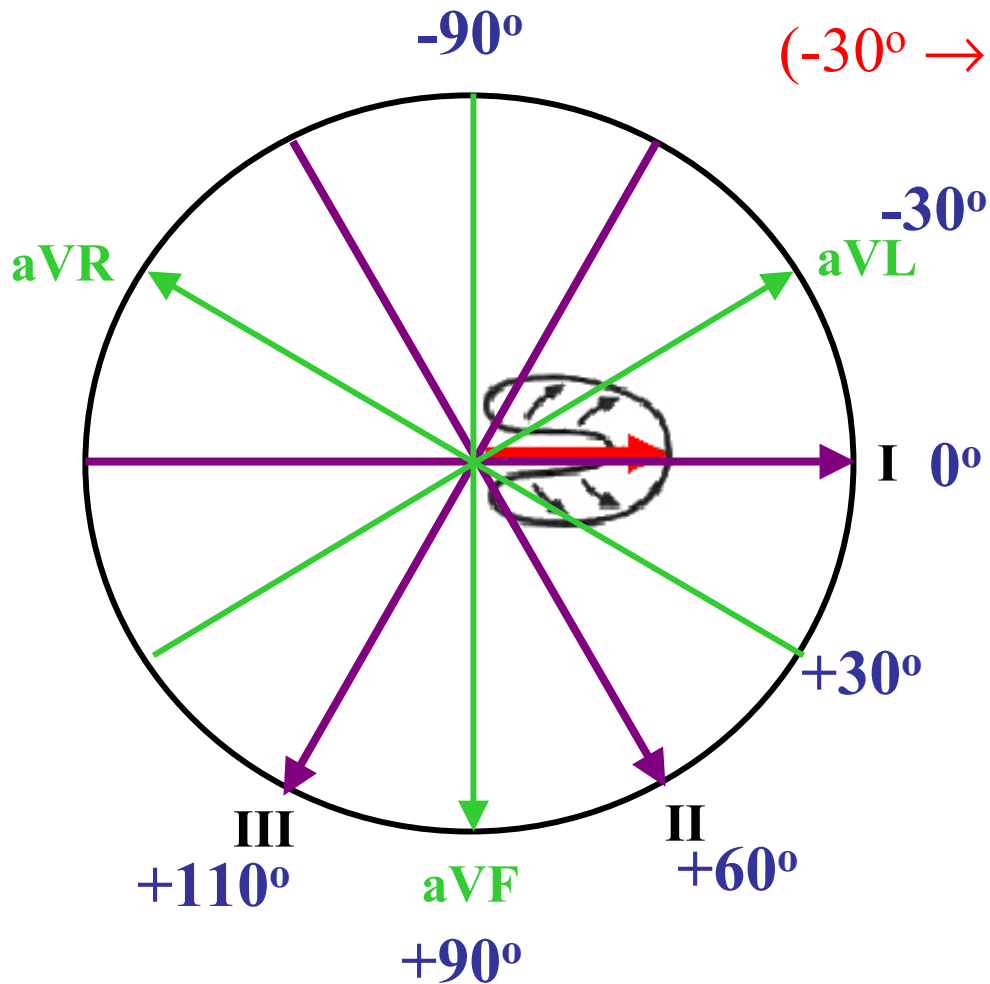


$$I + III = II \quad aVR + aVL + aVF = 0$$

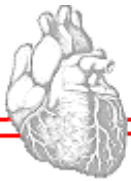


Complexul QRS în derivațiile membrelor

Ax orizontalizat
($-30^{\circ} \rightarrow +30^{\circ}$)

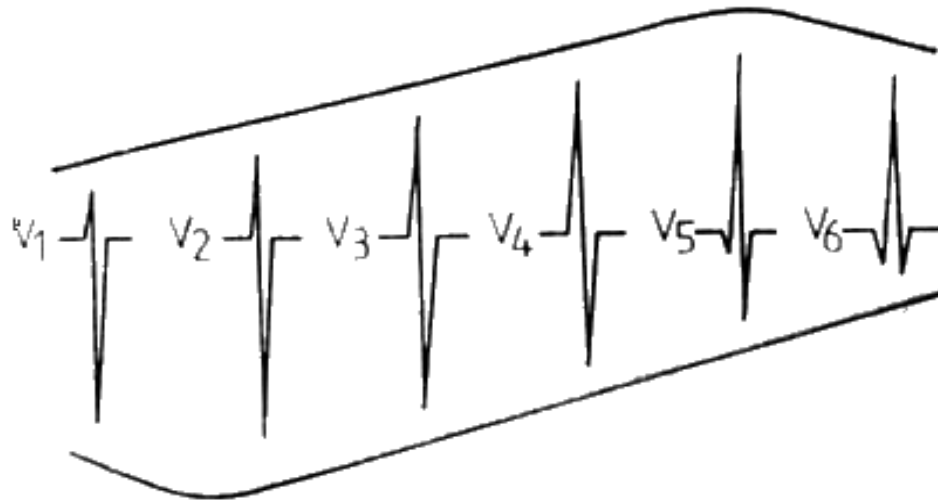


$$I + III = II \quad aVR + aVL + aVF = 0$$

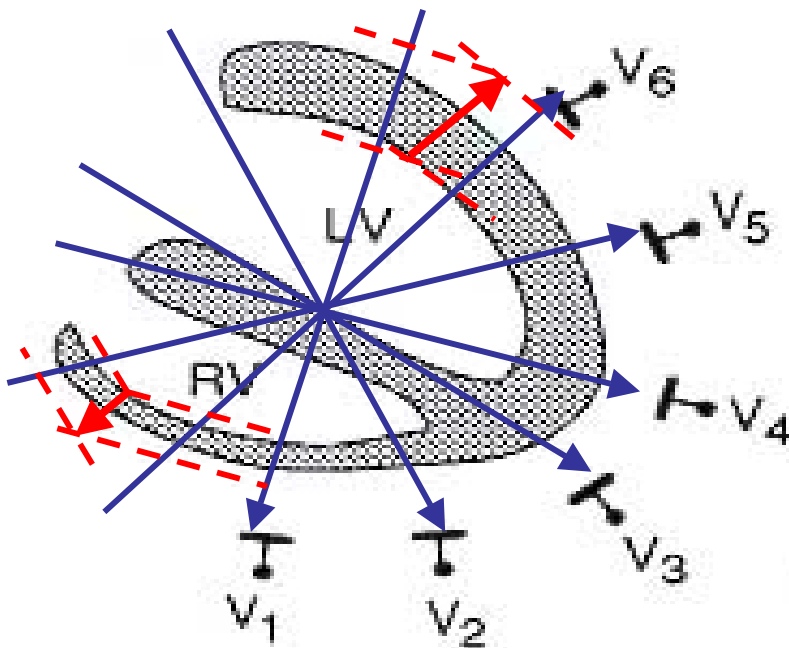


Complexul QRS în derivațiile precordiale

V_1, V_2 :
Derivații
drepte

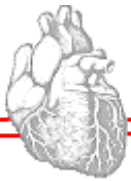


V_5, V_6 :
Derivații
stângi



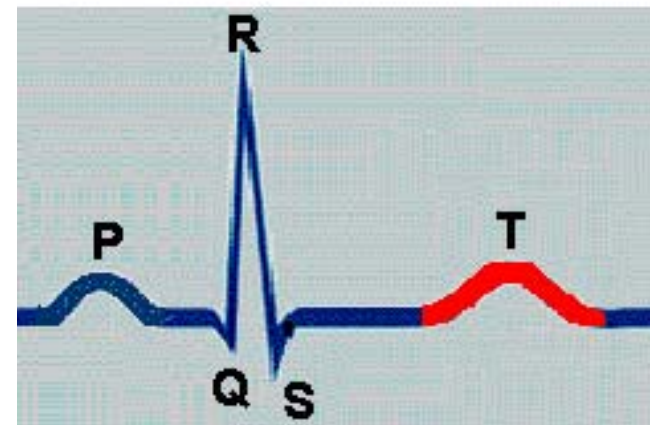
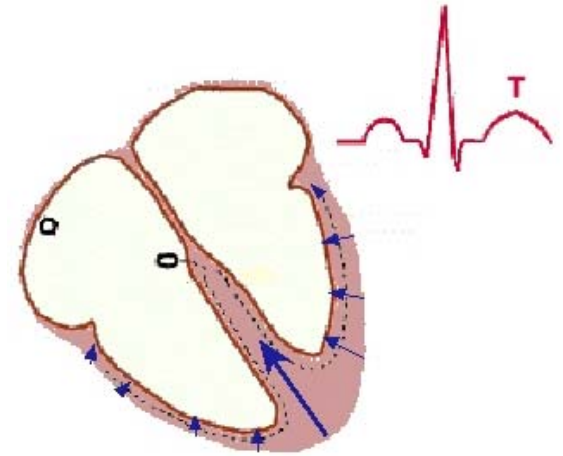
Aspect QRS:

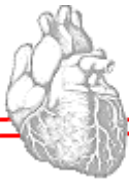
- V_1, V_2 : $R < S$ (rS);
- V_3, V_4 : zona de tranziție ($R = S$);
- V_5, V_6 : $R > S$ (Rs);
 - apare Q.
- Index Sokolov:
 $S_{V2} + R_{V5} < 35 \text{ mm.}$



Unda T

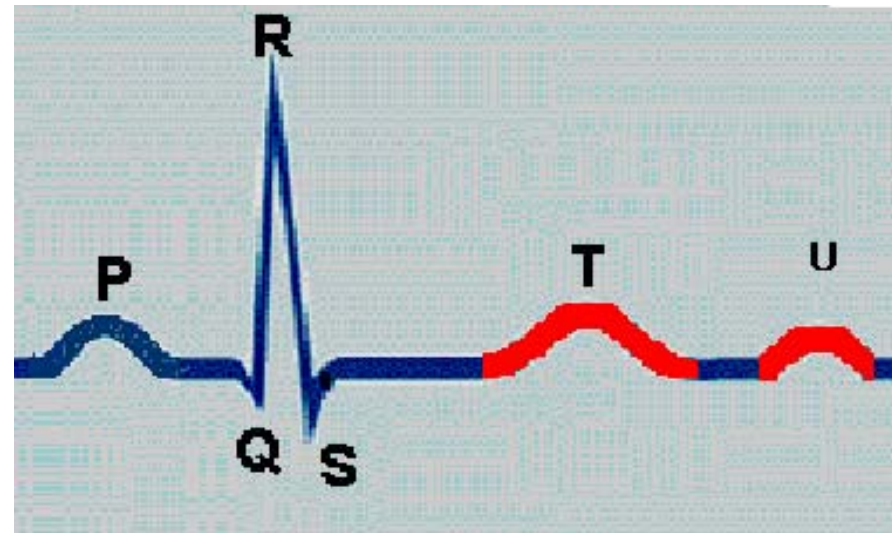
- Reflectă *repolarizarea ventriculară* (epicard $\rightarrow$ endocard);
- Aspect: rotunjită, asimetrică, cu panta descendentă mai abruptă;
- Sens: concordant cu complexul QRS
 - pozitivă în majoritatea derivațiilor;
 - negativă: aVR +/- în DIII, aVF, V1
- Amplitudine $< 1/3$ QRS (< 6 mm);
- Durata: 0,13-0,30 sec;
- Modificată de factori:
 - fiziologici: SNVP $\Rightarrow$ T înalt, asimetric (precordiale);
 - factori umorali ($\downarrow$ PO₂, Ca⁺⁺, K⁺).

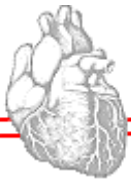




Unda U

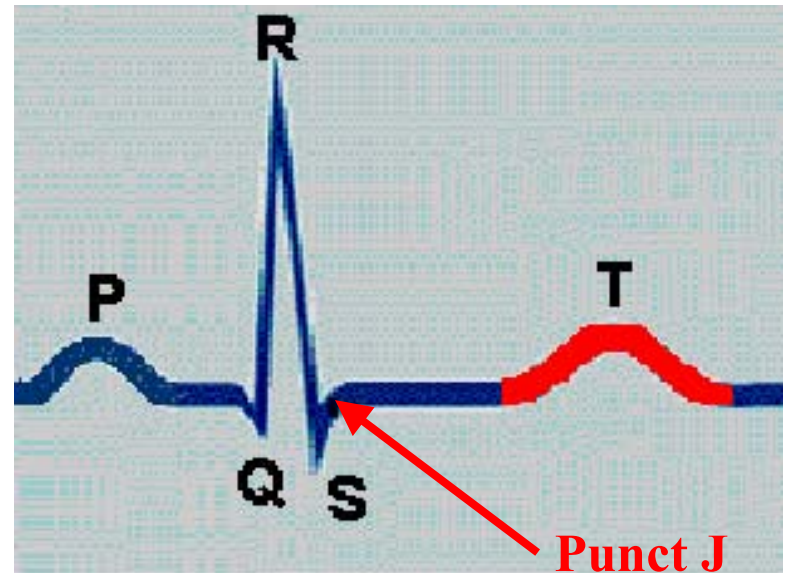
- Corespunde cu repolarizarea mușchilor papilari sau post-depolarizarea în fibrele Purkinje;
- Aspect: mică, rotunjită;
- Același sens cu unde T din aceeași derivație;
- Amplitudinea $< 1/4$ T din aceeași derivație;
 - mai evidentă la $\downarrow$ FC, $\downarrow$ $[K^+]$;
 - mai bine exprimată în derivațiile precordiale drepte (V1, V2).

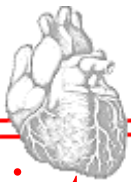




Segmentul PQ, ST. Punctul J

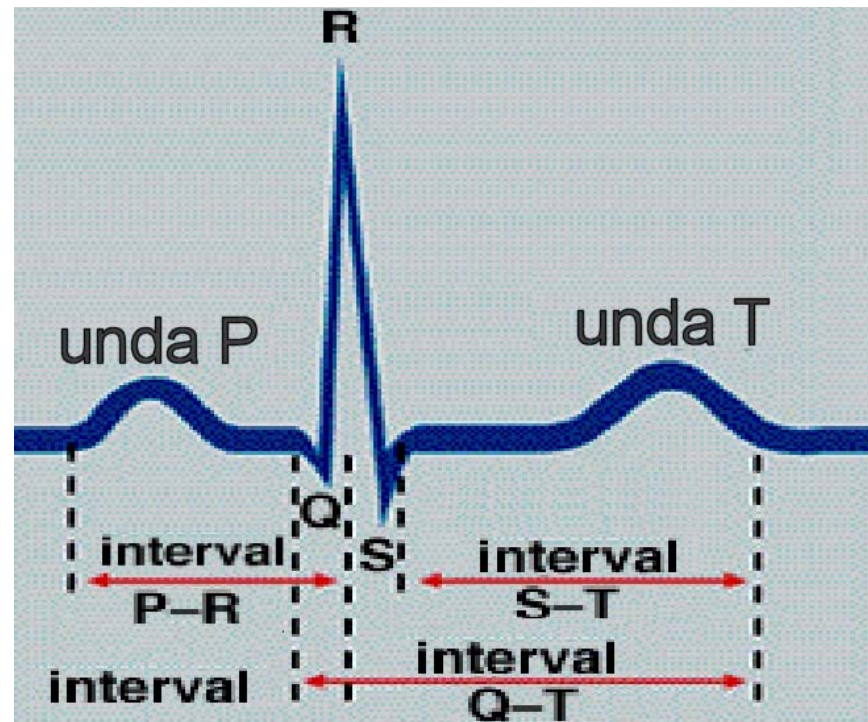
- **segmentul PQ (PR)** = stadiul depolarizat atrial,
 - durata **0,06-0,10 sec.**
- **segmentul ST** = stadiul depolarizat ventricular;
 - izoelectric (± 1 mm)
 - cu durata de **0.05-0.15 sec.**
 - **punctul J** - sfârșitul depolarizării ventriculare, uneori greu de depistat;
 - patologic - în cardiopatia ischemică: supra/subdenivelare mai marcată $\Rightarrow$ leziune.

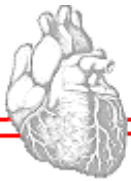




Intervale ECG

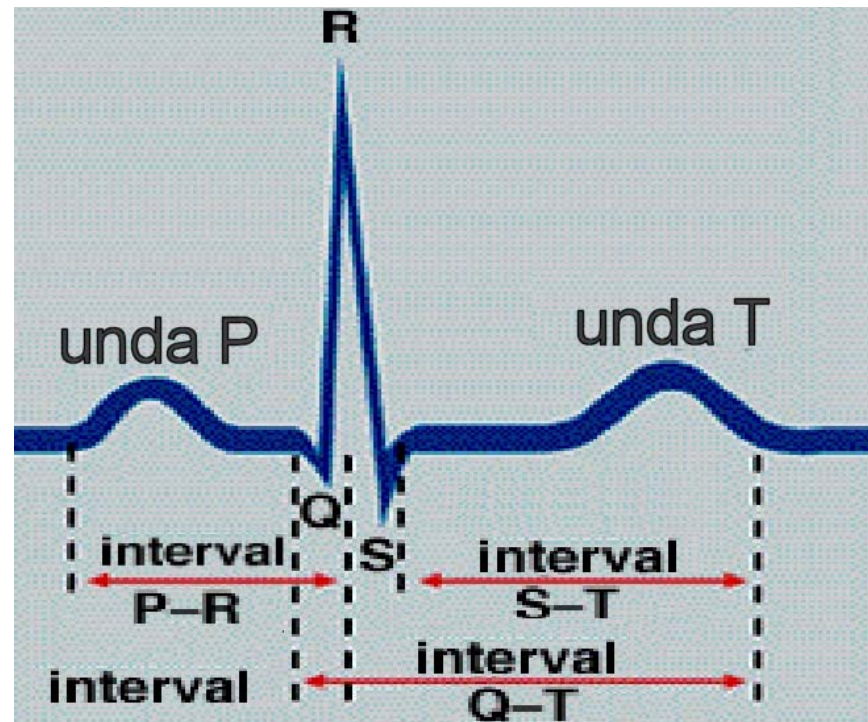
- **interval PR(PQ)** = conducerea atrio-ventriculară (conducerea intraatrială, NAV, și prin sistemul His-Purkinje);
 - durată: 0,12-0,20 sec;
 - ↓ ⇒ sindrom de preexcitație
 - ↑ ⇒ BAV.
- **interval ST** = stadiul depolarizat ventricular și repolarizarea ventriculară;
 - modificări caracteristice în:
 - cardiopatia ischemică,
 - tulburările de repolarizare ventriculară.



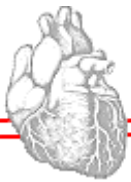


Intervale ECG

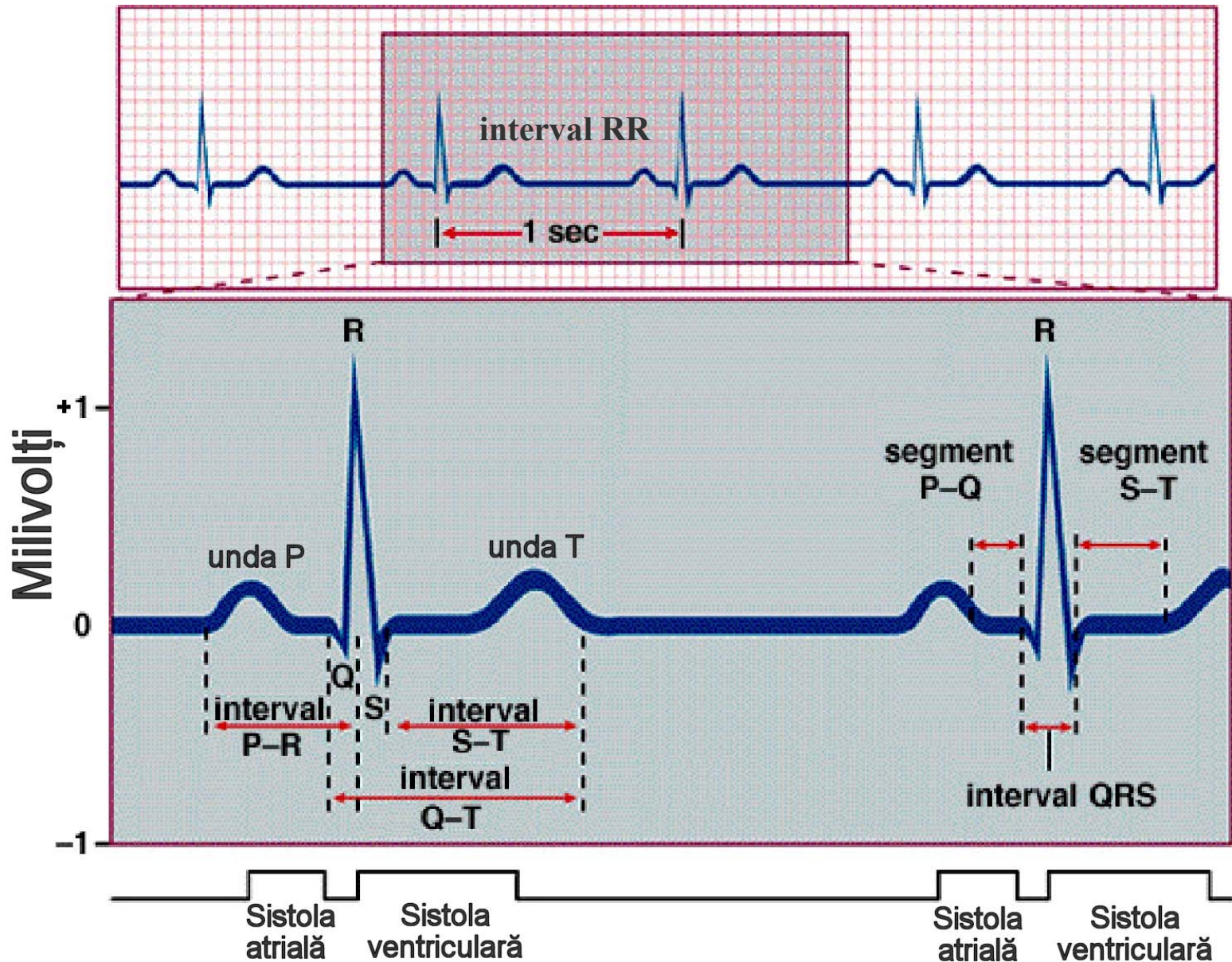
- **interval QT** = sistola electrică ventriculară (SEV), cuprinde depolarizarea și repolarizarea ventriculară;
 - durată: 0,35-0,45 sec (în funcție de FC).
- **interval RR** = durata unei revoluții cardiace (între două complexe QRS succesive) $\Rightarrow$ util pentru determinarea FC;
 - durată: variază invers proporțional cu FC (la FC=75 bpm, RR este de 0,80 sec).

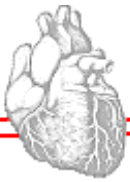


$$FC = \frac{60}{RR \cdot 0,04} = \frac{1500}{RR}$$



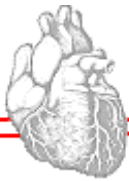
ECG – Unde, Segmente, Intervale





Interpretarea traseului ECG

1. Stabilirea ritmului cardiac
2. Stabilirea FC
3. Stabilirea axului electric
4. Analiza morfologică și cronologică a traseului ECG



Interpretarea traseului ECG

1. Stabilirea ritmului: normal = **ritm sinusal**

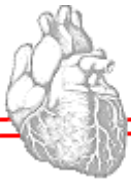
Criterii: unde P de aspect normal, urmate de complexe QRS normale la intervale PQ regulate.

2. Stabilirea FC: $$FC = \frac{60}{RR \cdot 0,04} = \frac{1500}{RR}$$

- Normal: **FC=60-80 bpm**

- Variații: $FC > 100 \text{ bpm} \Rightarrow$ tahicardie sinusală (**↑ SNVS**),
 $FC < 60 \text{ bpm} \Rightarrow$ bradicardie sinusală (**↑ SNVP**).

- Aritmia sinusală respiratorie: $FC \uparrow$ în inspir, $FC \downarrow$ în expir. Frecventă la copii.

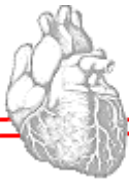


Interpretarea traseului ECG

3. Stabilirea axului electric: prin metoda triunghiului lui Einthoven sau triaxială

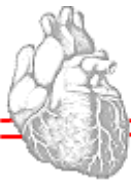
- Valori normale: - 30° - $+110^{\circ}$
 - ax orizontalizat: - 30° - $+30^{\circ}$ (obezi, gravide)
 - ax intermediar: + 30° - $+60^{\circ}$
 - ax verticalizat: + 60° - $+110^{\circ}$ (longilini, tineri)
- Rotația inimii în plan orizontal:
 - orară (la stânga): zona R=S $\rightarrow$ V5,V6
 - antiorară (la dreapta): zona R=S $\rightarrow$ V1,V2
- Patologic: - ax deviat la stânga: mai negativ de -30°
 - ax deviat la dreapta: peste $+110^{\circ}$

Ax electric	0°	30°	60°	90°
Proiecție maximă	DI	aVR	DII	aVF
Proiecție minimă	aVF	DIII	aVL	DI

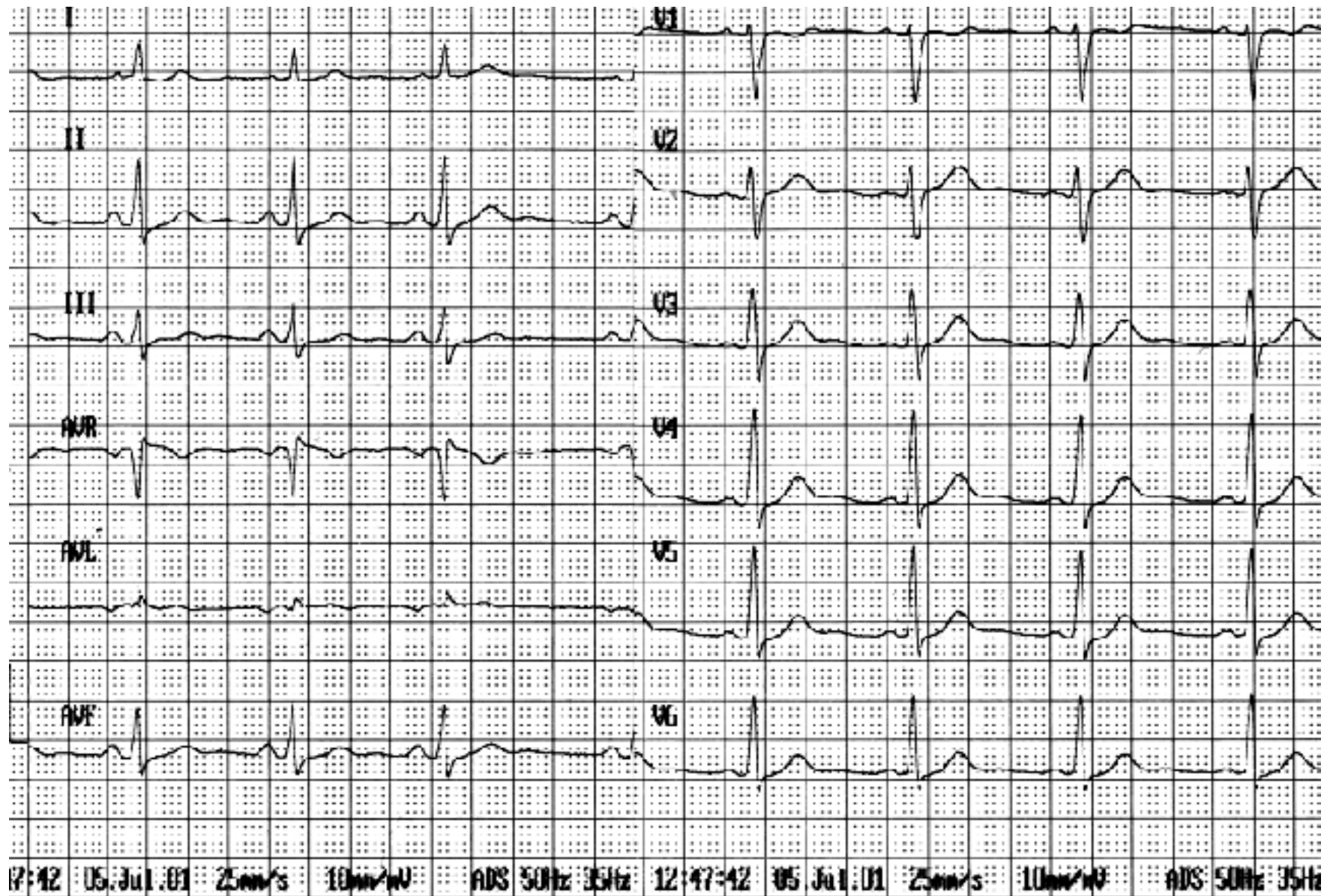


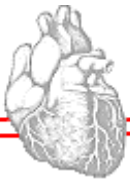
Interpretarea traseului ECG

4. Analiza morfologică și cronologică a traseului ECG:
- ✓ identificarea elementelor grafice ECG (unde, segmente, intervale),
 - ✓ măsurarea duratei și amplitudinii elementelor grafice ECG,
 - ✓ aprecierea morfologiei undelor,
 - ✓ aprecierea poziției segmentelor PQ și ST față de linia izoelectrică,
 - ✓ identificarea elementelor grafice ECG patologice.



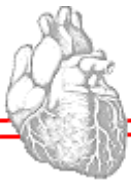
ECG în 12 Derivații





Utilitatea ECG

- Determinarea FC;
- Evaluarea funcției de conducere cardiacă;
- Determinarea axei electrice a inimii;
- Determinarea:
 - aritmiilor cardiace;
 - tulburărilor de conducere;
 - leziunilor peretelui cardiac;
- NU aduce informații despre funcția de pompă a inimii.



ECG în 12 Derivații

