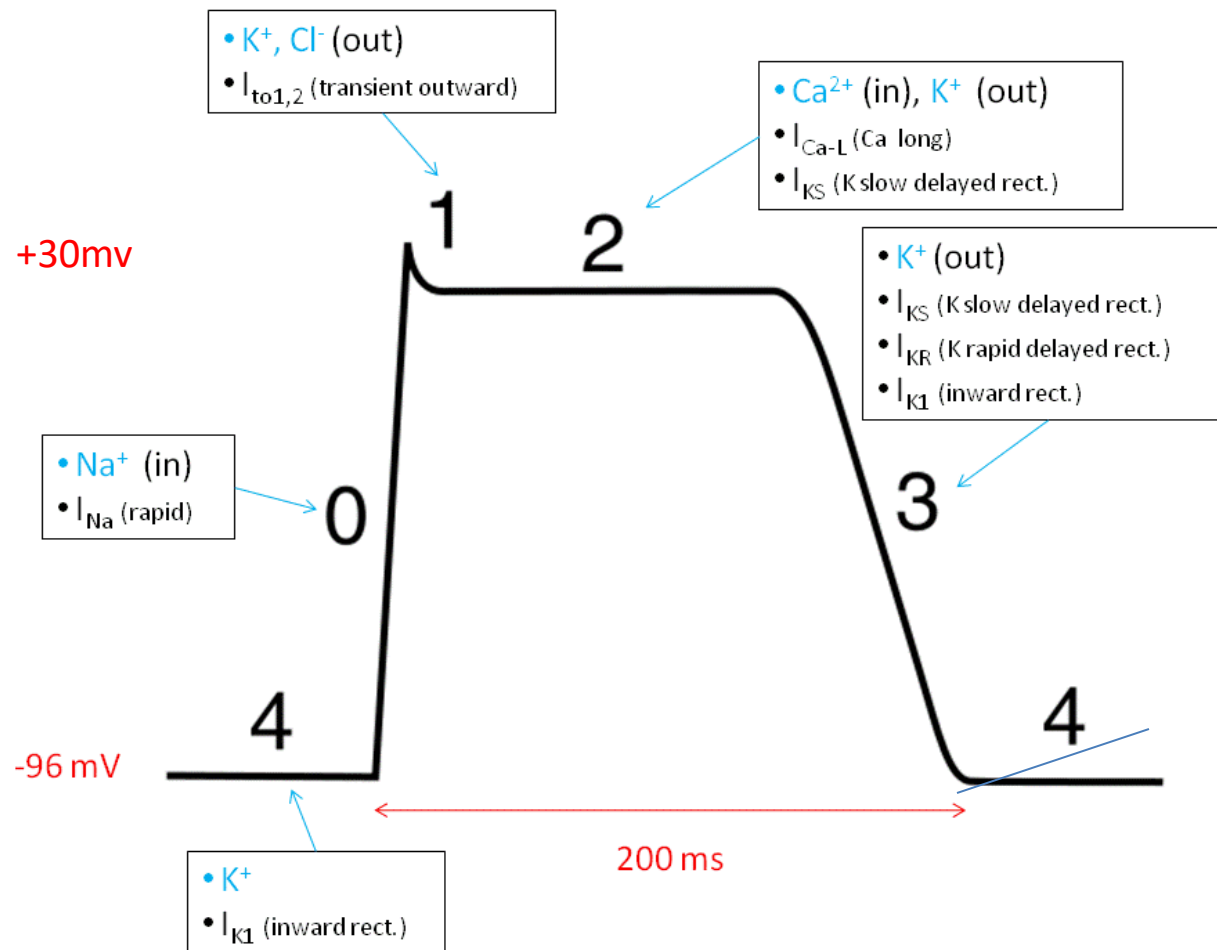


ELECTROCARDIOGRAMA NORMALĂ

- Electrocardiograma de suprafață este cea mai bună tehnică de înregistrare a activității electrice a inimii, cu implicații importante în diagnosticarea anumitor afecțiuni, în stratificarea riscului și în managementul terapeutic.
- Electrocardiograma înregistrează proiecția în timp a sumei tuturor potențialelor de acțiune ale celulelor miocardice de lucru și ale celulelor țesutului excitoconductor.
- În repaus celulele miocardice sunt polarizate, interiorul celulei fiind electronegativ și exteriorul electropozitiv. Valoarea potențialului intracelular de repaus al celulei variază între -50 -60 mV (pentru celulele nodului sinusal) și -80- 95 mv (pentru miocitele ventriculare de lucru și fibrele Purkinje).
- Sub acțiunea unui stimul electric se declanșează depolarizarea celulei și generarea unui potențial de acțiune.

Potențialul de acțiune



- Depolarizarea celulelor miocardice poate fi asemanata cu un dipol- sarcini electrice opuse (sarcina negativa si pozitiva) dispuse alaturat intre care apare un curent electric
- Potențialele generate de fibrele miocardice sunt înregistrate cu ajutorul unor electrozi exploratori plasați în diferite poziții la nivelul membrelor și toracelui.
Datorită interpunerii diferitelor țesuturi între miocitele cardiace și electrozii exploratori amplitudinea semnalelor înregistrate este de 1% din amplitudinea potențialului transmembranar. Este nevoie de amplificarea și filtrarea semnalelor înregistrare.
- Amplificarea uzuală este de 1000 de ori.
- Frecvența semnalelor înregistrare variază între 0,05Hz- 150Hz la adulți, cu extensie la 250 Hz la copii.

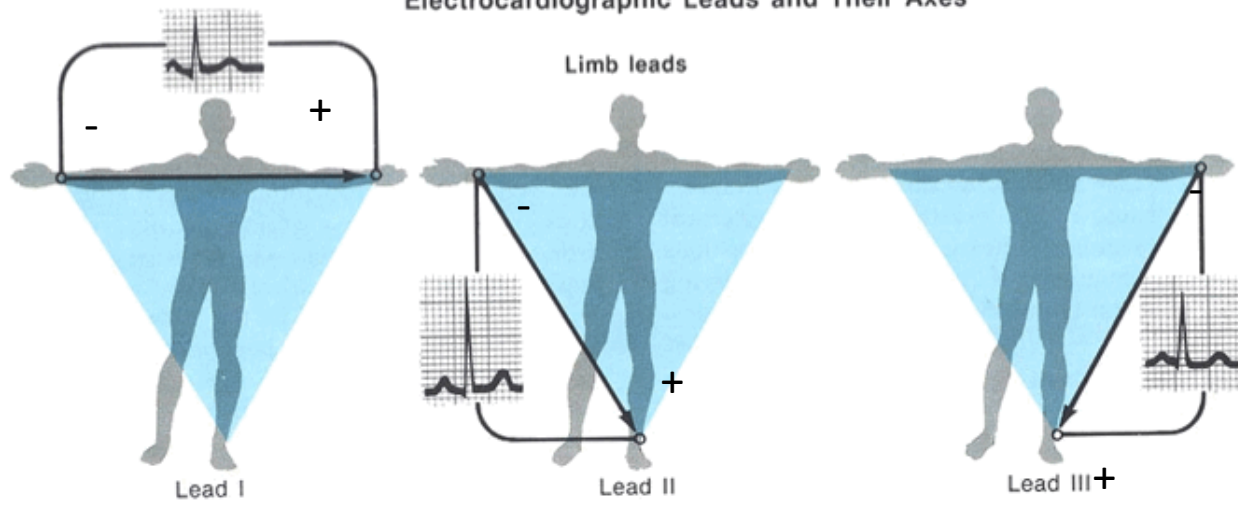
- Derivația ECG reprezintă raportul spațial între două puncte în care se plasează electrozii exploratori. Fiecare derivație este configurată bipolar și înregistrează diferența de potențial electric între cei 2 electrozi.
- Se folosesc 6 derivații frontale și 6 derivații orizontale standard.

Derivații frontale- derivațiile standard ale membrelor (DI, DII, DIII) și derivațiile membrelor amplificate (aVR, aVL, aVF)

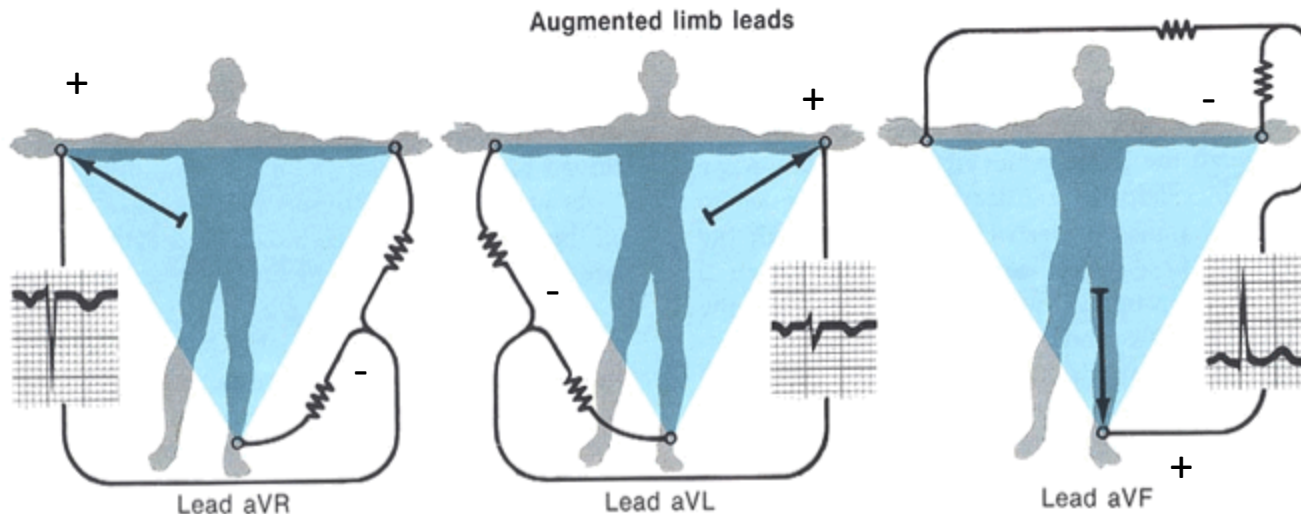
Derivații orizontale- derivațiile precordiale

ECG Limb Leads

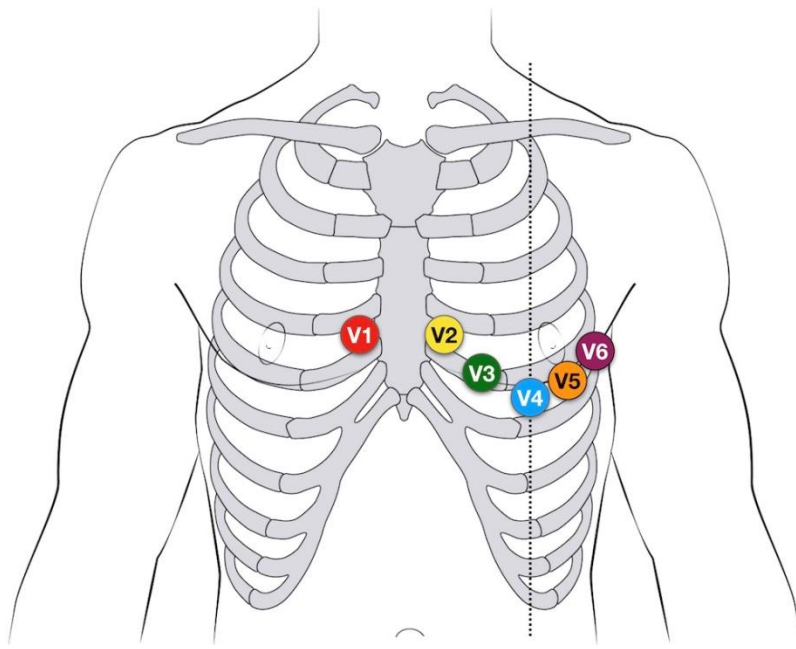
Electrocardiographic Leads and Their Axes



ECG Augmented Limb Leads



aVR- electrod pozitiv pe bratul drept- electrod de referință (electrod negativ) format prin conectarea celorlalți 2 electrozi de pe bratul stâng și piciorul stâng cu interpunerea unor rezistențe de 5000 ohm

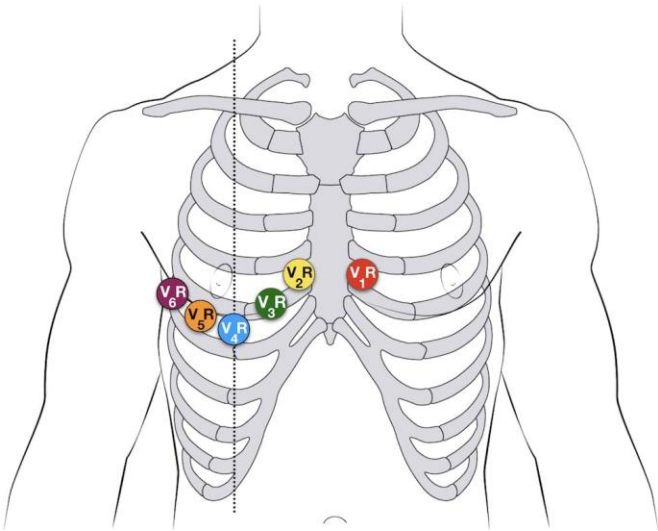


Derivații precordiale

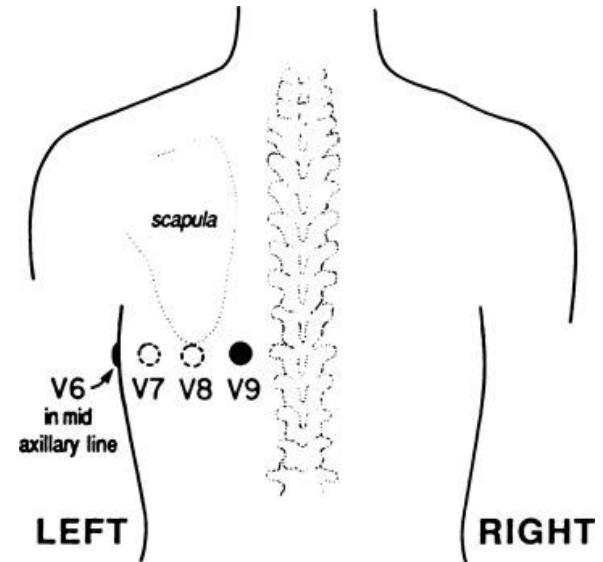
- electrodul pozitiv- fiecare electrod V1, V2 – V6
- electrod de referință (negativ)- obținut prin conectarea electrozilor de la nivelul membrelor

Derivații suplimentare

Derivații precordiale drepte



Derivații precordiale stângi



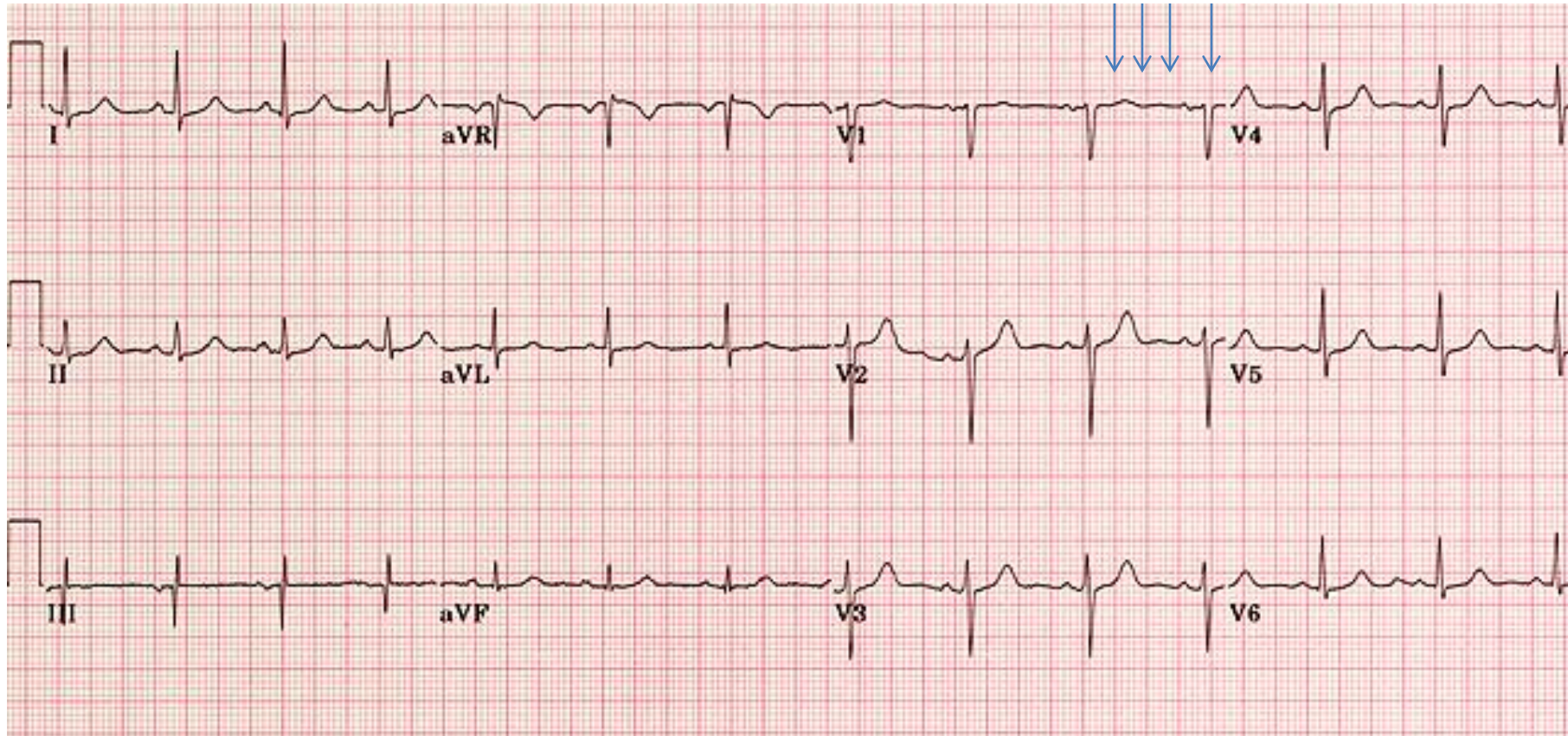
Seriile V' si V'' - derivatiile precordiale plasate cu 1 spațiu sau 2 spații intercostale mai sus

Ritmul sinusă- criterii

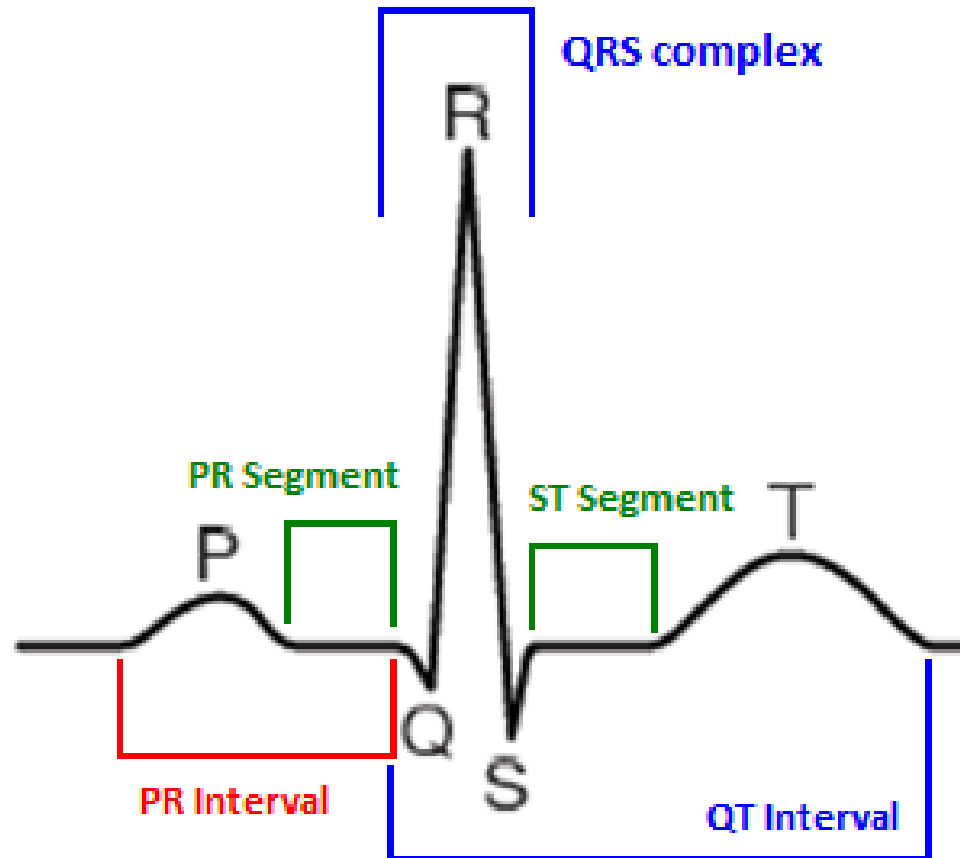
- prezența unei P sinusale înainte a fiecărui complex QRS, unde P sinusă este pozitivă în deriv DI, DII, aVL, aVF, V3-V6, este negativă în aVR și este de regulă bifazică în V1, V2(componentă pozitivă+ componentă negativă), poate fi pozitivă sau negativă în DIII
- frecvența sinusă este între 60-100/min
- intervalele PP au mici variații de durată (fiziologic frecvența cardiacă crește în inspir și scade în expir ceea ce este reprezentată aritmia sinusă respiratorie)

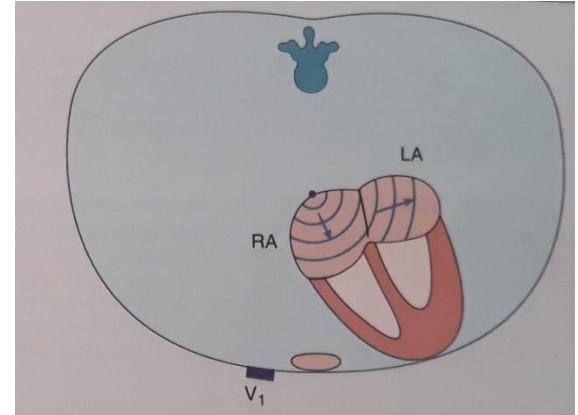
axa orizontala (a timpului) 25 mm/s 1mm=0,04 s

axa verticala (amplitudinea) 1mV= 10 mm



Calcularea frecventei cardiace- 1500/nr de mm intre doua unde R succesive
- metode rapide de calcul





Unda P

- reprezintă depolarizarea atrială, este o undă rapidă
- Unda P sinusală este pozitivă în deriv DI, DII, aVF, aVL, V3-V6, este de regulă bifazică (+-) în V1, V2; în deriv DIII poate fi pozitivă sau negativă și este întotdeauna negativă în aVR
- vectorul depolarizării atriale pornește din partea superioară și posterioară a atriului drept (AD) (localizarea nodului sinusal) și este orientat anterior și inferior pe durata depolarizării AD și apoi posterior pe durata depolarizării atriului stâng (AS)
- durata undei P < 120 ms , amplitudinea < 2,5 mm (0,25 mV)
- axul undei P variază între 0 și +60

P ectopic - P negativ în DI provine dintr-un focar din atriul stâng

- P negativ în DII, DIII, aVF cu interval PR normal provine din porțiunea posterioară a atriilor

- P negativ în DII, DIII, aVF, cu interval PR < 120 ms provine din nodul atrioventricular (ritm nodal/ ritm jonctional)

Segmentul PR

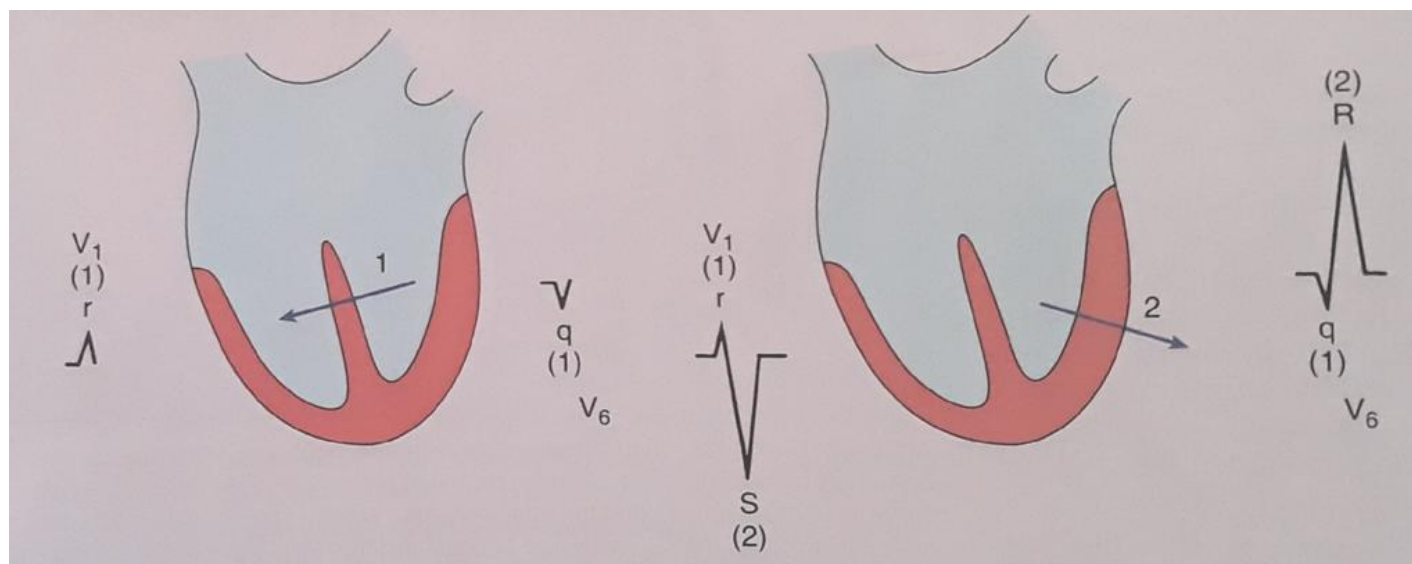
- reprezintă depolarizarea nodului atrioventricular, a fasciculului His, ramurilor sale și rețelei Purkinje ; segmentul PR este izoelectric
- repolarizarea atrială produce o undă negativă de mică amplitudine (Ta) care se suprapune pe segmentul PR și începutul QRS și nu este obișnuit vizibilă
- intervalului PR (include unda P și segmentul PR) are durata între 120- 200 ms

Modificările segmentului PR

- subdenivelarea segmentului PR apare în pericardită și în infarctul atrial
- subdenivelarea segmentului PR apare normal în timpul efortului fizic
- alungirea constantă a intervalului PR ≥ 210 ms definește blocul atrioventricular de gradul I
- scurtarea PR < 120 ms apare în sdr. de preexcitație Wolff- Parkinson White (cale accesorie atrioventriculară) și în sdr. Lown Ganong Levine (cale accesorie atrionodală)

Complexul QRS

- reprezintă depolarizarea ventriculară (a miocardului de lucru)
- morfologia- depinde de axul QRS și modul cum se proiectează vectorul QRS pe diverse derivații
 - în DI- aspect qR (ax spre 0) sau RS (ax spre +90)
 - în DII, DIII, aVF – aspect rS sau RS (ax spre 0) sau qR (ax spre +90)
 - V1,V2 -aspect rS , în V3, V4 - RS (zona de tranziție) și în V5, V6 - qRs
- Amplitudinea QRS- variază în funcție de vârstă, sex, rasă/ există nomograme cu valori normale; in general variaza între 0,5-1,6 mV (5-16 mm)
- Durata QRS este între 0,06-0,11 s (0,12s)



- Axul electric al QRS este normal între -30 și +90;
 - axul QRS < -30 definește devierea axială stângă
 - axul QRS > +90 definește devierea axială dreaptă
 - axul între -90 și + 180 reprezintă deviere axială extremă
- Există unda q (fiziologic) în deriv V5, V6, DI, aVL (produsă de depolarizarea septului interventricular) și poate apare în deriv DIII (+/- DII, avF) dacă axul electric este la +90
 - durata $q \leq 30-40\text{ms}$ și amplitudinea $q < \frac{1}{4}$ amplitudinea R
 - în derivația DIII durata Q poate depăși 40 ms și amplitudinea poate ajunge la 4 sau 5 mm; aspectul undei q din DIII adesea duce la diagnosticul eronat de infarct miocardic vechi
 - unda Q “ fiziologica” din DIII poate dispărea în inspirație

Axul electric al QRS

-90

*Deviatie axiala extrema
(de la -30 la -180 grade)*

*Deviatie axiala stanga
(<-30 grade)*

- aVF

aVL
+

-30

DI

-

+

0

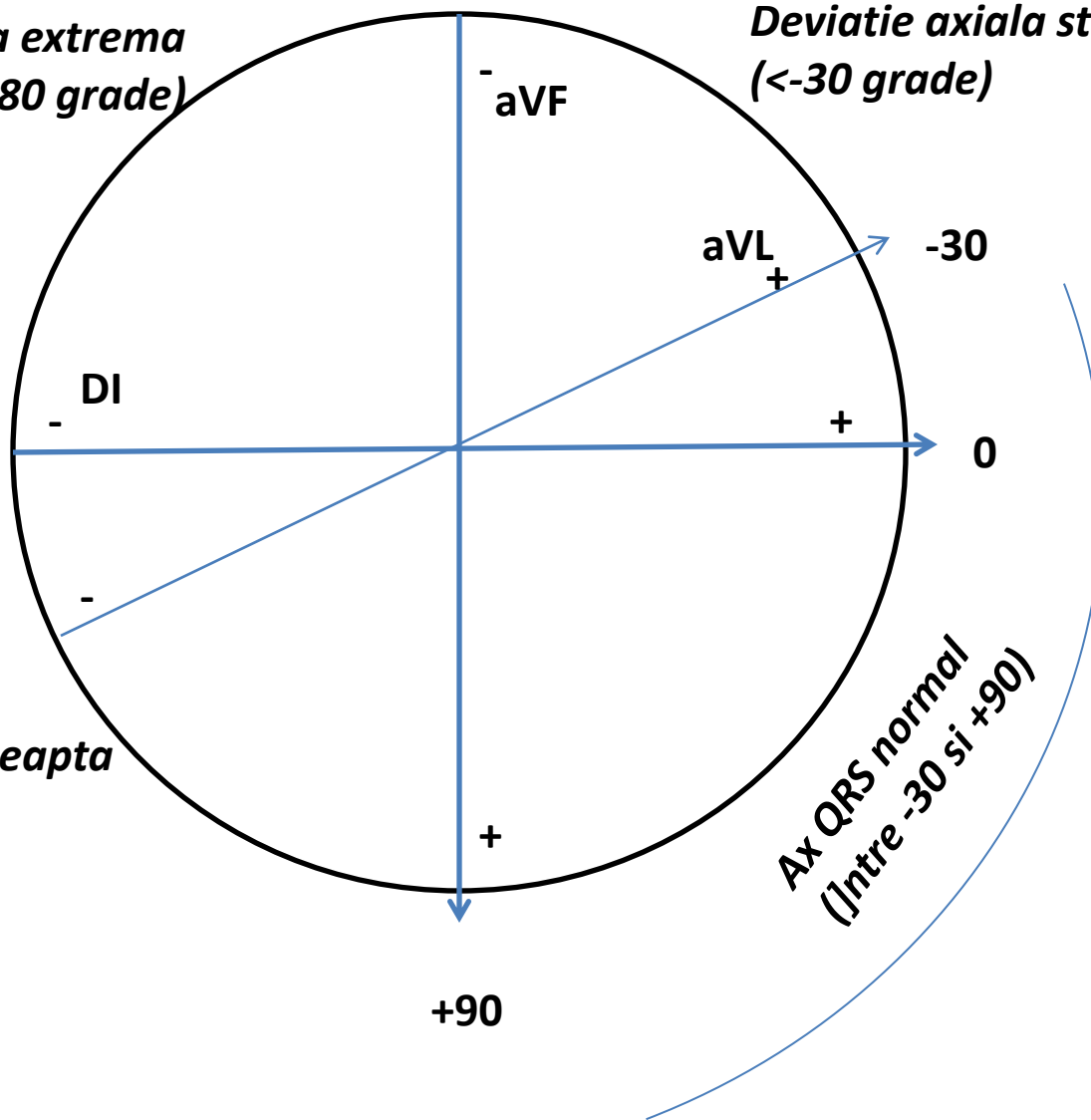
-

+

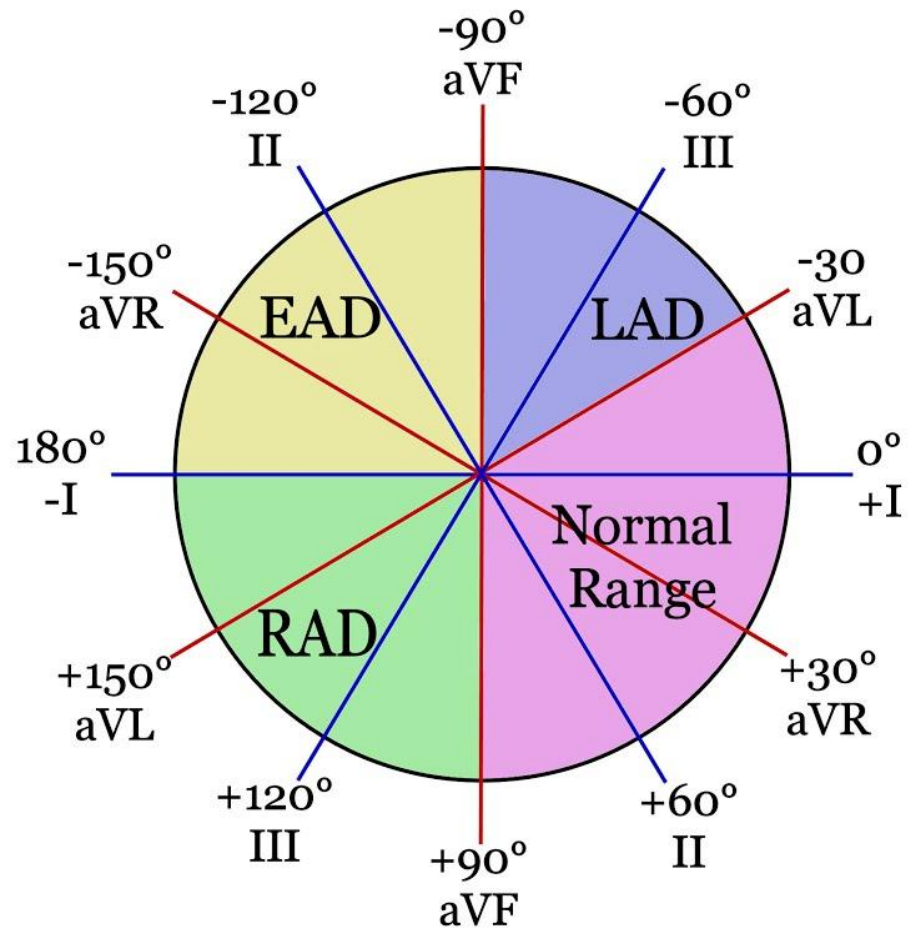
+90

*Deviatie axiala dreapta
(>+90 grade)*

*Ax QRS normal
(Intre -30 si +90)*



Calcularea axul electric al ORS



Segmentul ST și unda T

- reprezintă repolarizarea ventriculară
- segmentul ST** este de regulă izoelectric în deriv. membrelor dar poate fi sub/supradenivelat cu max 1 mm; în deriv V2, V3 segmentul ST poate fi supradeniv până la max 3 mm (la persoane tinere- sub 30 ani) și până la 2 mm la persoane până la 50 ani; în V5, V6 supradeniv este mai mică de 1 mm
- orice subdeniv ST în deriv precordiale este patologică
- unda T** este o undă lentă, are aceeași polaritate cu complexul QRS, astfel T este pozitiv în DI, DII, V3-V6 și poate fi aplatizată sau negativă în DIII; unda T este negativă în V1-V6 la naștere și ulterior se pozitivează, în deriv V1-V2 rămânând cel mai mult timp negativă ; unde T negative în V1, V2 la adultul tânăr sănătos se numesc "persistența T juvenil"; unda T poate fi bifazică (+-) în V1, V2
- amplitudinea $T \leq 6$ mm ; cel mai amplu T este în V2, V3
- durata T -0,12-0,3 s

Unda U este o undă lentă și de mică amplitudine; reprezintă repolarizarea rețelei Purkinje sau a unor zone din miocard care se relaxează tardiv

- este vizibilă la frecvențe joase
- are aceeași polaritate cu unda T, amplitudinea U sub 2 mm,

Durata intervalului QT se adaptează la frecvența cardiacă, se scurtează în tahicardie și se alungește dacă frecvența cardiacă scade.

Durata QT se corectează în funcție de frecvența cardiacă (prin formula Bazett).
QT corectat (QTc) are durată sub 460 ms la bărbați și sub 470 ms la femei. Valori peste aceste limite definesc QT lung.

Durata QTc sub 320 ms definește QT scurt.

TEHNICI EKG INRUDITE

**POTENTIALE VENTRICULARE TARDIVE
MICROALTERNANTA DE UNDA T
MONITORIZAREA HOLTER EKG**

ELECTROCARDIOGRAMA DE ÎNALTĂ REZOLUȚIE – POTENȚIALE TARDIVE

ECG de înaltă rezoluție (SAECG) se folosește pentru înregistrarea unor potențiale electrice de amplitudine mică ce apar la finalul QRS, denumite **potențiale ventriculare tardive**, produse de depolarizarea unor teritorii miocardice unde conducerea electrică este întârziată.

Tenhică – sistem de derivații ortogonale Frank (deriv. X, Y, Z)

Derivația X- sp IV ic pe ambele linii axilare

Derivația Y- partea superioară a manubriului sternal- piciorul stâng

Derivația Z- sp IV ic (V2)- posterior paravertebral stânga

-se amplifică semnalele de intensitate mică

-spectrul minim al frecvențelor înregistrate 0,5- 250 Hz cu o frecvență de analiză de 1000 Hz

Medierea semnalului – se analizează cel puțin 50-300 de complexe QRS, se compară între ele și cu un complex reprezentativ (șablon), se exclud bătăile ectopice și semnalele zgomotoase

Reducerea zgomotului- pregătire piele, mediu relaxat, controlul temperaturii mediului, filtru

- nivelul de zgomot să fie $<1 \mu V$ la 25 Hz și $<0,7 \mu V$ la 40 Hz

Analiza datelor – durata QRS filtrat

- **rădăcina pătrată din voltajul ultimelor 40 ms ale QRS filtrat (RMS-40)**

- **timpul în care potențialele electrice sunt sub $40 \mu V$ (HFLA-40)**

Criterii de potențiale tardive (la un filtru de 40 Hz) pentru QRS cu durata normală în 12 deriv

- durata QRS filtrat >114 ms

-RMS $< 20 \mu V$

-durata HFLA este mai mare de 38 ms

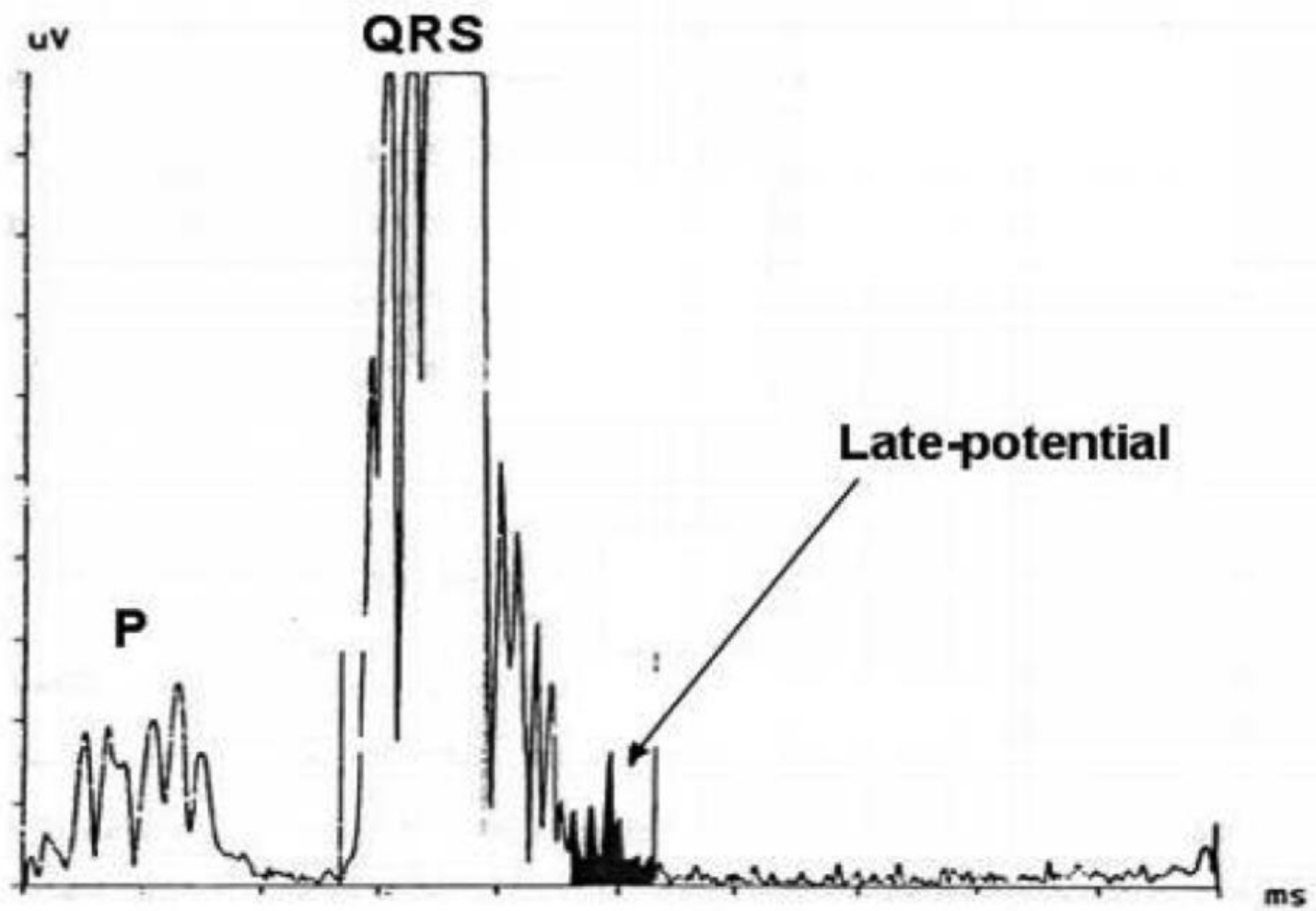
- PVT au fost inițial înregistrate la animalele la care s-a indus infarct miocardic și se corelează cu aspectul QRS fragmentat

PVT sunt produse de miocardul din vecinătatea zonei de infarct, unde datorită fibrozei (cicatrice fibroasă) conducerea electrică este mai lentă și neomogenă sau calea de excitare este mai lungă. Prezența conducerii lente predispune la aritmii ventriculare prin reintrare (TV).

- PVT- valoare predictivă pozitivă mică pentru riscul aritmic (PVT sunt prezente la 14-29% din **pacienții cu IM vechi care dezvoltă TVS** dar sunt prezente și la 0,8-4,5% din cei fără TVS); PVT sunt prezente la 3,6-40% din cei cu **moarte subită cardiacă**

- Valoare predictivă negativă mare pentru aritmii** (PVT sunt absente la peste 95% din cei care nu prezintă TVS)

- PVT sunt utile alături de alți parametrii în evaluarea neinvazivă a riscului aritmic la pacientul cu infarct miocardic**



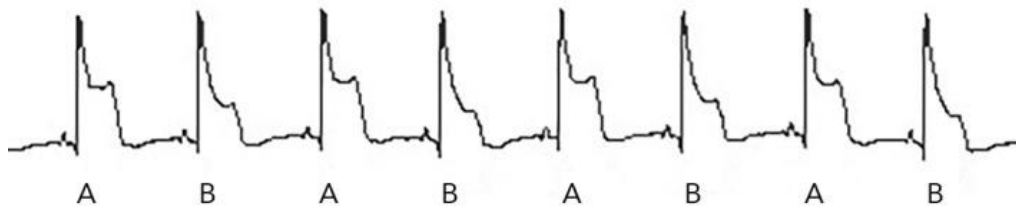
Microalternanța undei T

Microvolt T wave alternans (TWA) indică prezența unor variații ale amplitudinii și morfologiei undei T de la o bătaie la alta. **Se asociază cu creșterea riscului de aritmii ventriculare maligne.**

TWA reflectă heterogenitatea repolarizării- variații ale duratei și formei potențialului de acțiune al miocitelor cardiace, probabil produse de variații ale fluxului de Ca^{2+} intracelular.

TWA -crește în următoarele situații- tahicardie, extrasistole ventriculare, stimulare adrenergică
- scade în – administrare de beta blocante, denervare simpatică, stimulare vagală

Detectare TWA prin metode - analiză spectrală a semnalului EKG
- mediere în timp a semnalului EKG

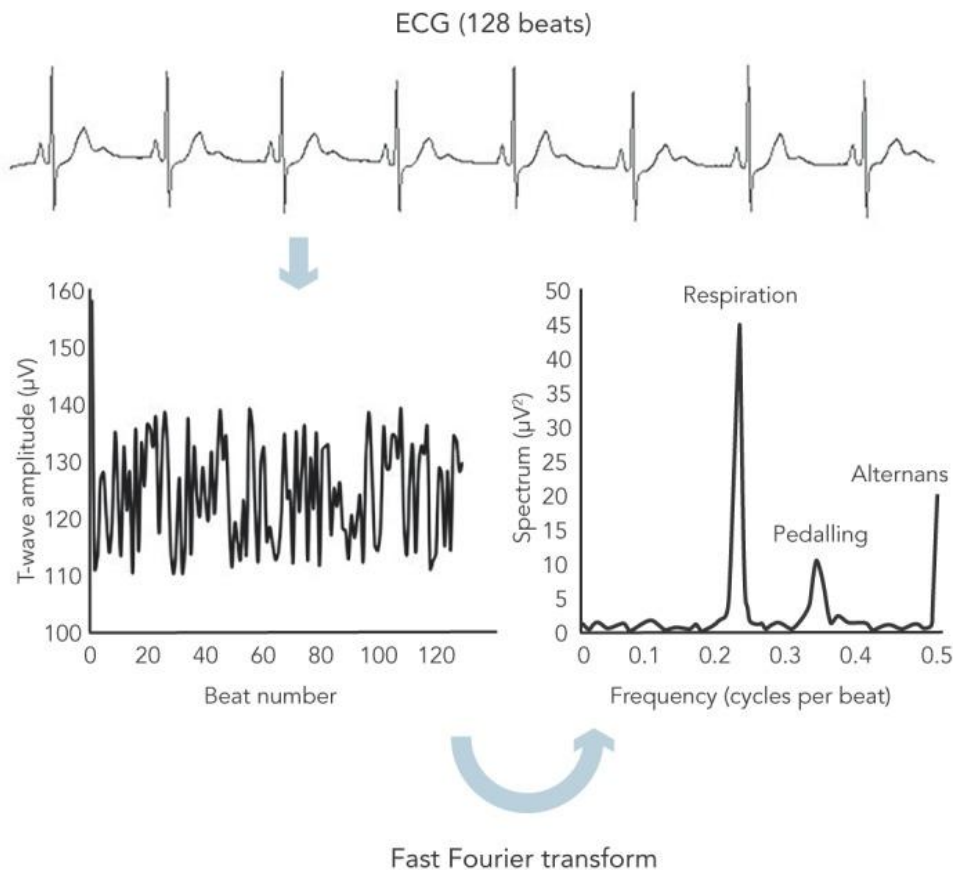


Alternanță macroscopică ST-T în
ocluzia unei artere coronare într-un
model animal (după A.L.Aro)

TWA se asociază **cu risc crescut de mortalitate/ moarte subită cardiacă** la pacienții post infarct miocardic dar și în boli cardiace nonischemice (ICC) indiferent de valoarea FE.

Este util pentru evaluarea noninvazivă a riscului aritmic

În prezent nu există un algoritm clar stabilit pentru terapie la cei cu TWA prezentă.



TWA – metoda spectrală

- analiza se face la o AV de 105-110 b/min obținută prin exercițiu fizic sau farmacologic sau prin pacing atrial și necesită electrozi de înaltă rezoluție
- analiza spectrală a fluctuațiilor de amplitudine ST-T în 128 de complexe QRS aliniat
- Se calculează rădăcina pătrată din puterea spectrală ce apare la o frecvență de alternanță de 0,5 cicli/bătăie după reducerea zgomotului
- nivel TWA $\geq 1,9 \mu V$ pentru mai mult de 2 minute este considerat pozitiv**

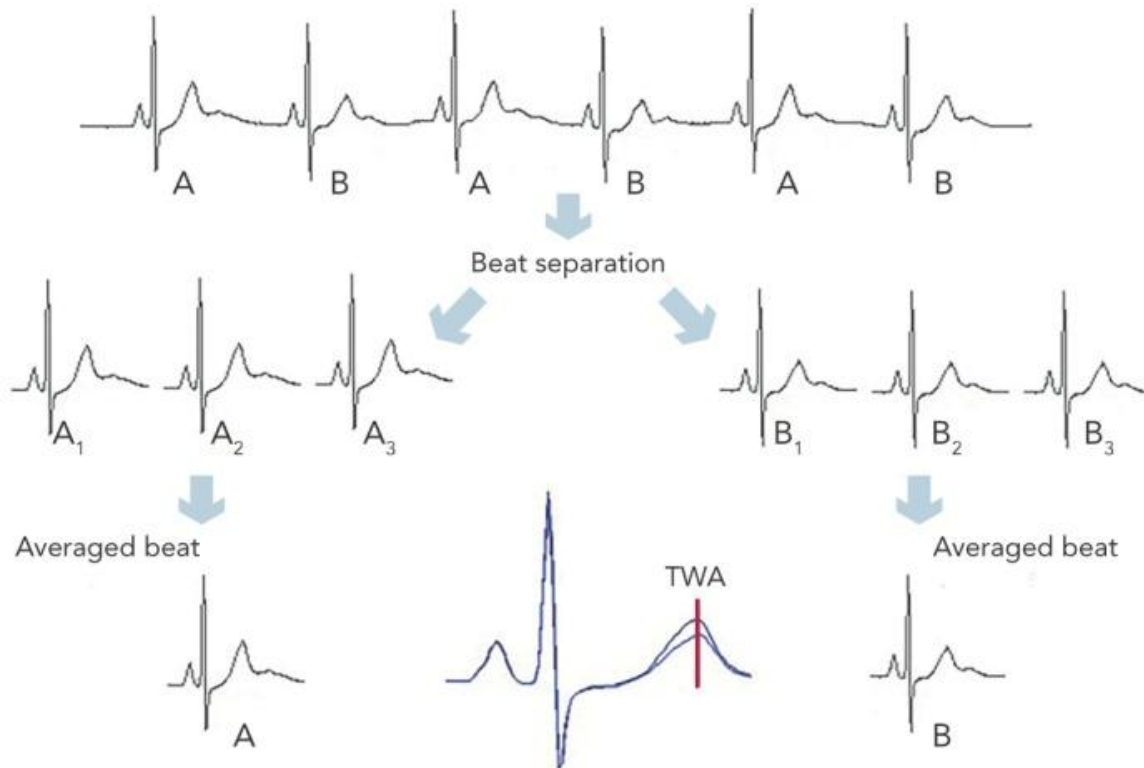
TWA- metoda bazată pe medierea în timp a semnalului EKG

- complexele QRS succesive sunt împărțite în băți pare și impare, se analizează un număr mare de complexe pentru fiecare grup prin suprapunere, creîndu-se un complex reprezentativ (average)

- cele două complexe "average" sunt suprapuse și se înregistrează diferența maximă în orice punct ST sau T

- determinarea se poate face în timpul testul de efort sau în timpul monitorizării Holter/24h

- TWA $\geq 47\mu V$ este anormală, TWA $\geq 60\mu V$ este sever anormală



Holter-ul EKG și alte modalități de monitorizare ambulatorie a ritmului cardiac

■ Norman J. Holter (1914-1983)- biofizician american, inventatorul tehnicii și dispozitivului de monitorizare continuă a ritmului cardiac pe o perioadă lungă de timp la pacienții ambulatorii;

-monitorul inițial era voluminos, cântărea 34 kg, era purtat de pacient în spate, înregistrarea EKG se făcea pe bandă magnetică, se înregistra o singură derivație timp de câteva ore

-în prezent dispozitivul Holter are dimensiuni mult mai mici, greutate 200g, este conectat la 4-6 electrozi plasați pe toracele pacientului, înregistrează 2- 3 derivații timp de 24-48 h, unele aparate moderne permit înregistrarea până la 2 săptămâni

-este recomandat ca pacientul să țină un jurnal și să consemneze momentele în care simte palpitații

■ Indicațiile monitorizării Holter

-palpitații

-sincopă

-evaluarea riscului aritmic (decelarea aritmiilor ventriculare) la pacienții cu risc potențial de moarte subită cardiacă

-decelarea episoadelor de fibrilație atrială (cauză embolică a AVC)

Dispozitiv Holter



Norman J. Holter și dispozitivul său
de monitorizare EKG



Dispozitiv Holter modern

▪Monitorizarea Holter poate evidenția tulburări de ritm sau de conducere care pot fi cauza palpitațiilor sau sincopei de exemplu (și pacientul va primi tratamentul adecvat)

-Bloc atrioventricular de gradul II sau III

-Bradicardie sinusală, opriri sinusale, bloc sinoatrial de gradul II sau III

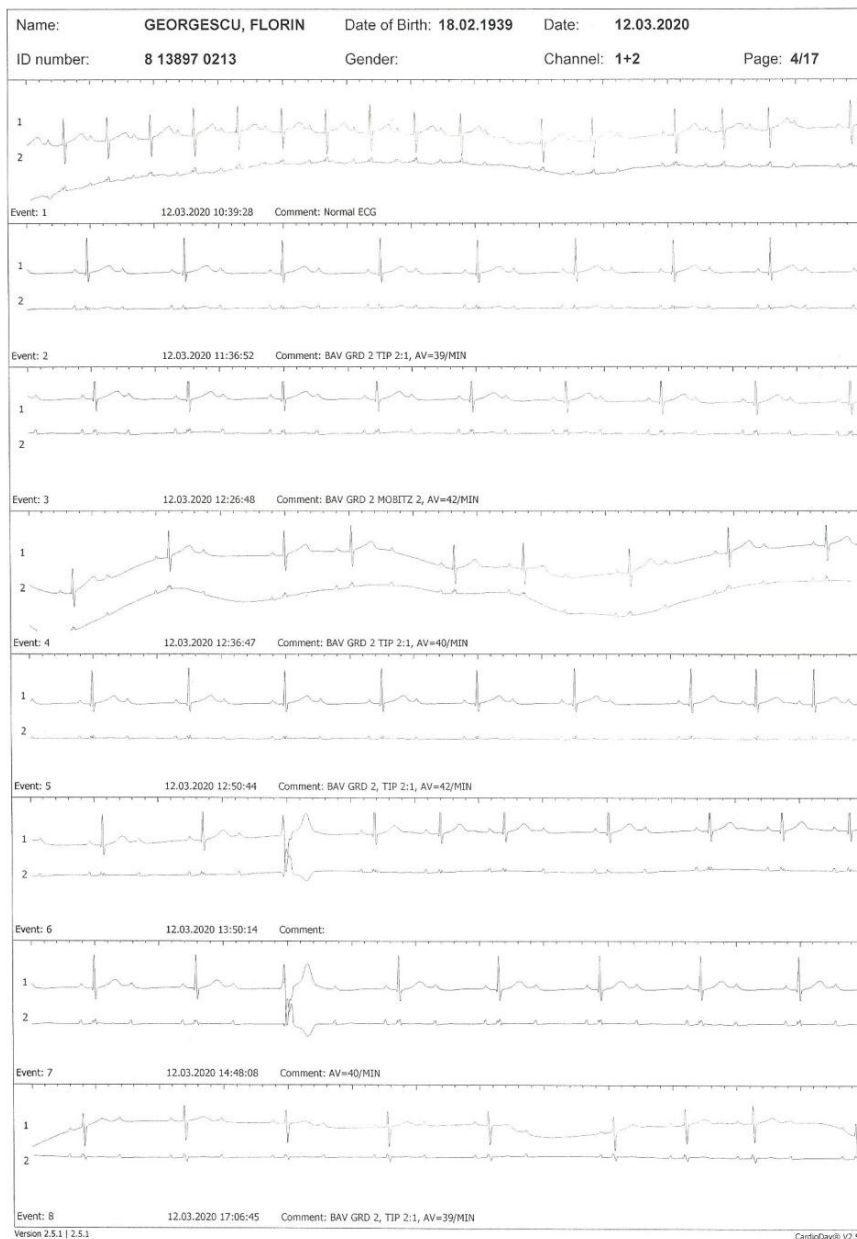
-Fibrilație atrială cu AV lentă

-Tahicardii ventriculare, fibrilație ventriculară

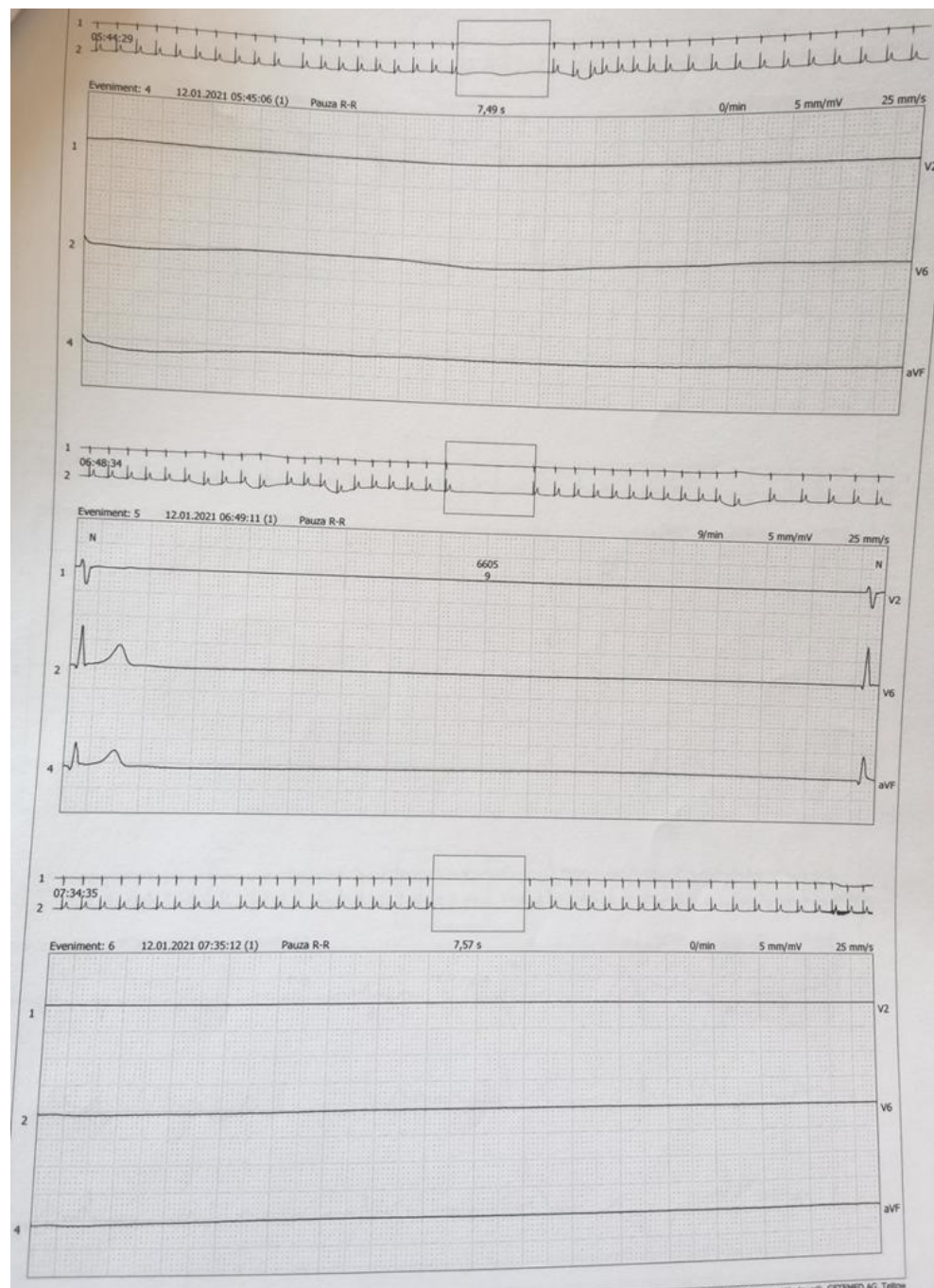
-Tahicardii supraventriculare (fibrilație atrială, flutter atrial, tahicardii atriale etc)

▪De asemenea poate surprinde modificări ale fazei de repolarizare (segment ST, undă T) sugestive de ischemie, însă sensibilitatea acestor modificări este inferioară traseului EKG 12 derivații.

▪Oferă informații despre variabilitatea ritmului sinusal care se corelează cu riscul de mortalitate cardiovasculară.



Holter EKG- RS cu
BAV grd 2 Mobitz I
si perioade de BAV
grd 2 tip 2:1



Episoade de
asistola de 6-7s
- indicatie de
cardiostimulare
(permanenta)

Alte dispozitive care permit înregistrarea EKG pe perioade mai lungi de timp sunt
-**External loop recorder** - dispozitive ce înregistrează EKG intermitent (la activare de către pacient sau automat când detectează o aritmie), este conectat la electrozi plasați pe torace sau de un dispozitiv la încheietura mâinii, odată activate stochează traseul EKG pe o perioadă programată, înregistrând secvențe de dinainte de activare și după activare. Poate monitoriza ritmul 14-30 zile.

-**Postevent recorder** (nonlooping)- dispozitivul trebuie pus pe piept când apar simptomele, nu are electrozi plasați pe torace, înregistrează secvențe doar din momentul activării

Durata bateriei permite monitorizarea ritmului pe perioade de 14-30 zile

-**Dispozitive de telemetrie** (real time continuous cardiac monitoring systems)- sunt purtate continuu de pacient, înregistrează automat și transmit aritmia la o stație de monitorizare

-**Implantable loop recorders** – sunt dispozitive implantate subcutan (în regiunea precordială), înregistrează o singură derivație, se activează automat când decelează o aritmie sau sunt activate de pacient, durata bateriei permite înregistrarea până la 24 luni.

External loop recorder



Implantable loop recorder

