

EXPLORAREA PARACLINICA în CARDIOLOGIE

Prezentat de:
Elena Samohvalov
Conferențiar universitar

EVALUAREA BIOLOGICĂ: TESTE DE LABORATOR, BIOMARKERI SERICI

- Bolnavului cardiovascular i se fac examenele sanguine curente, de rutină și i se indică probe pe care contextul clinic al pacientului individual le sugerează.
- **Nu există** teste sanguine universal specifice afecțiunilor cardiovasculare
- **Exista** însă *biomarkeri* utili în evaluarea bolilor cardiovasculare.

Biomarkerul

- **Biomarkerul** este definit ca o caracteristică care poate fi evaluată, măsurată obiectiv - ea fiind un indicator al proceselor biologice normale, a celor patologice sau a răspunsului farmacologic la o intervenție terapeutică.
- **Biomarkerul** poate fi o componentă a produselor biologice (sânge, urină, țesut) sau poate fi obținut prin înregistrarea ECG - sau explorare imagistică (ecocardiografie, CT).
- **Acuratețea** unui biomarker se exprimă prin:
 - *Sensibilitate* – capacitatea de a detecta cazurile real pozitive;
 - *Specificitate* – puterea de a identifica cazurile real negative.Astfel un biomarker performant îl ajută pe clinician în evaluarea optimă a bolnavului.

Tipurile de biomarkeri serologici potențial prezenți în bolile cardiovasculare

- MARKERII INJURIEI(LEZĂRII) MIOCITARE
- MARKERII INFLAMAȚIEI
- MARKERII STRESULUI OXIDATIV
- NEURO-HORMONII
- MARKERII STRESULUI MIOCITAR
- MARKERII REMODELĂRII MATRICEI EXTRACELULARE

EXAMPLE

Markerii injuriei miocitare: mioglobina, troponinele I și T, creatinkinaza MB, lanțurile ușoare de miozin-kinază, acizii grași cardiaci legați de proteine (h-FABP);

Markerii inflamației: proteina C reactivă, $\text{TNF}\alpha$, interleukinele, Fas(APO₁);

Markerii stresului oxidativ: lipoproteinele cu densitate joasă oxidate, mieloperoxidazele, malondialdehida, biopirinele urinare;

Neurohormoni: norepinefrina, epinefrina, angiotensina II, renina, aldosteronul, arginina vasopresina, endotelina;

Markerii stresului miocitar: peptidul natriuretic B (BNP), NTpro-BNP, proadrenomedulina;

Markerii remodelării matricei extraxcelulare: metaloproteazele, propeptidele de collagen.

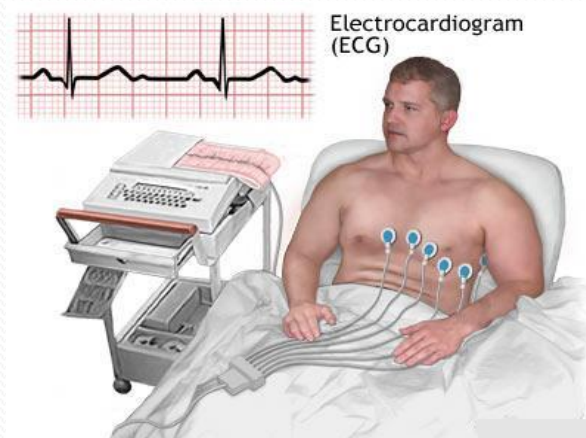
Biomarkerii insuficienței cardiace în funcție de locul lor în fiziopatologia acesteia

Markerii leziunii miocitare	Tropinina cardiacă I și T Miozinkinaza cu lanțuri usoare Acizii grași cardiaci legați de proteine Creatinkinaza, creatinkinaza MB Albumina modificată de ischemie
Markerii remodelării matricei interstițiale	Matrix metaloproteinazele Inhibitorii tisulari ai metaloproteinazelor Peptide procologen I
Markerii inflamației	Proteina C reactivă Factorul de necroză tumorală alfa Fas (apo-1) Interleukinele 1,6 și 18
Markerii stresului oxidativ	Lipoproteinele cu densitate joasă oxidate Mieloproteazele Melondialdehida
Markerii neuromorali	Peptide cardiace natriuretice: peptidul natriuretic B (BNP), NT-proBNP Sistemul renină – angiotenzină – aldosteron: • Activitatea reninei plasmatice • Angiotenzina II • Aldosteron Sistemul nervos adrenergic: Norepinefrina, Epinefrina Arginin vasopresina Peptidele derivate din endoteliu: Endotelina, Adrenomedulina

Electrocardiografia

Electrocardiograma de repaus:

- Reprezintă investigația paraclinică cel mai frecvent folosită în cadrul examenului cardiologic.
- Interpretarea ei oferă informații cu implicații diagnostice, terapeutice și prognostice esențiale în special în managementul pacienților cu:
 - ✓ sindroame coronariene acute
 - ✓ tulburări de ritm sau conducere
 - ✓ diselectrolitemii
 - ✓ anomalii electrice cu substrat genetic
- Face parte din evaluarea screening a persoanelor ce doresc să practice sporturi competiționale precum și a celor care desfășoară activități profesionale cu risc înalt.



Geneza electrocardiogramei

- **Electrocardiograma** reflectă activitatea electrică a inimii printr-o succesiune de unde și segmente având ca substrat procesele de depolarizare și repolarizare miocardică.
- În repaus interiorul miocitului este electronegativ, potențialul de repaus fiind de aproximativ -90 mV.
- Un stimul electric determină activarea acestor canale urmată de influxul ionilor pozitivi de sodiu și calciu, depolarizarea celulei și apariția „potențialului de acțiune”.
- Diferențele de potențial existente la nivelul unei singure celule sau al unui mic grup de celule nu generează suficient curent pentru a putea fi înregistrate de electrozii plasați la suprafața corpului.

Geneza electrocardiogramei

- Înscrierea traseului electrocardiografic este consecința activării majorității miocitelor atriale și respectiv ventriculare.
- Frontul electric, care poate fi reprezentat ca un vector, se deplasează dinspre celulele depolarizate încărcate pozitiv către cele aflate în repaus.
- În miocardul normal sensurile depolarizării și repolarizării sunt opuse:
 - depolarizarea - de la subendocard către subepicard
 - repolarizarea - de la subepicard către subendocard.

Electrocardiograma standard în 12 derivații

- ECG standard este constituita din 12 derivații obținute prin plasarea a:
 - 2 electrozi pe membrele superioare;
 - 2 electrozi pe membrele inferioare;
 - 6 în locații standard de pe torace.

6 derivații ale membrelor:

- 3 standard: DI, DII și DIII.
- 3 augmentate sau mărite: aVR, aVL și aVF.

6 derivații precordiale: V1 – V6.

- Sistemul celor 12 derivații formează doua planuri perpendiculare unul pe celalalt.
 - Primul, denumit planul frontal, este constituit din cele șase derivații ale membrelor
 - Al doilea - planul transversal, este format din derivațiile precordiale.

Calitatea înregistrării traseului ECG

Poate fi influențată de o serie de factori:

- Legăți de pacient: tremur muscular, mișcări respiratorii, obezitate, boli pulmonare cronice;
- Tehnici, legați de operator sau de echipamentul folosit: plasarea incorectă a electrozilor, inversarea electrozilor, pregătirea insuficientă a tegumentului și contactul insuficient al acestuia cu electrozii, excesul de gel, dextrocardia (atunci când nu e cunoscută de operator).
- **Poziționarea** electrozilor pe membre:
 - La nivelul articulațiilor radiocarpiene și respectiv la nivelul maleolelor, pacientul – în decubit dorsal.

!!! N.B. O eroare frecventă – poziționarea electrozilor V1 și V2 în spațiile intercostale 2 sau 3, ceea ce duce la o scădere a amplitudinii unde R în aceste derivații cu 0,1 mV pe interspațiu, progresie slabă a unde R și aspect sugestiv pentru IMA anterior.

Calitatea înregistrării traseului ECG

- Utilizarea derivațiilor suplimentare drepte (V_3R , V_4R , V_5R și V_6R – în oglindă față de derivațiile precordiale standard) și extreme stângi (V_7 – linia axilară posterioară, V_8 – subscapular și V_9 – paravertebral) este recomandată în cazul pacienților cu infarct inferior sau posterior, contribuind în acest context la decizia terapeutică.

!!! N.B. Plasarea electrozilor V_5 și V_6 în spațiul intercostal 6 sau mai jos influențează amplitudinea undelor și diagnosticul eronat de hipertrofie a ventriculului stâng (HVS). De altfel plasarea greșită a electrozilor este una dintre sursele importante de variabilitate în diagnosticul HVS bazat pe criterii de voltaj.

Indicațiile efectuării electrocardiogramei standard în 12 derivații în practica cardiologică

- **Pacienți la care tratamentul poate determina efecte adverse, ce pot fi decelate ECG;**
- **Pacienți cu implant de pacemaker;**
- **Pacienți cu boli cardiace cronice stabile evaluați periodic;**
- **Evaluarea pacienților cu risc crescut de boală cardiacă;**
- **Evaluarea răspunsului la medicația cardioactivă;**
- **Modificări ale statutului clinic sau biologic sugerând apariția disfuncției cardiace;**
- **Pacienți >40 ani supuși unui examen de rutină;**
- **Evaluarea pacienților înaintea testului de efort.**

ECG și Infarctul Miocardic(IM) Acut

- **Electrocardiograma separă cele două modalități de prezentare ale IM:**
 - infarctele cu supradenivelare de segment ST care beneficiază de tratament trombolitic
 - infarctele fără supradenivelare de segment ST care beneficiază de o altă abordare terapeutică.
- **Prin aprecierea topografiei și întinderii infarctului ECG oferă și elemente cu valoare prognostică.**
- **Predictorii importanți de mortalitate decelați cu ajutorul ECG în 12 derivații la această categorie de pacienți sunt:**
 - numărul mare de derivații pe care se surprinde supradenivelarea de segment ST
 - blocul de ramura stângă
 - aspectul ECG de IMA anterior

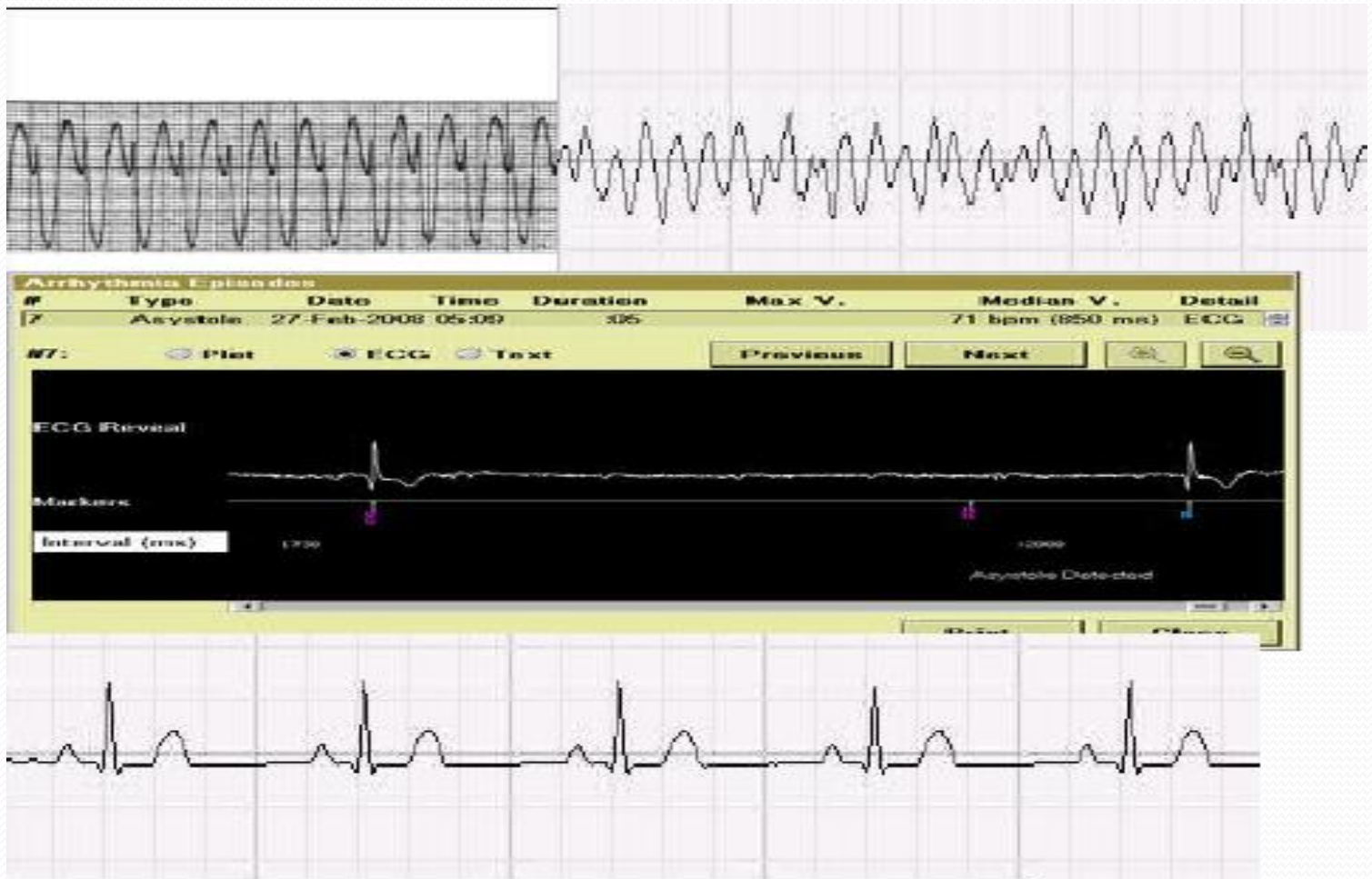
ECG și IMA (continuare)

- În absența supradenivelării de segment ST, beneficiul tratamentului fibrinolitic nu este dovedit și poate fi chiar dăunător.
- Cu toate acestea, fibrinoliza este recomandată atunci când supradenivelarea de segment ST surprinsă în derivațiile V1 – 4 se asociază cu unde R înalte în derivațiile precordiale drepte și unde T pozitive, indicând injurie miocardică în teritoriul posterior și ocluzie de artera circumflexă (aCX).
- În acest context utilizarea derivațiilor suplimentare extreme stângi este recomandată și poate aduce elemente utile pentru diagnostic.

ECG și hipertrofia ventriculară stângă

- Dintre informațiile de valoare prognostica furnizate de electrocardiogramă, hipertrofia ventriculară stângă este un parametru cu valoare prognostică independentă.
- Cel mai recent ghid de management al pacienților cu HTA elaborat de Societatea Europeană de Cardiologie recomandă ECG ca explorare obligatorie în cadrul evaluării inițiale a tuturor pacienților hipertensivi nou diagnosticați în vederea stratificării riscului de evenimente cardiovasculare adverse.
- Principalele criterii ECG de diagnostic al HVS folosite în practica clinică curentă sunt incluse în indicii: Sokolow – Lyon, Cornell produs și voltaj, scorurile Romhilt – Estes și Perugia.

Imagine la monitor



Electrocardiograma cu medierea semnalului

- Permite analiza porțiunii terminale a undei P și a complexului QRS cu detectarea semnalelor de amplitudine joasă (1 – 25 mkV) și frecvență înaltă – potențiale tardive atriale și ventriculare (PTV) – care nu pot fi detectate pe electrocardiograma de suprafața obișnuită.
- Mecanismul de apariție al PTV constă în fragmentarea depolarizării prin întârzierea anumitor zone din miocard, secundară heterogenității structurale induse de ischemie, fibroză, cicatrici postoperatorii etc.
- Principiul ECG cu mediere de semnal constă în analizarea și medierea unui număr mare de complexe QRS succesive, cu aceeași morfologie și eliminarea artefactelor (“zgomot de fond”) care nu se sincronizează cu complexe QRS

Monitorizarea ECG ambulatorie

- Exista **2 tipuri** de dispozitive pentru monitorizarea ambulatorie a ECG:
 - **dispozitive care permit înregistrarea continuă a traseului ECG pe parcursul a 24 sau 48 de ore**, utile pentru surprinderea simptomelor și a modificărilor ECG care au probabilitate mare de apariție în acest interval de timp
 - **dispozitive care permit o înregistrare de tip intermitent, pe perioade lungi de timp** (săptămâni, luni), utile în cazul evenimentelor sporadice.
- Monitorizarea ECG continuă este în mod deosebit utilă în cazul pacienților simptomatici – sincope, care nu ar putea activa în timp util un dispozitiv cu înregistrare de tip intermitent sau în cazul pacienților cu simptome care survin zilnic sau aproape zilnic (episoade recurente de palpitații).

Testul ECG de efort

Explorarea cea mai utilizată în scop diagnostic și/sau pentru stratificarea riscului la pacienții cu angina stabilă, angina instabilă stabilizată terapeutic, la pacienții postinfarct sau post revascularizare miocardică.



Testul ECG de efort (continuare)

Contraindicațiile absolute ale testului ECG de efort:

- IMA (primele 2 zile de la debut);
- Angina instabilă cu risc crescut;
- Aritmiile cardiace necontrolate simptomatice sau care evoluează cu instabilitate hemodinamică;
- Stenoză aortică strânsă, simptomatică;
- Insuficiența cardiacă decompensată;
- Embolia pulmonară acută sau infarctul pulmonar;
- Miocardita sau pericardita acută;
- Disecția acută de aortă.

Testul ECG de efort (continuare)

Există și contraindicații relative:

- Stenoza de trunchi comun a arterei coronariene
- Stenoze valvulare de severitate medie
- Dezechilibre electrolitice
- HTA severă necontrolată (sistolică peste 200mmHg și diastolică peste 110mmHg)
- Tahî – sau bradiaritmii
- Cardiomiopatia hipertrofică obstructivă sau alte afecțiuni care determină obstrucție la golirea VS
- Afecțiuni fizice sau psihice care nu permit efortul
- Blocul atrio – ventricular de grad înalt

Testul ECG de efort (continuare)

Oprirea testului ECG de efort se face in cazul:

- Scăderii TAs cu peste 10mmHg fața de valoarea inițială in pofida creșterii pragului de efort atunci când se asociază și cu alte semne de ischemie;
- În cazul apariției anginei moderate / severe;
- Când apar simptome de tip vertij, ataxie sau presincopă;
-
- Manifestarea semnelor de hipoperfuzie (cianoză sau paloare).

RADIOGRAFIA TORACICĂ

Avantaje:

- Permite evaluarea cordului și a cavităților sale;
- Oferă informații despre circulația pulmonară și aorta toracică, precum și despre eventuale afecțiuni pulmonare asociate;
- Are un cost redus, fiind ușor accesibilă și repetabilă;
- Permite monitorizarea afecțiunilor cardiace și tratamentului;
- Este importantă în monitorizarea postoperatorie a pacienților și a celor cu diverse dispozitive cardiovasculare implantate.

RADIOGRAFIA TORACICĂ



RADIOGRAFIA TORACICĂ PRINCIPIUL METODEI

- **Radiația Roentgen este produsă sub forma unui flux energetic fonic pe suprafața anodului tubului roentgen.**
- **Radiografia reprezintă tehnica imagistică prin care fasciculul de radiație Roentgen reziduală, care conține informația privitoare la structura corpului traversat este obiectivat pe un mediu sensibil fotografic (radiografia analogică).**
- **Compunerea cu ajutorul calculatorului a imaginii radiologice din pixeli care însumează valoric densitățile din perimetrul lui realizează o radiografie digitală.**

TEHNICI ȘI INCIDENȚE DE INVESTIGAȚIE RADIOLOGICĂ A CORDULUI ȘI VASELOR MARI

Tehnicile de investigație radiologică a cordului și vaselor mari sunt:

- **Radiografia** efectuată în:
 - incidențe standard (postero-anterioară și radiografia de profil stând cu sau fără esofagul opacifiat cu pastă baritată)
 - incidențe speciale (oblic-anterioară dreaptă și oblic-anterioară stângă);
- **Fluoroscopia**
 - În practică, în cele mai multe cazuri, radiografiile în incidență postero-anterioară și profilul stâng sunt suficiente pentru a permite aprecierea cavităților cordului și a vaselor mari.

Fluoroscopia

Este în principal indicată pentru:

1. Aprecierea funcționării protezelor valvulare vechi;
 2. Defectării calcificărilor coronariene valvulare și pericardice;
 3. Identificării fracturii de peacemaker.
- **Fiind un examen în dinamică, este util pentru aprecierea mobilității diafragmei, a pulsațiilor opacității cardiovasculare și pentru disocierea unor opacități**

Mărirea de volum al atriului stâng

Radiografia de față - mărirea se produce în următoarele sensuri:

- *Spre dreapta*: în funcție de dimensiunea atriului stâng se pot evidenția următoarele aspecte radiologice:
 - Dublu contur concentric al arcului inferior drept;
 - Dublu contur excentric al arcului inferior drept;
 - Marginal aproape pe toată întinderea arcului inferior drept.
- *Spre stânga*: determină bombarea urechiușei stângi, vizualizată ca un arc suplimentar la nivelul treimii inferioare al arcului mijlociu stâng.
- *În sens cranian*: determină creșterea unghiului de bifurcație al traheii în special pe seama orizontalizării bronșiei primitive stângi.

Mărirea de volum al atriului stâng (continuare)

Radiografia de profil stâng cu esofagul opacifiat cu pastă baritată:

Aprecierea gradului de mărire posterioară a atriului stâng se face în raport cu esofagul și cu corpii vertebrali toracali astfel:

- Amprenta atriului stâng pe esofag;
- Împingerea posterioară a esofagului fără depășirea marginii anterioare a corpilor vertebrali;
- Împingerea posterioară a esofagului cu depășirea marginii anterioare a corpilor vertebrali;
- Împingerea posterioară a esofagului pin la peretele toracic posterior și apoi deplasarea laterală a esofagului;

Mărirea de volum al atriului drept

AD este cavitatea cea mai etalată pe diafragm, care pe radiografia de față formează arcu inferior drept. În mod normal AD nu are o proiecție clară pe radiografia de profil.

Radiografia de față:

- Bombarea arcu inferior drept mai mult de 5,5 cm spre dreapta față de linia mediană pe o radiografie bine poziționată;
- Unghiul cardiofrenic drept poate deveni drept sau obtuz.

Radiografia de profil:

- AD determină opacifierea spațiului retrosternal fără a putea face o diferențiere precisă a AD, VD sau arterei pulmonare care au proiecție la acest nivel.

Mărirea de volum al ventriculului stâng

Radiografia de ansamblu:

- Mărirea se face spre stânga și caudal producând alungirea arcului inferior stâng apexul fiind îngropat în diafragmă;
- Deplasarea laterală spre stânga a arcului inferior apropiind apexul de peretele toracic.

Radiografia de profil:

- Mărirea VS se face spre posterior, gradul său de mărire în sens posterior se apreciază folosind următoarele repere:
 - Intersecția venei cave inferioare cu diafragma;
 - Intersecția esofagului cu diafragma;
 - Proiecția anterioară a corpurilor vertebrale toracali.
- Hipertrofia VS duce la o creștere a volumului apexului cardiac, acesta apărând rotunjit globulos.

Mărirea de volum al ventriculului drept

!!! N.B. Ventriculului drept nu participă la formarea conturului cardiac.

Radiografia de ansamblu:

- Bombarea porțiunii craniale a arcului inferior stâng;
- Ascensionarea apexului cardiac de pe diafragm;
- Unghiul cardiofrenic stâng este ascuțit.

Radiografia de profil:

- Spațiul retrosternal este opac, ocupat de ventriculul drept în porțiunea caudală.

Mărirea de volum a aortei toracice

Pot fi făcute aprecieri despre următoarele segmente ale aortei:

1. *Porțiunea ascendentă* care formează arcul superior drept;
2. *Porțiunea orizontală* a crosei care formează butonul aortic;
3. *Porțiunea descendentă* vizibilă ca o bandă care dublează conturul stâng al corpurilor vertebrale toracali;
4. *Segmentul supravalvular* al aortei nu se vede radiologic el fiind înglobat în opacitatea cordului.

Mărirea aortei ascendente apare pe radiografia de față ca o bombare a arcului superior drept.

Mărirea crosei aortei produce un buton aortic proeminent și posibil ascensionat.

Mărirea aortei descendente este dificil de apreciat.

Mărirea de volum al trunchiului arterei pulmonare

Trunchiul arterei pulmonare are proiecția radiologică la nivelul arcului mijlociu stâng unde se vizualizează porțiunea sa cea mai distală.

Radiografia de ansamblu:

- Arc mijlociu stâng proeminent, cu păstrarea incizurilor care îl separă de butonul aortic și arcul inferior sting;
- Arc mijlociu stâng rectiliniu, cu ștergerea incizurilor de separație față de cele două arcuri conexe.

Radiografia de profil:

Mărirea arterei pulmonare se evidențiază la nivelul porțiunii medii a marginii anterioare a opacității cardiovasculare.

Circulația pulmonară și sindromul vascular pulmonar

!!! N.B. Circulația capilară pulmonară nu se vede în mod normal pe radiografie

Pentru aprecierea circulației pulmonare trebuie evaluate:

- Diametrul a. pulmonare drepte:
- Distribuția circulației a. pulmonare în lobii superiori comparativ cu lobii inferiori și centrali comparativ cu lobii periferici.

Hipervascularizarea arterială pulmonară se datorează creșterii fluxului arterial pulmonar datorită unui debit sanguin suplimentar circulant în șunturile din cardiopatiile congenitale, hipervolemii și hiperchinezii.

Radiografic se evidențiază:

- Dilatarea tuturor vaselor pulmonare;
- Distribuția circulației se menține normală, are loc uniformizarea desenul pulmonar;
- Scăderea globală a transparenței pulmonare

Circulația pulmonară și sindromul vascular pulmonar (continuare)

Hipovascularizația arterială pulmonară este de regulă secundară unei afecțiuni congenitale și poate fi:

- dobândită sau congenitală
- difuză sau localizată
- definitivă sau reversibilă.

Radiografic se observă:

- Desen pulmonar gracil, cu reducerea numărului de benzi pe unitatea de suprafață;
- Hiluri mici simetrice;
- Hipertransparență pulmonară difuză și simetrică bilateral.

Hipovascularizația difuză unilaterală poate fi congenitală.

Radiografic se observă: aceleași modificări ca în hipovascularizația difuză bilaterală, dar localizarea lor este doar la nivelul unui plămân.

Ecocardiografia

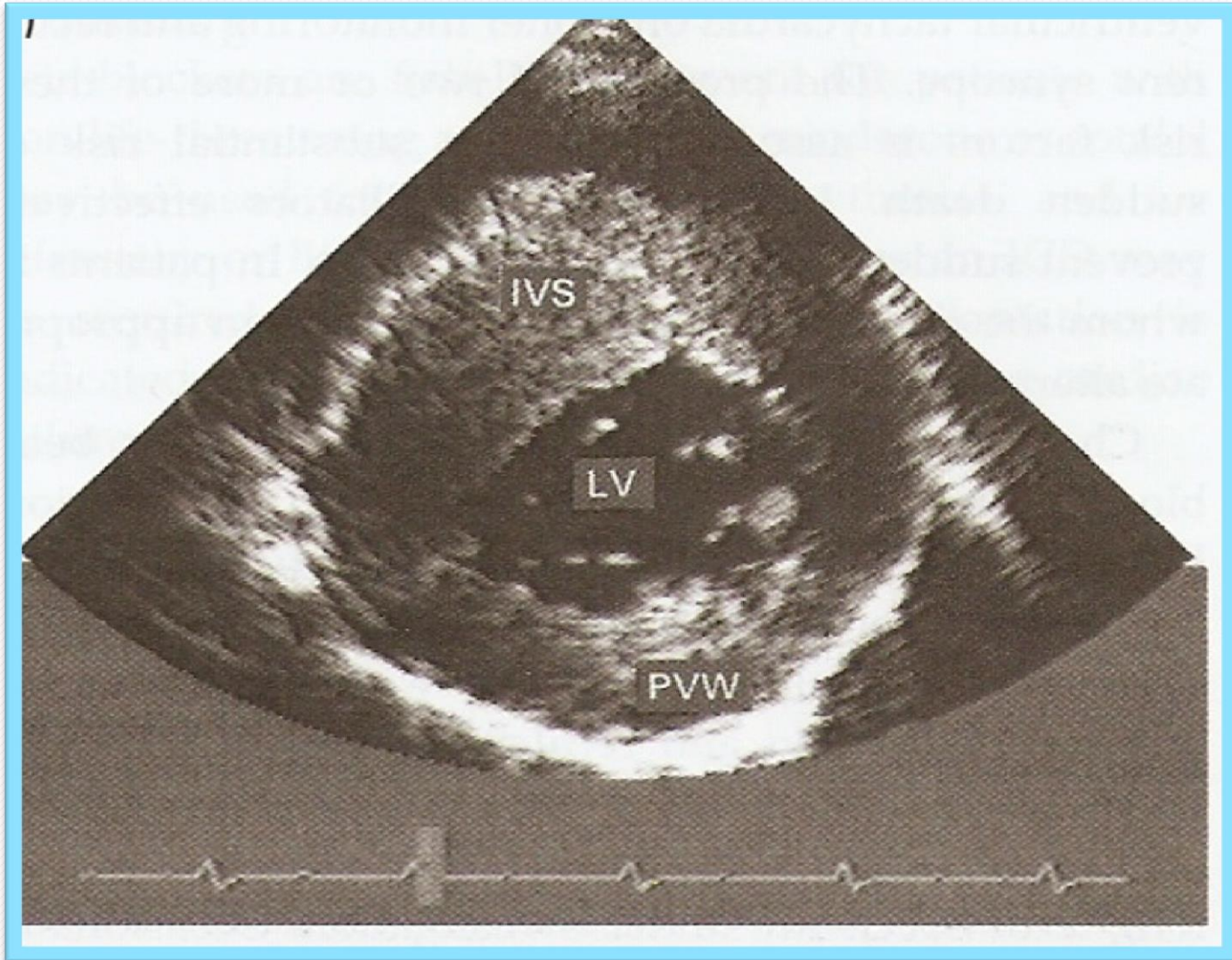
Ecocardiografia este o tehnică imagistică neinvazivă și neiradiantă care utilizează ultrasunetele pentru a reda în timp real imagini în mișcare ale aparatului cardiovascular.

Avantajele ecocardiografiei:

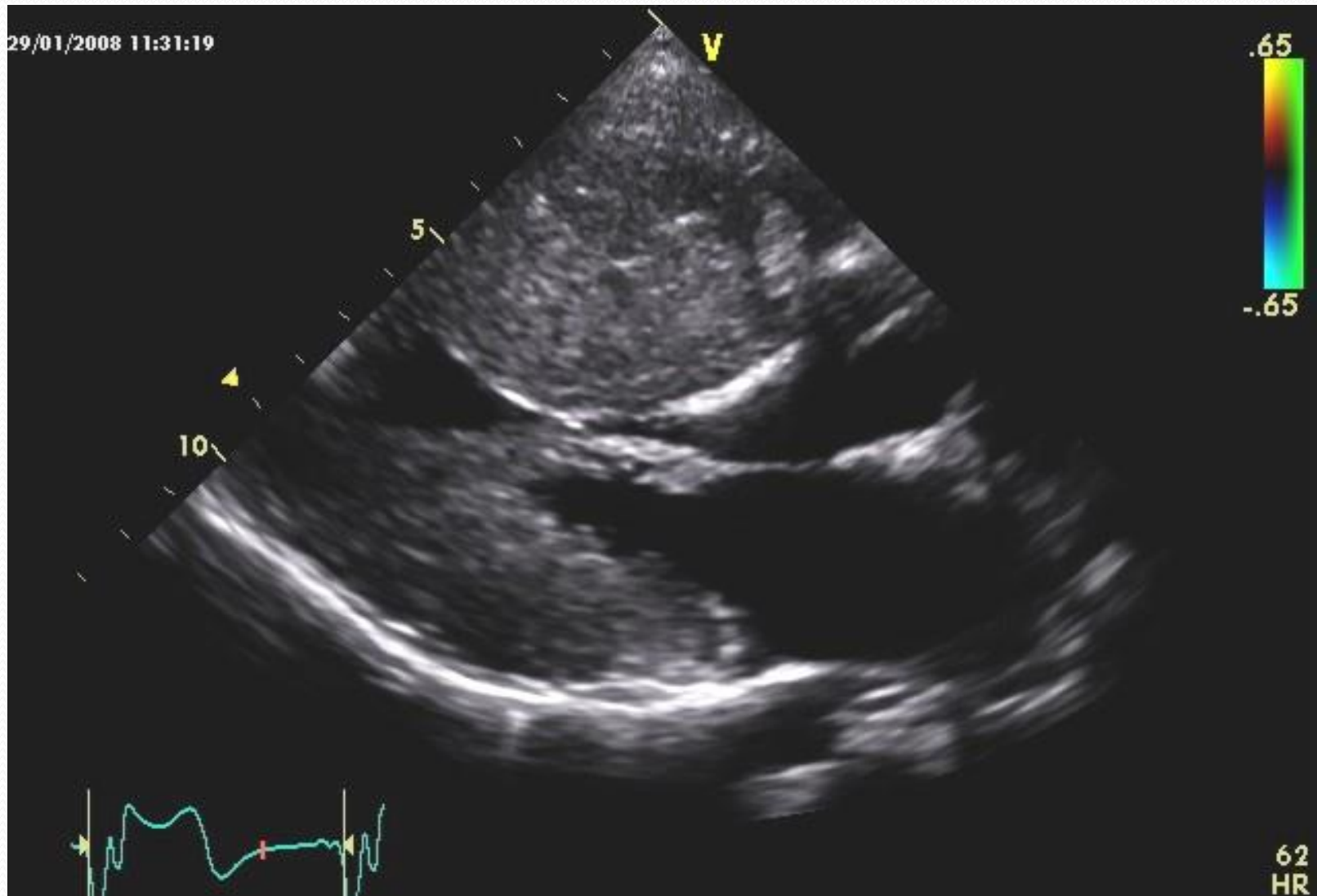
- Furnizează cu acuratețe foarte bună multiple informații despre structura și funcția inimii;
- Este practic lipsită de riscuri (poate fi efectuată repetat inclusiv copiilor sau femeilor gravide);
- Este cost-eficientă(atunci când e folosită adecvat);
- Larg disponibilă;
- Ușor repetabilă la nevoie
- Ușor de efectuat chiar la patul pacientului și în condiții speciale, inclusiv pentru ghidarea unor intervenții(de exemplu, terapie intensivă, laborator de cateterism sau electrofiziologie, sală de operații).

Dezavantajul principal al ecocardiografiei constă în dependența de operator, de unde și variabilitatea dintre observatori diferiți.

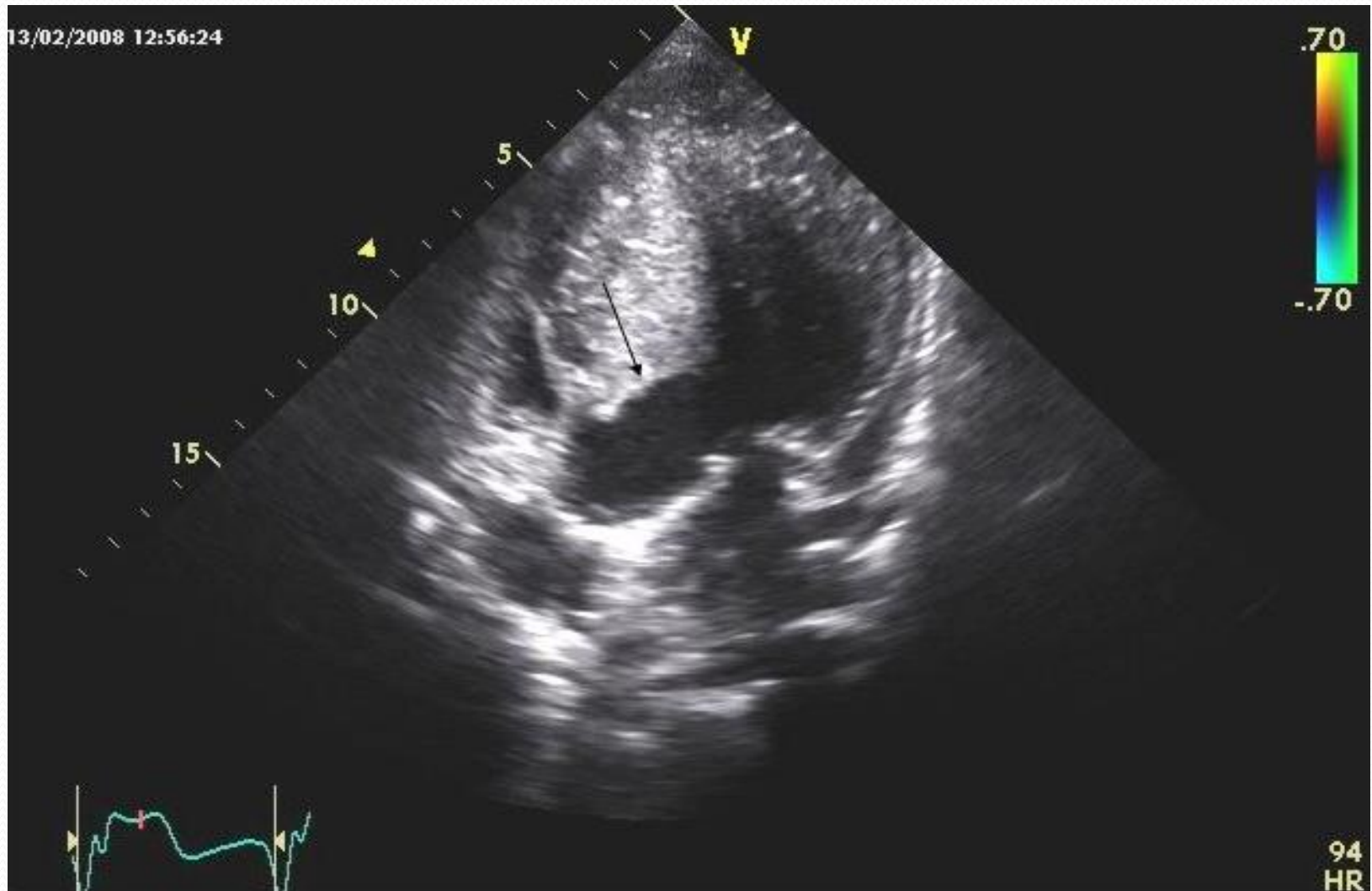
EcoCG



EcoCG



EcoCG



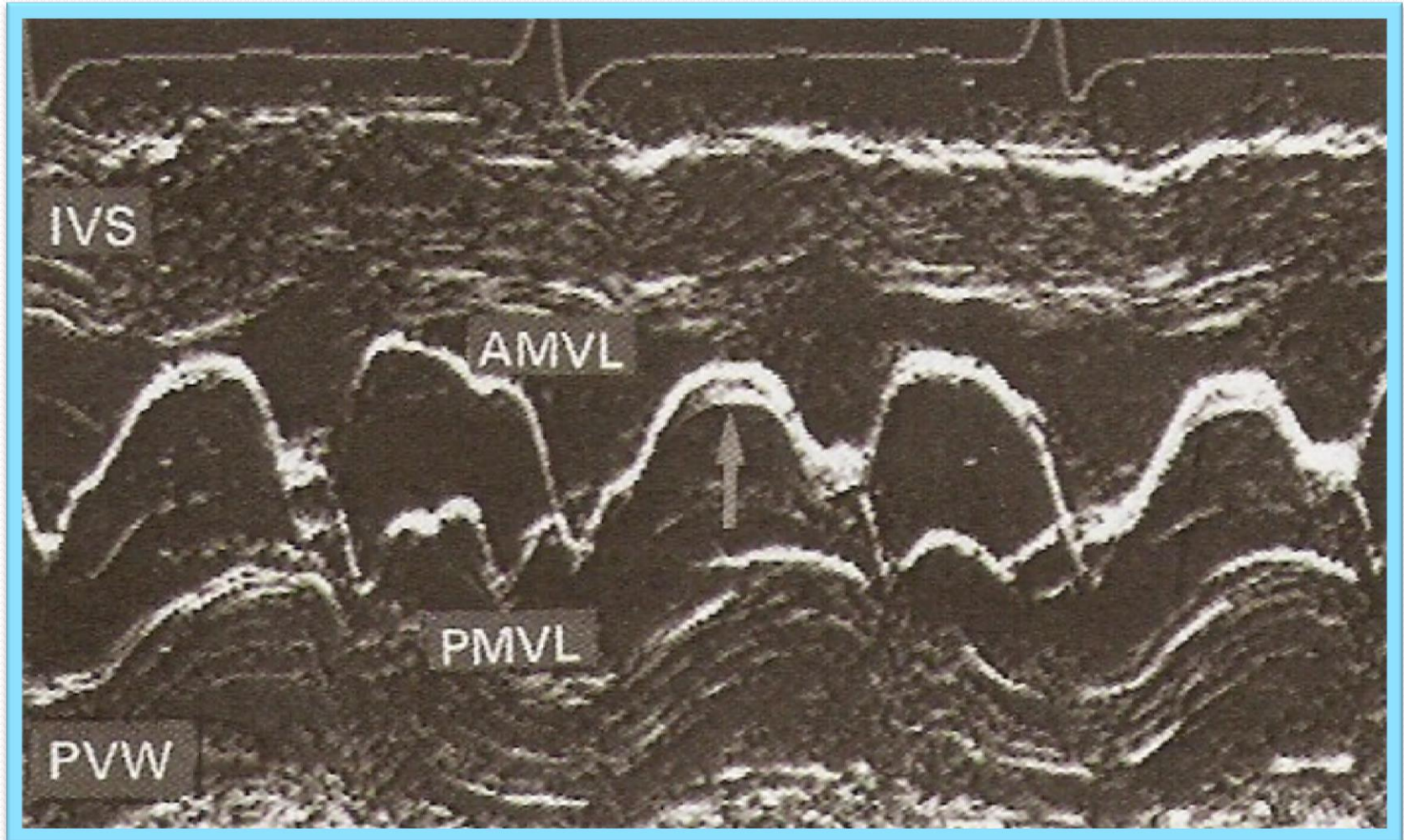
Principalele modalități ecocardiografice utilizate de rutină sunt:

- Ecocardiografia în mod M
- Ecocardiografia 2D (bi-dimensională)
- Ecocardiografia Doppler

Ecocardiografia în mod M

- Permite afișarea reprezentării grafice a mișcării structurilor cardiace în timpul ciclului cardiac. Modalitatea unidimensională afișează pe verticală „adâncimea” la care se găsesc structurile cardiace traversate de ultrasunete, iar pe orizontală timpul;
- Imaginile de mod M corect achiziționate permit efectuarea unor măsurări precise ale **dimensiunilor structurilor cardiace**, ceea ce reprezintă principala utilizare actuală a modului M5;
- Dezavantajul tehnicii constă în dificultatea aprecierii detaliate a relațiilor spațiale dintre structuri (rezoluție spațială joasă);
- Actualmente, examinarea în modul M se face ghidată de imaginea 2-D, ceea ce permite vizualizarea directă a structurilor traversate de cursorul de mod M, facilitând înțelegerea și analiza imaginilor obținute.

EcoCG în regimul M



Ecocardiografia bi-dimensională (2D)

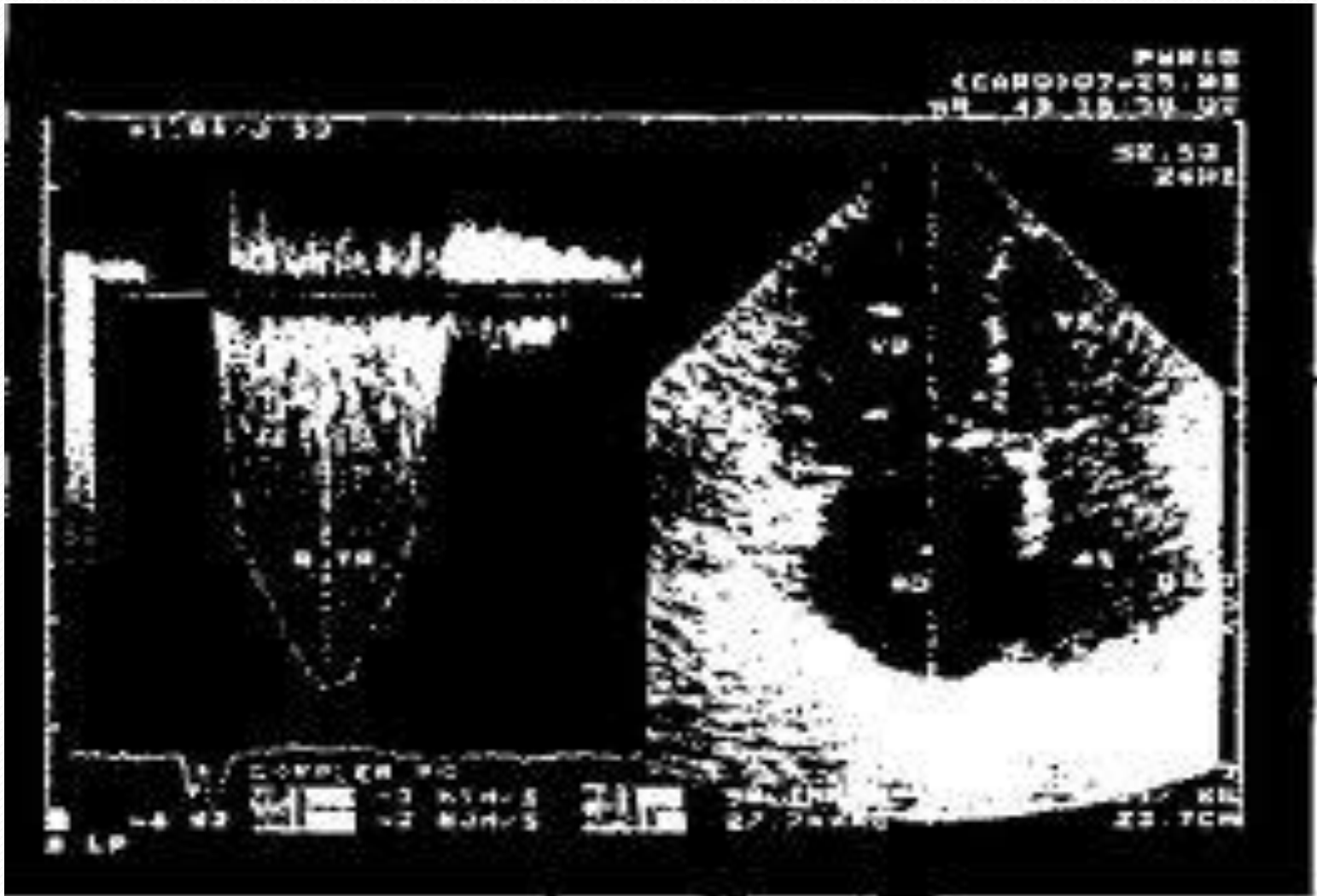
Ecocardiografia 2D

- Permite vizualizarea directă a structurilor cardiace în timp real, cu aprecierea corectă atât a relațiilor parțiale dintre structuri, cât și a mișcării acestora.
- Reprezintă actualmente principala modalitate ecografică de evaluare a structurilor anatomice cardiace.

Ecocardiografia 2D permite aprecierea corectă a anatomiei cordului, putând furniza relații esențiale despre:

- Structura și mobilitatea valvelor;
- Dimensiunile cavităților și a vaselor;
- Funcția ventriculară;
- Existența lichidului pericardic;
- Prezența unor structuri anormale intracardiace (vegetații, trombi, tumori);
- Prezența unor comunicări anormale (defectele septale, alte malformații congenitale).

Ecocardiografia bi-dimensională (2D)



Ecocardiografia Doppler

- Metoda, bazată pe aplicarea principalului **Doppler**, permite măsurarea vitezei de curgere a sângelui și obținerea cu acuratețe bună a informațiilor legate de funcția inimii (viteza de mișcare a miocardului).
- Aceasta se calculează pe baza ecuației Doppler, care include frecvența ultrasunetelor emise f_0 , viteza de deplasare a țintei V unghiul θ dintre direcția ultrasunetelor și cea de deplasare a ei:

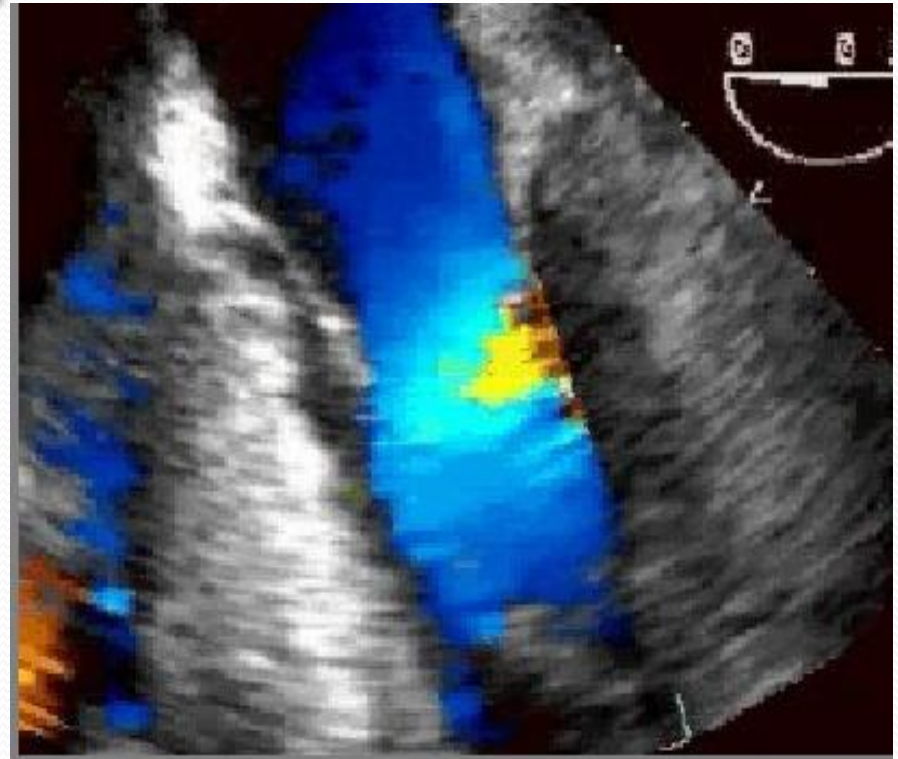
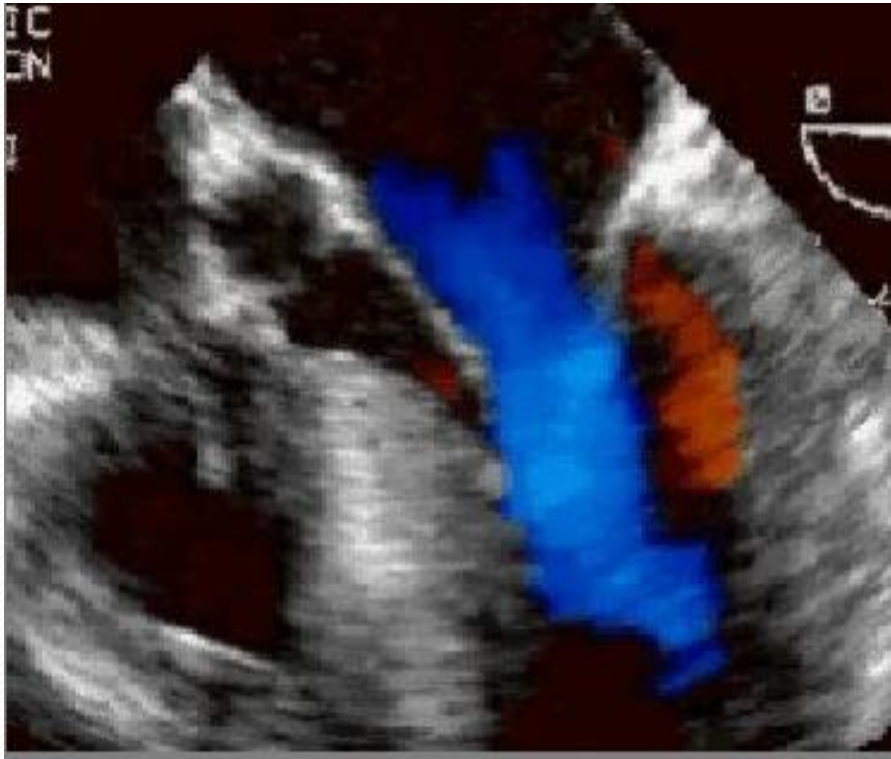
$$\Delta f = 2f_0 V \cos \theta / c$$

Unde c - viteza de propagare a ultrasunetelor în mediul sanguin.

De aceea, cu cât unghiul θ este mai mare cu atât velocitatea este mai sever subestimată, până la o misiune completă atunci când unghiul este de 90° ($\cos 90^\circ = 0$).

EcoCG Doppler

Miotomia septală CMPH



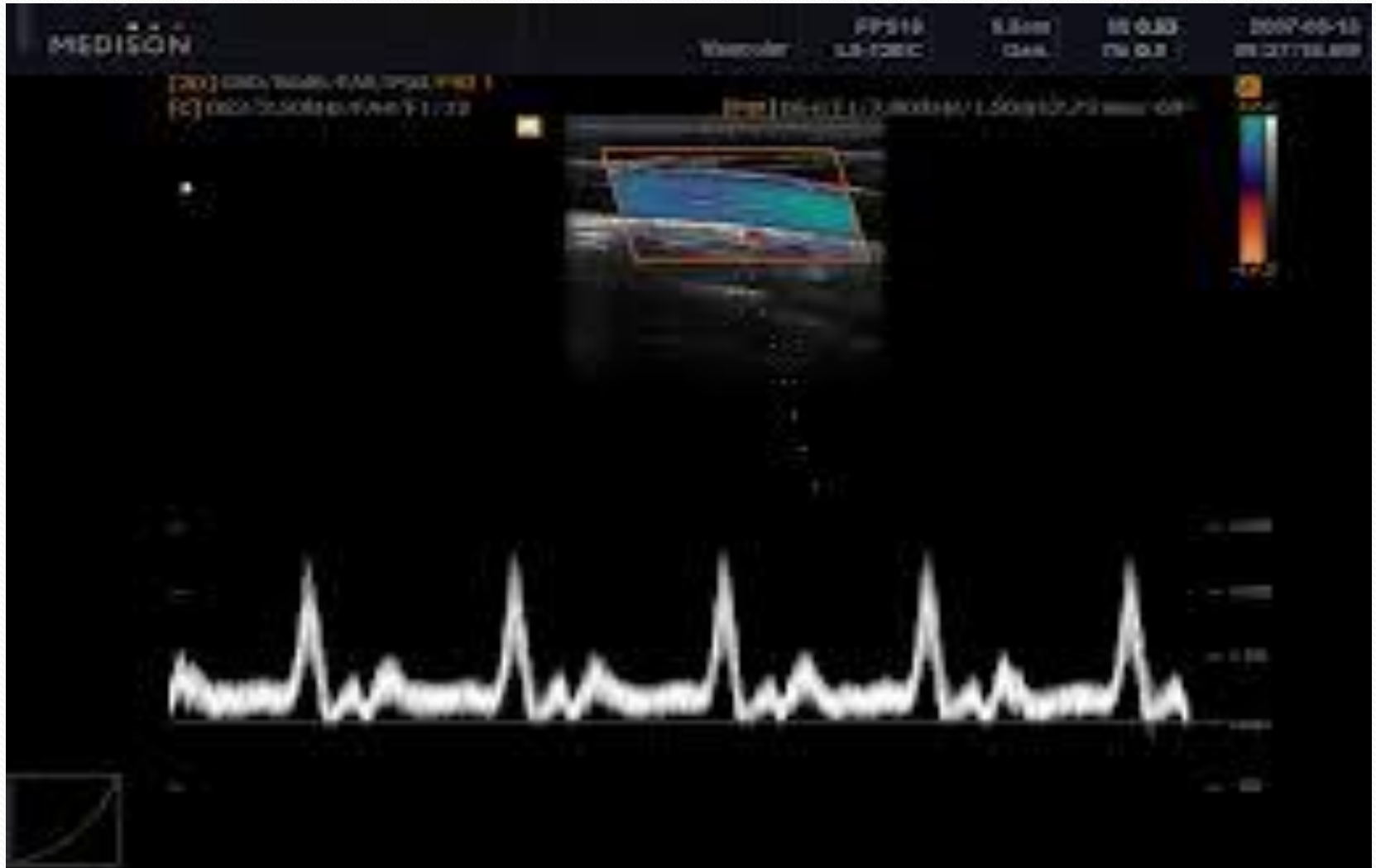
Preoperator

Postoperator

Doppler-ul pulsat (PW)

- Constă în emisia succesivă de „pulsuri” scurte și repetitive de ultrasunete, cu măsurarea diferenței dintre frecvența receptată și emisă.
- Aceasta permite măsurarea vitezei sângelui la nivelul unei mici interogate „eșantion de volum”
-
- Doppler-ul PW nu poate măsura viteze mari ($>2\text{m/s}$), dar permite localizarea precisă a vitezei măsurate (în aria interogată).

Doppler-ul pulsat (PW)



Ecografia Doppler color

- Folosește o tehnologie similară Doppler-ului pulsant, având în consecință aceleași limite legate de aliniere.
- Reprezentarea sa este sub forma unei imagini codate color suprapuse în timp real fie peste imaginea bidimensională, fie peste înregistrarea de mod M.
- Doppler-ul color oferă o reprezentare a fluxului sangvin în funcție de direcția de curgere a acestuia în raport cu transductorul.
- Prin convenție, roșu semnifică apropierea de transductor, albastru înseamnă depărtarea de transductor (BART: Blue=Away; Red=Towards).
- Introducerea Doppler-ului color a reprezentat un moment esențial în evaluarea regurgitărilor valvulare, în diagnosticarea și evaluarea altor fluxuri patologice, acuratețea examinării fiind în astfel de cazuri net ameliorată.

Ecocardiografia transesofagiană

- **Ecocardiografia transesofagiană (ETE)** se efectuează prin introducerea unei sonde în esofagul pacientului (de obicei sub anestezie locală), de unde pot fi obținute imagini tomografice ale cordului și vaselor.

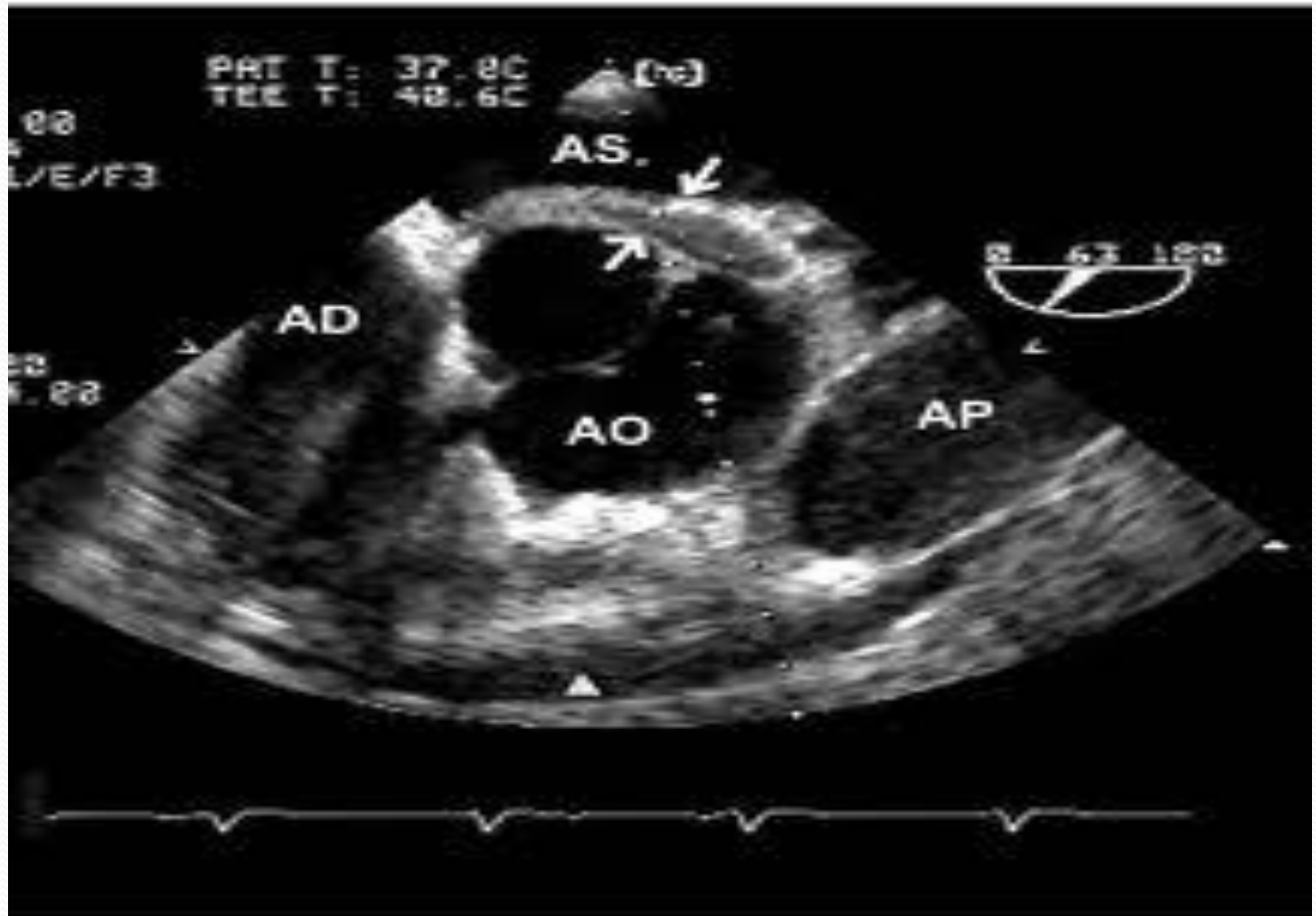
Principalele aplicații clinice ale ecocardiografiei transesofagiene:

- Detectarea surselor de embolie;
- Endocardită infecțioasă (diagnostic, complicații);
- Disecția de aortă, anevrismul de aortă;
- Evaluarea valvulopatiilor (de exemplu insuficiența mitrală);
- Evaluarea protezelor valvulare;
- Evaluarea maselor cardiace;
- Evaluarea cardiopatiilor congenitale,

Ecocardiografia transesofagiană



Ecocardiografia transesofagiană



IMAGISTICA NUCLEARĂ ÎN CARDIOLOGIE

**Imagistica cu radionuclizi în cardiologie include
posibilitatea efectuării:**

- Scintigramei miocardice de perfuzie;
- Ventriculografiei radionuclidice;
- Tomografiei cu emisie de pozitroni.

SCINTIGRAFIA MIOCARDICĂ DE PERFUZIE

- **Se utilizează radiofarmaceutice (trasori) cu tropism miocardic, pentru a detecta zone cu modificări de perfuzie.**
- **Emisia fonică de la suprafața corpului este captată de sistemul detector al camerei de scintilație și astfel se înregistrează distribuția tisulară temporală și spațială selectivă a radiotrasorului.**

SCINTIGRAFIA MIOCARDICĂ DE PERFUZIE

Se depistează două evenimente secvențiale importante:

1. Distribuția traserului către miocard
2. Captarea sa de către celulele miocardice viabile, metabolic active.

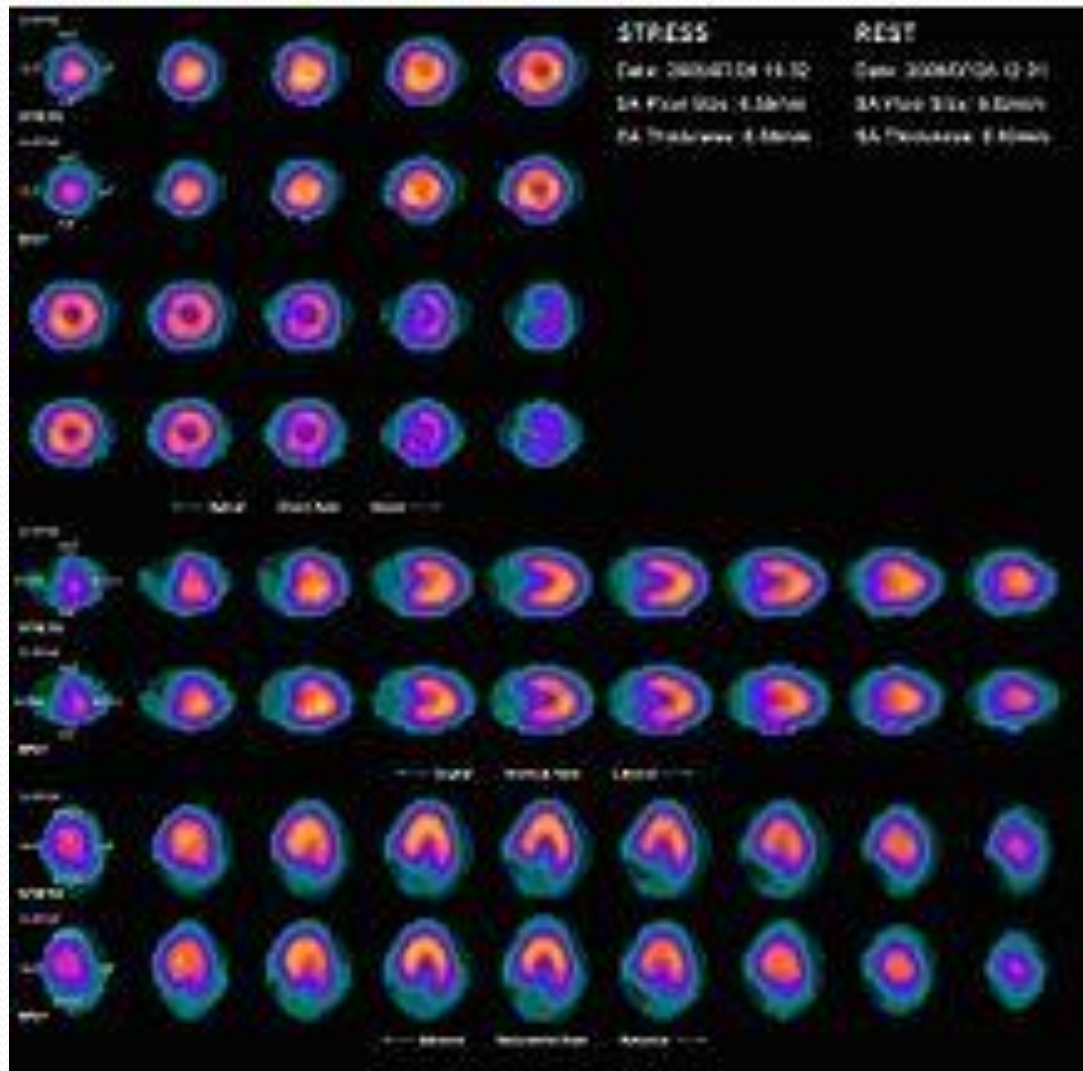
Teste de stres uzuale folosite:

- Efortul dinamic
- Testele farmacologice cu:
 - vasodilatatoare (adenozină sau dipiridamol)
 - simpatomimetice (dobutamină).

Scintigrafia cordului



Scintigrafia cordului



SCINTIGRAFIA MIOCARDICĂ DE PERFUZIE

Protocolul imagistic cu ^{201}Tl cuprinde 2 achiziții:

1. în condiții de stres, la 5-10 minute de la administrare;
2. în repaus, la 4 ore de la injectare, care cuprinde imaginile de redistribuție.

Comparația imaginilor de stres și redistribuție diferențiază defectele reversibile, corespunzătoare hipoperfuziei induse de defectele fixe, datorate necrozei miocardice.

SCINTIGRAFIA MIOCARDICĂ DE PERFUZIE

- *Rezultatele* pot fi prezentate sub forma hărților polare, care reprezintă perfuzia VS într-o singură imagine bidimensională.
- Această reprezentare facilitează evaluarea prezenței, extensiei și localizării anomaliilor de perfuzie.
- *Analiza imaginilor* include aprecierea motilității regionale și a grosimii pereților.

IMAGISTICA RADIONUCLIDICĂ A FUNCȚIEI CARDIACE

- Este reprezentată de tehnici speciale pentru determinarea precisă a fracției de ejeție (FE) a ventriculului drept (VD) și stâng (VS), precum și a volumelor VS.
- S-au impus două tehnici de ventriculografie radionuclidică (VRN): la prima trecere (PT) și la echilibrul (E).

Avantajele principale ale VRN, față de ventriculografia radiologică de contrast sunt:

- Neinvazivitatea procedurilor nucleare;
- Abilitatea de a studia ambii ventriculi simultan;
- Capacitatea de a efectua măsurători repetate (de ex.: înainte și după stres fizic).

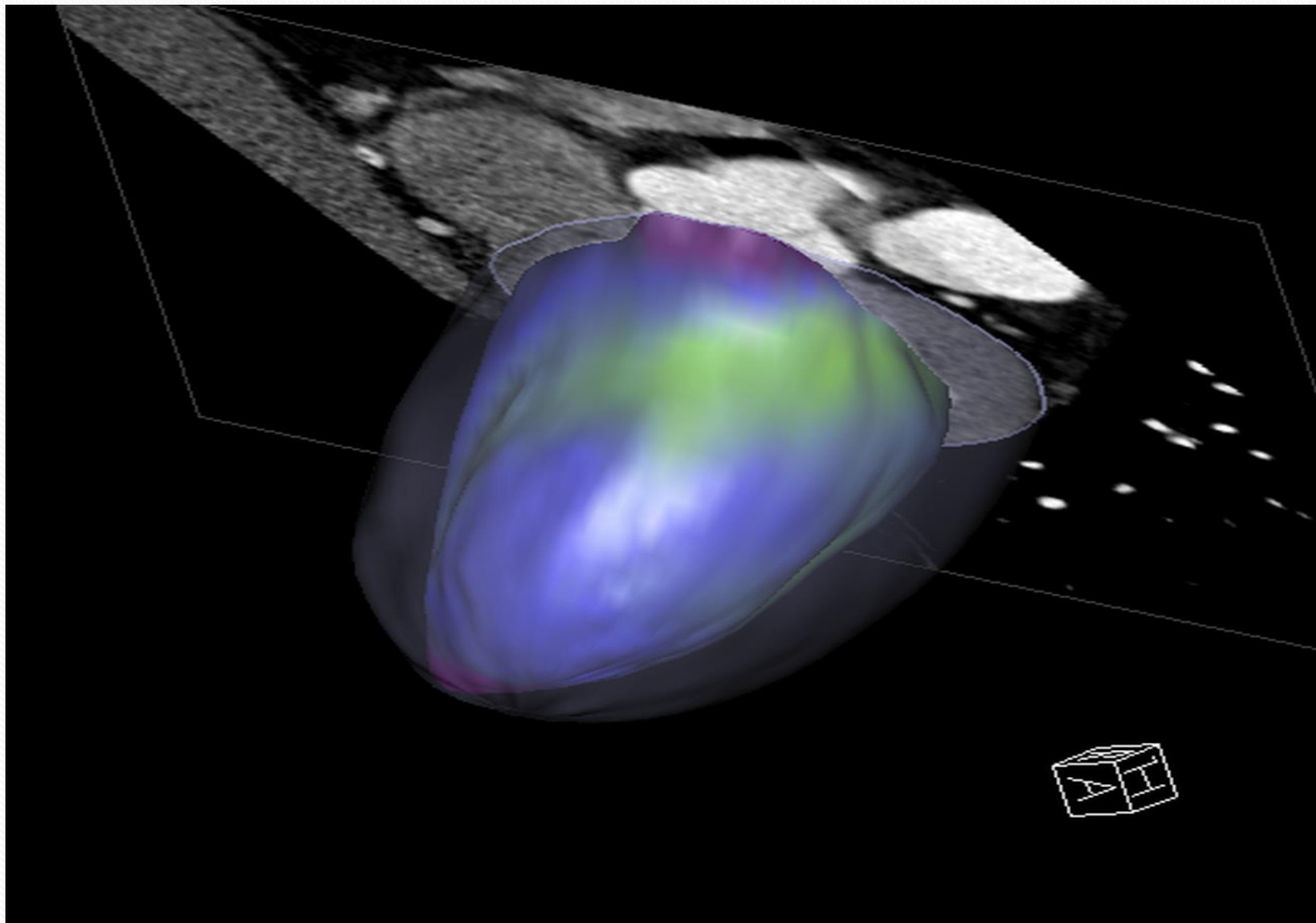
TOMOGRAFIA CU EMISIE POZITRONICĂ (PET)

- **Emitătorii de pozitroni** sunt izotopi cu număr scăzut de neutroni, care ating stabilitatea printr-o transmutație nucleară a unui proton într-un neutron. Acest proces implică și emisia unui electron pozitiv (pozitron).
- **Imagistica miocardică PET** include trasori de perfuzie și trasori metabolici pentru evaluarea studiilor de viabilitate.
- **Studiile de perfuzie în repaus sau după teste de stres farmacologic pot fi indicate pentru:**
 1. Detecția ischemiei miocardice și/sau a infarctului la pacienți cu BC cunoscută sau în observație;
 2. Determinarea extensiei și severității bolii;
 3. Evaluarea riscului individual, pentru evenimente cardiace în vederea strategiei terapeutice.

TOMOGRAFIA COMPUTERIZATĂ CARDIACĂ

- **Tomografia computerizată** este capabilă să ofere imagini secționale prin suprapunerea cu ajutorul computerului a unor succesiuni de secțiuni radiografice.
- **Razele X**, emise sub forma unui fascicul, trec prin regiunea localizată în câmpul din scanere.
- Structurile anatomice ale acestei regiuni atenuează razele X din fascicul înainte de a fi înregistrate de un sistem de detectori – ce constă dintr-un șir de 500-100 de piese, localizat de partea opusă sursei.
- Fiecare element al sistemului de detectori măsoară intensitatea razelor X atenuate și o transformă într-un impuls electric, care este transmis computerului.
- Folosind o **ecuație de absorbție**, intensitatea semnalului este transformată în valori de atenuare pentru fiecare pixel – prin formarea unui profil de atenuare în funcție de unghiul poziției sursei de rază X.

TOMOGRAFIA COMPUTERIZATĂ CARDIACĂ



Aplicații clinice

Tomografia computerizată are mai multe aplicații posibile:

- Determinarea scorului de calciu coronarian;
- Angiografia coronariană CT cu substanța de contrast;
- CT cardiac cu evaluarea cavităților cardiace, pericardului.

SCORUL DE CALCIU CORONARIAN

- Aduce informații privind încărcătura aterosclerotică a vaselor coronare, cu prețul unei iradierii mai mici.
- Cel mai folosit este **scorul Agatston**, care este calculat în funcție de întinderea și densitatea leziunilor cu conținut calcic pe o anumită arie investigată CT.
- Categoriile standard al scorului de risc sunt:
 - 1-10 **scor minim**;
 - 11-100 **ușor**;
 - 101-400 **moderat**;
 - > 400 **sever**.

SCORUL DE CALCIU CORONARIAN

- **Principala utilitate a metodei apare în cazul pacienților cu risc intermediar de infarct de miocard sau deces prin boala cardiovasculară pentru o apreciere mai exactă a gradului de risc.**
- **Consecința terapeutică o constituie intensificarea tratamentului la acești pacienți (având ca scop atingerea unor ținte mai scăzute de colesterol, adăugarea aspirinei la tratament).**
- **Prezența unui scor de calciu ridicat nu obligă la efectuarea coronarografiei, dacă aceasta nu este indicată în context clinic (deoarece acesta nu oferă informații despre gradul stenozelor).**

Limitele metodei

Există câteva limitări fiziologice ale utilizării metodei de care trebuie ținut cont pentru obținerea unor imagini optime și evitarea artefactelor:

- **Prezența aritmiilor**, care presupune durate variabile ale ciclului cardiac și aduce implicit o calitate scăzută a imaginilor;
- **Tahicardia sinusală** conduce la scăderea duratei diastolei, perioada de achiziție a imaginii;
- **Prezența calcificărilor** produce un grad înalt de artefactare.

La indicarea investigației CT trebuie ținut cont și de **nivelul de iradiere** precum și de contraindicațiile generale ale administrării **substanței de contrast** (insuficiență renală cronică sau alergie cunoscută).

REZONANȚA MAGNETICĂ (RM) CARDIACĂ

- **Are indicații clasice pentru evaluarea anatomică a cordului și vaselor mari, iar mai recent a căpătat un rol central pentru caracterizarea miocardică, cu aplicații în studiul viabilității miocardice, imagistica postinfarct sau studiul bolilor infiltrative miocardice.**
- **Imagistica de RM depinde de interacțiunea între nucleii atomilor de hidrogen (ce pot fi priviți în parte ca niște mici magneți) și undele de radiofrecvență create de prezența câmpului magnetic.**

REZONANȚA MAGNETICĂ CARDIACĂ

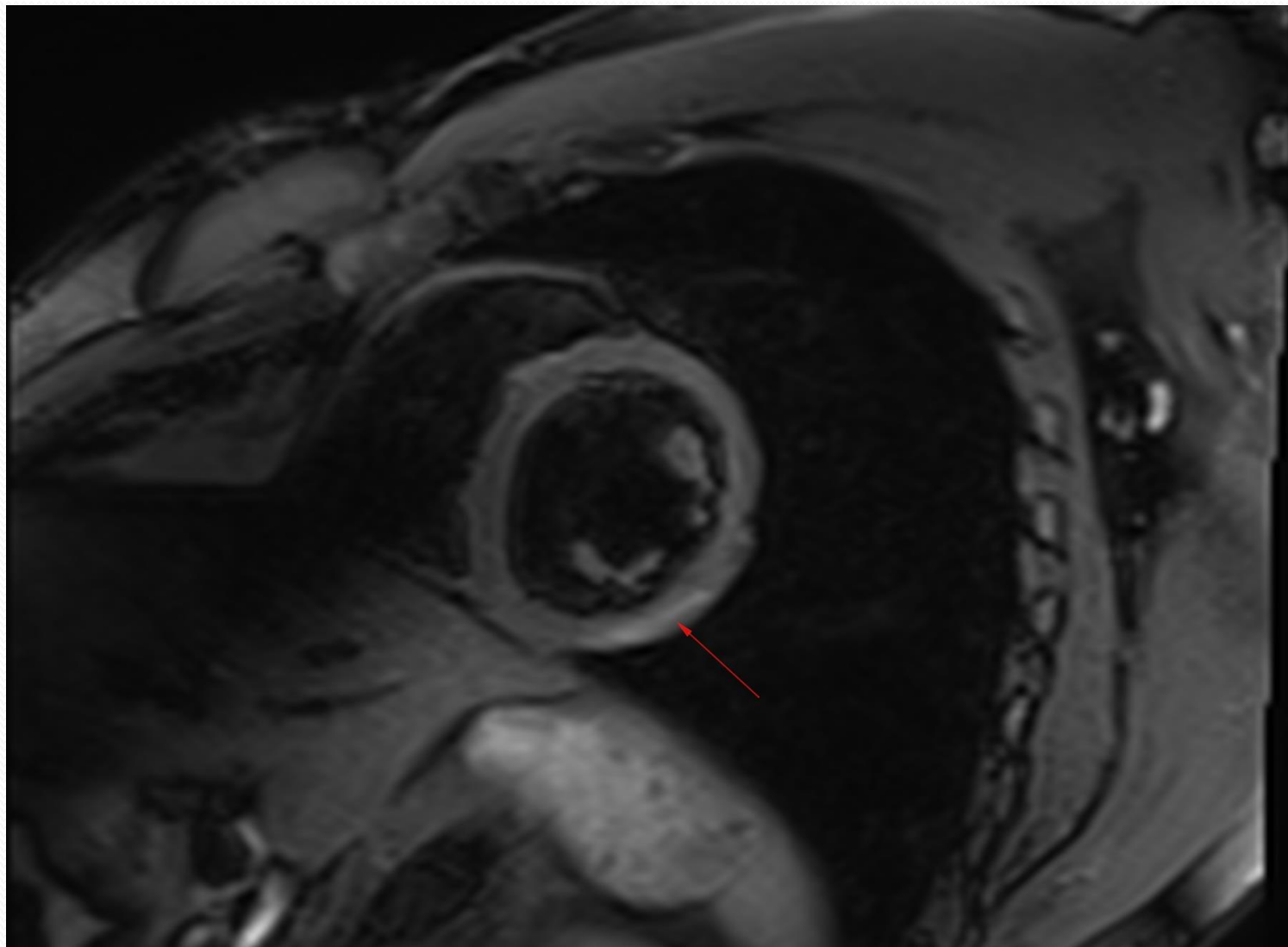
- **Scannerul RM are un magnet de diverse intensități- cel mai utilizat actual în clinică fiind cel de 1.5 Tesla.**
- **După emiterea unui puls de excitație, are loc scăderea magnetizării nete a țesuturilor (relaxare) și eliberarea energiei sub forma unui radiosemnal (utilizat pentru formarea unui *ecou*).**
- **Apoi, scanerul RM utilizează tehnici sofisticate pentru convertirea acestor ecouri în imagini.**

Limitele tehnicii

- Principala limitare a tehnicilor de RM constă în imposibilitatea de efectuare a examinării **pacienților care prezintă implanturi fieromagnetice.**
- Rămîne contraindicată RM la pacienții cu:
 - pacemakere sau defibrilatoare,
 - neurostimulatoare,
 - implanturi cohleare,
 - pompe de insulină,
 - prezența de fragmente metalice în sistemul nervos central sau la nivel ocular.

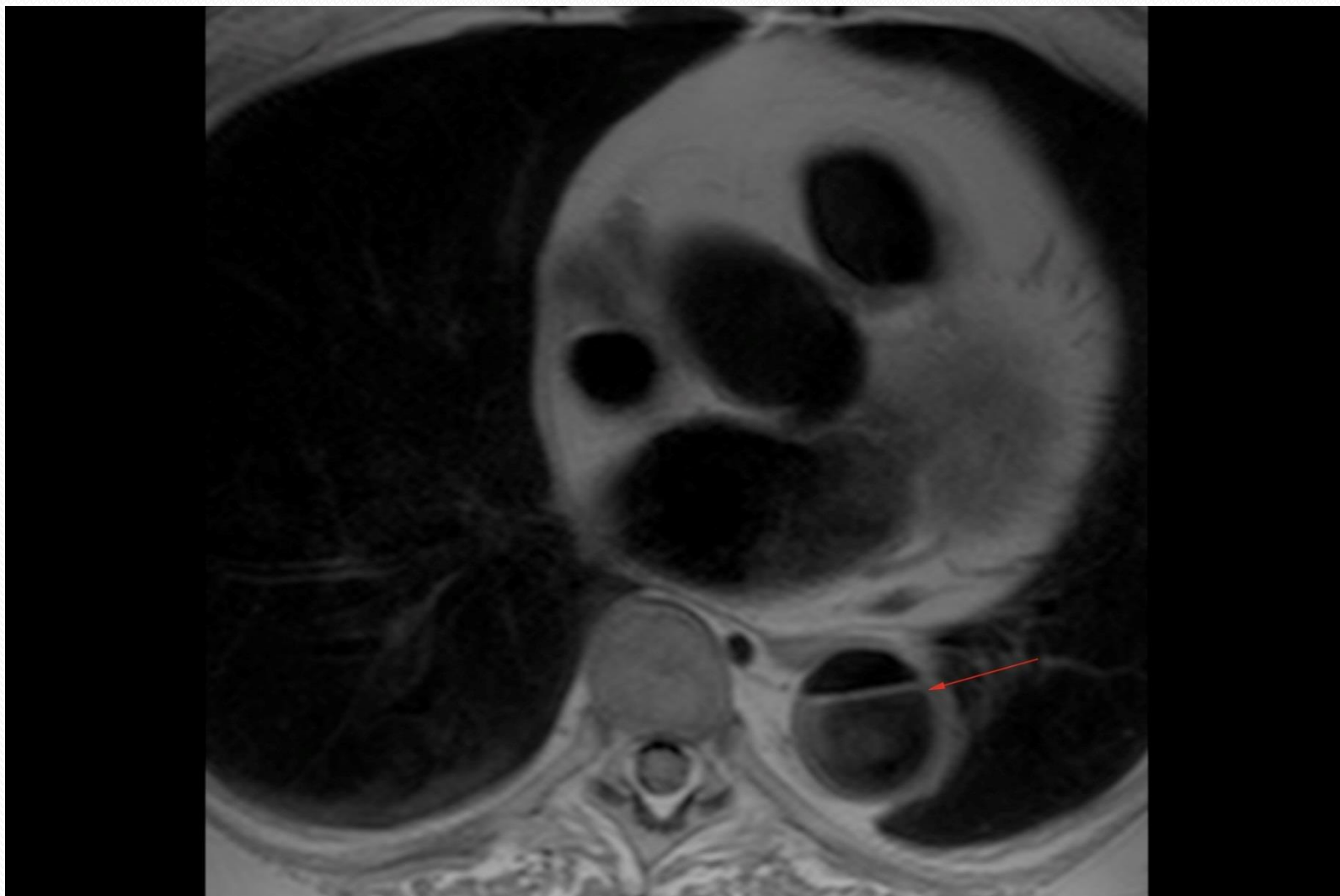
REZONANȚA MAGNETICĂ CARDIACĂ

Edem al peretelui inferior a miocardului ventriculului stîng în miocardită acută.



REZONANȚA MAGNETICĂ CARDIACĂ

Disecție a aortei descendente.



STUDIUL ELECTROFIZIOLOGIC INTRACARDIAC

- Explorarea prin **studiu electrofiziologic intracardiac (SEF)** este o metodă relativ nouă de evaluare a pacientului cu patologie cardiovasculară.
- Primele înregistrări intracardiace ale activității electrice au fost efectuate în **1959 de Stuckey și Hoffman** în timpul operațiilor pe cord deschis (când se înregistrează activitatea fascicului His) și ulterior, în **1960 de Giraud și Puech** cu ajutorul unui cateter endocavitar.
- Studiul electrofiziologic intracardiac este metoda de diagnostic invaziv, intracardiac al tulburărilor de ritm și conducere în aritmii cardiace.

Tehnica SEF

Presupune

- ***Înregistrarea pasivă*** a semnalelor electrice intracardiacă din apropierea structurilor țesutului de conducere și din cavitățile cardiace
- ***Stimularea/pacing-ul*** acestor structuri și înregistrarea efectelor acestuia.

Tehnica SEF

- Înregistrările se realizează prin intermediul unor catetere electrod – niște conductori metalici subțiri izolați.
- La capătul distal aceste catetere se termină cu mici inele metalice, iar la capătul proximal fac legătură cu un electrocardiograf cu mai multe canale, care filtrează și amplifică semnalele intracardiace.
- Introducerea acestora se face endovascular, percutan – cel mai adesea prin venele femurale, dar și prin alte aborduri: vena jugulară internă sau externă, vena subcavie sau chiar vena antecubitală.

Pregătirea pacientului

- Este o etapă importantă.
- În general, bolnavii sunt mai puțin familiarizați cu SEF și de aceea necesită explicații clare despre modul în care decurge această investigație și la ce beneficiu trebuie să se aștepte.
- Se vor descrie și eventualele riscuri și complicații procedurale înainte de a cere consimțământul pacientului.
- Se vor lua în considerație sedarea pre – și intraprocedurală, prezența unui medic anestezist, statusul anticoagulării, prezența sau întreruperea medicației, în special, antiaritmice.

Dotarea tehnică a laboratorului de electrofiziologie

- Facilități de radioscopie cu posibilități de scopie în diverse planuri;
- Masă radiotransparentă;
- Stimulatoare cardiace programabile, cu programare în milisecunde și cu minim trei extrastimuli;
- Sistem consolă de achiziții electrocardiografice filtrate și amplificate multicanal;
- Ecrane multiple de afișare în sală și camera de comandă;
- Echipament de resuscitare și defibrilare;
- Pulsoximetru;
- Injectomate;
- Analizatoare pentru sondele de pacemaker;
- Arogramatoare pentru dispozitivele implantabile.

Înregistrarea electrogramelor intracardiace

- Un protocol al SEF bazal presupune ca după poziționarea intracardiacă a cateterelor electrod să se realizeze înregistrarea activității electrice intracardiace – electrograma intracardiacă.
- Diferența semnificativă dintre înregistrările ECG de suprafață și electrogramele intracardiace este reprezentată de faptul că ECG-ul de suprafață ne prezintă o sumare a activității electrice cardiace, iar electrogramele intracardiace înregistrează doar activitatea electrică a unor mici zone ale inimii aflate în imediata vecinătate a electrozilor metalici aflați pe cateterul electrod.

INDICAȚII MAJORE ALE SEF

- **Evaluarea funcției nodului sinusal la pacienții la care disfuncția de nod sinusal nu a fost dovedită;**
- **Blocul atrioventricular dobândit la pacienții la care se suspectează, dar nu s-a dovedit prezența tulburării de conducere la nivelul rețelei His – Purkinje;**
- **Deficiențele de conducere intraventriculare cronice la pacienți simptomatici sau care necesită terapie ce poate accentua gradul de bloc;**
- **Tahicardiile cu complex QRS larg ce necesită un diagnostic corect pentru alegerea terapiei;**

INDICAȚII MAJORE ALE SEF

- **Sindromul WPW ce necesită evaluare pentru terapia ablativă sau care prezintă sincope neexplicate sau prezintă istorie familială de moarte subită;**
- **Sindrom de QT prelungit ce prezintă sincope sau pentru testarea efectelor proaritmice ale unor medicații;**
- **Sincope de cauză necunoscută;**
- **Supraviețuitorii unei morți subite resuscitate;**
- **Palpitații neexplicate, tahicardii ventriculare nesuținute sau extrasistole ventriculare cu caracter complex.**

Complicațiile SEF

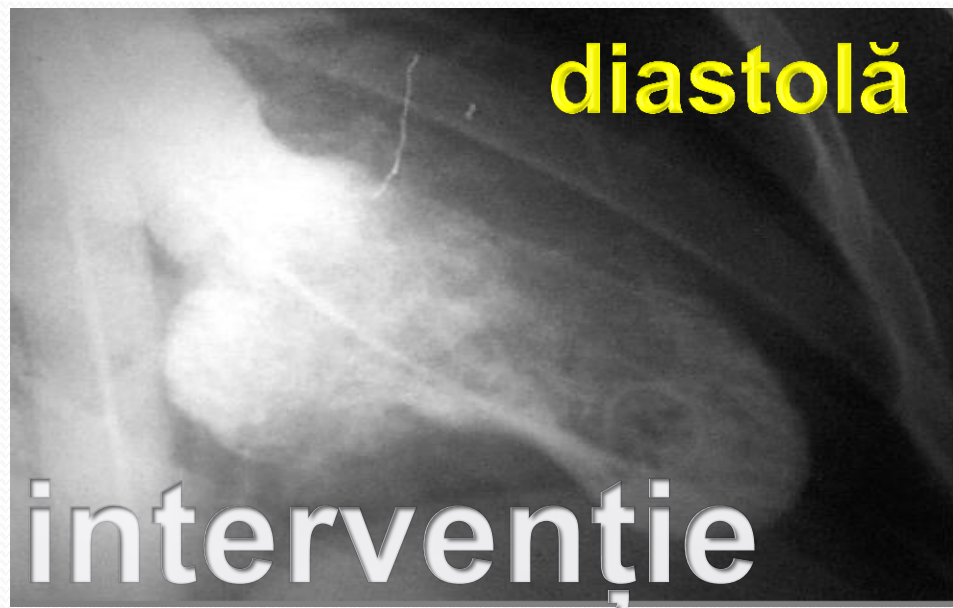
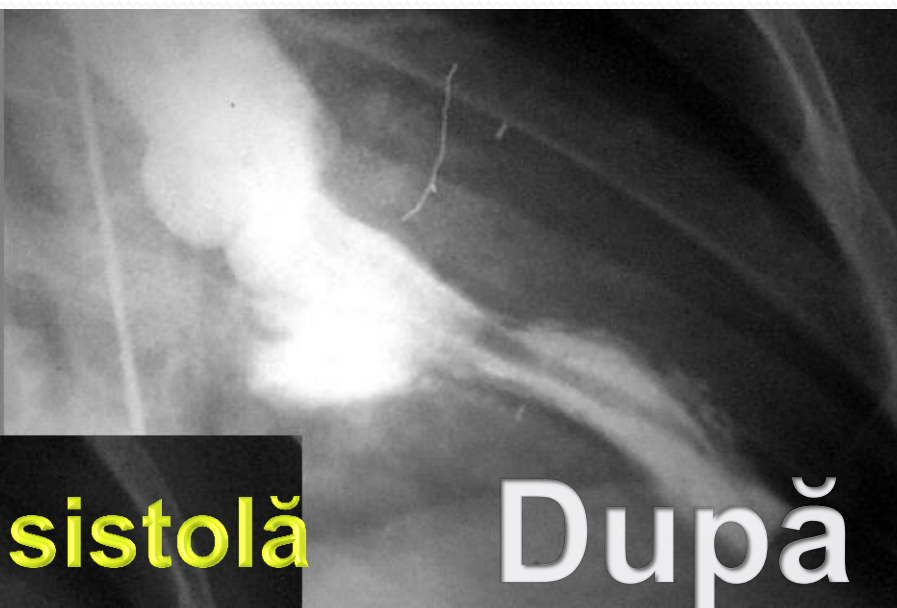
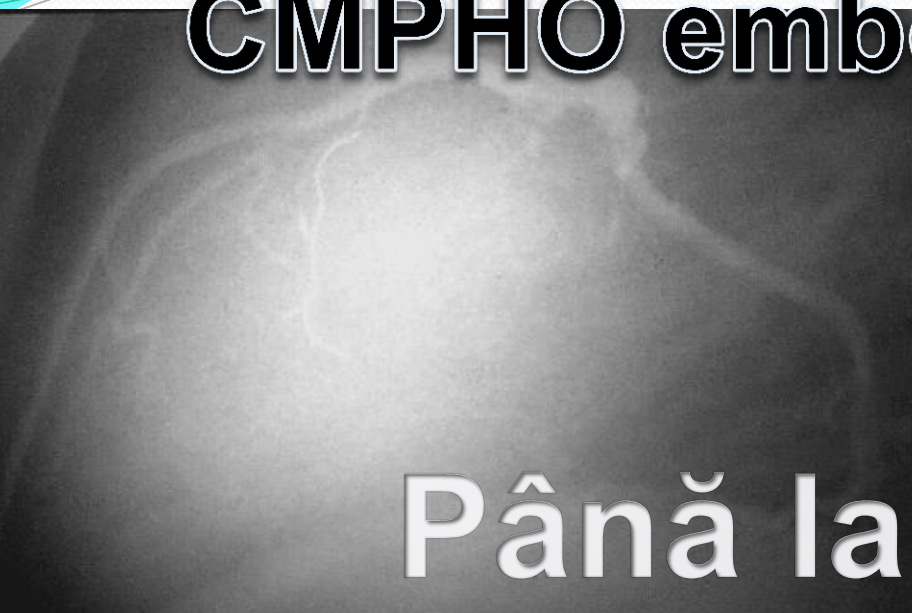
- Hematom la locul de puncție;
- Hemoragie locală;
- Tromboflebită;
- Complicații embolice;
- Pericardită și tamponadă;
- Pneumotorax;
- Hipotensiune.

CATETERISMUL CARDIAC

- Este o explorare invazivă a aparatului CV care include multiple testări – de la determinarea presiunilor și oximetriilor din cavitățile inimii, a debitelor cardiace și rezistențelor vasculare pulmonare și sistemice, până la diagnosticarea angiografică a bolilor coronariene și aortice.
- Este o procedură combinată, ce cuprinde o parte hemodinamică și una angiografică, efectuată în scop diagnostic sau terapeutic.
- Este o procedură invazivă și la efectuarea cateterismului cardiac se va lua în considerație raportul dintre riscul procedurii și beneficiul așteptat pentru acel pacient.

Coronarografie

CMPHO embolizare septală



După intervenție

APLICAȚII CLINICE

Evaluarea hemodinamică este indicată:

- **În stabilirea** prognosticului și strategiei terapeutice sau a momentului operator optim în prezența malformațiilor congenitale, a unor cardiomiopatii, uneori în evaluarea valvulopatiilor
- **Monitorizarea invazivă** (debit cardiac, presiune blocată în capilarul pulmonar) a răspunsului cardiovascular la administrarea medicamentelor în cazul pacienților gravi cu șoc cardiogen și sindrom de debit cardiac scăzut
- **Evaluare** pre – și post – transplant cardiac.

APLICAȚII CLINICE

Angiografia cardiacă are aplicații clinice multiple:

Coronarografia se aplică pentru:

- Diagnosticul anatomic al bolii cardiace ischemice;
- Anomaliilor congenitale ale arterelor coronare.

Ventriculografia și aortografia în evaluarea:

- Unor boli valvulare, congenitale complexe;
- Cardiomiopatii;
- Stabilirea variantei optime terapeutice sau chirurgicale.

Terapia intervențională a leziunilor vasculare prin angioplastie cu balon și/sau implant de stent.

Protocolul cateterismului cardiac

- Majoritatea pacienților care suportă cateterismul cardiac, necesită cel puțin o coronarografie și o ventriculografie stângă.
- Ventriculografia poate fi omisă dacă există date concludente obținute noninvaziv (de ex.: ecocardiografic) sau cu scopul de a reduce cantitatea de contrast utilizat (de ex.: insuficiența renală sau edem pulmonar).

Cateterismul cardiac stîng

Ventriculografia stingă

- Se efectuează prin introducerea unui cateter tip *"pigtail"* în VS prin teacă femurală.
- Cateterul este conectat la presiune și avansat prin arcul aortic până la rădăcina aortei. La acest nivel, se poate înregistra presiunea în aorta ascendentă. Apoi, cateterul este avansat ușor spre valva aortică, se flectează când ajunge la acest nivel, iar prin torsiune în sens orar și împingere ușoară, trece în VS.
- La acest nivel se determină presiunea telediastolică în VS. Ventriculografia stîngă se efectuează în incidențele OAD (oblic anterior drept) 300 și OAS (oblic anterior stîng) 600, în inspir.
- După ventriculografie, se determină presiunea în VS.
- Gradientul transvalvular aortic se poate determina prin înregistrare continuă în timpul retragerii cateterului din VS.

Cateterismul cardiac stâng

Aortografia

- Dacă este necesară, se poate efectua după ventriculografie.
- Se utilizează aceleași incidențe.
- Cateterul pigtail se poziționează la 3 - 7 cm deasupra valvei aortice pentru a evita regurgitarea aortică indusă de cateter.
- Se injectează în aortă sub presiune 40 - 60 ml de contrast în 2 - 4 s.
- Pentru înregistrările efectuate în monoplan, ventriculografia și aortografia sunt obținute de obicei într-o singură secțiune: OAD 300 pentru ventriculografie și OAS 600 pentru aortografie.

Coronarografia

Se realizează utilizând cel mai frecvent cateterele Judkins care se introduc pe cale femurală.



Cateterismul cardiac drept

- Cateterizarea arterei pulmonare (AP) cu sonda **Swan – Ganz** permite calcularea debitului cardiac, a rezistențelor vasculare sistemice și pulmonare, saturația venoasă în O₂, presiunile în AD, respectiv AS și presiunea în AP.

Indicațiile cateterizării AP:

- Șocul cardiogen;
- Edemul pulmonar;
- Șocul de etiologie necunoscută;
- Infarctul de VD;
- Suspiciunea de ruptură de sept ventricular (permite estimarea mărimii șuntului stânga – dreaptă);
- Permite managementul optim al pacienților cu disfuncție sistolică importantă VS și cu sepsis;
- Hipovolemie sau postintervenții chirurgicale majore;
- După intervențiile chirurgicale pe cord;
- Embolia pulmonară masivă.

Ecografia intravasculară

- Este o metodă invazivă de analiză a peretelui vascular cu ajutorul ultrasunetelor, prin intermediul unui cateter special care este introdus în lumenul vascular printr-o tehnică asemănătoare angioplastiei coronariene.
- Prin folosirea unor transductori speciali se obține o imagine a structurii peretelui vascular / coronarian pe toată circumferința sa. Astfel pot fi identificate și caracterizate plăcile de aterom în faza subclinică a aterosclerozei.
- Ecografia intravasculară a demonstrat existența fenomenului de remodelare pozitivă care compensează încărcarea aterosclerotică progresivă, în lipsa detectării prin coronarografie și în absența simptomelor.

Complicațiile cateterismului cardiac și coronarografiei

Complicațiile severe, cu risc vital, sunt rare (1 / 1000) și includ:

- Disecția aortei sau arterei coronare;
- Ruptură cardiacă;
- Embolia cu aer;
- Pneumotorax;
- Tromboembolism pulmonar;
- Aritmii și complicații vasculare periferice.

Complicațiile cateterismului cardiac și coronarografiei

Alte complicații frecvente sunt:

- Hematomul la locul puncției;
- Angina;
- Reacții vasovagale;
- Reacții alergice la agenții de contrast și medicamente;
- Inflamație sau exudare la locul puncției și / sau apariția febrei.

Evaluarea cantitativă a funcției cardiace

Efectuarea ventriculografiei stângi, aortografiei, determinarea curbelor de presiune și a saturației în O₂, furnizează informații despre:

- Debitul cardiac și funcția VS (*Determinarea debitului cardiac*)
- Severitatea valvulopatiilor aortice, mitrale
- Prezența și severitatea șunturilor stânga – dreapta
- Rezistențele vasculare sistemice și pulmonare