



Echocardiographia: fizikai alapok, gépek, transducerek, módszerek, műtermékek

Dr. Asbót Richard

DIAGNOSCAN

Budapest



Echocardiographiás tanfolyam
2016 ápr 8-9, Pécs





Viking longship (c. AD 900)

ECHOCARDIOGRAPHIA

Technikai alapok



Technológiatörténet

- Piezokristály
- Transducertechnika
 - TEE (endoscop): rakétaépítés, hibakeresés
- Rádiófrekvenciás (RF) jel
- Analóg szűrés/jelfeldolgozás (1970...95)
- „Korai” digitalizálás (1995 ...)
- „All digital” (kb 2000 ...)



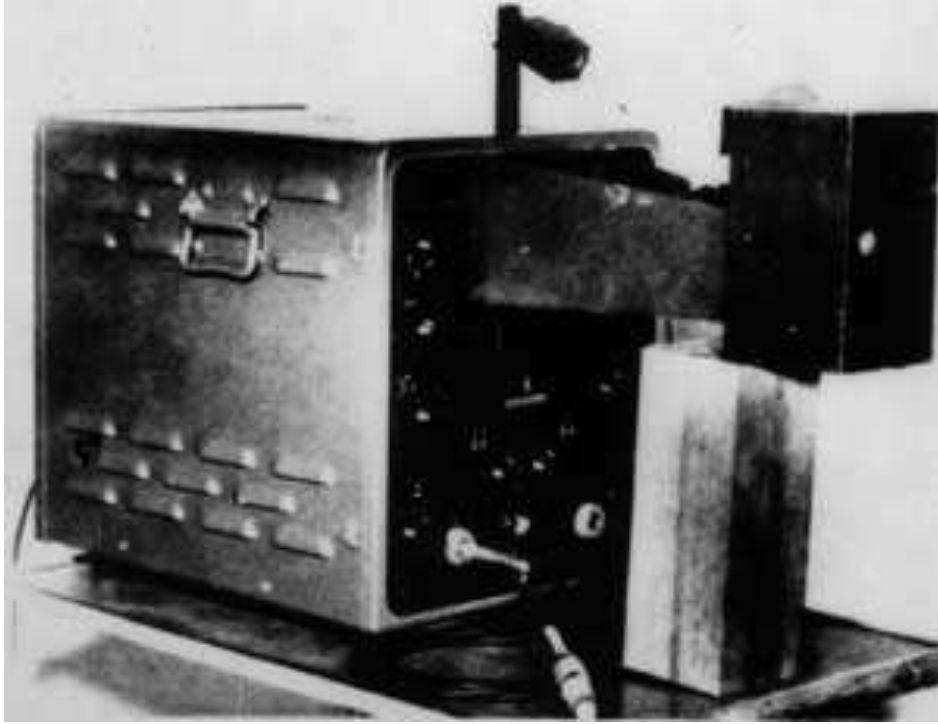
Lewis Fry Richardson
1912 – ultrahang alkalmas lehet víz alatti felderítésre



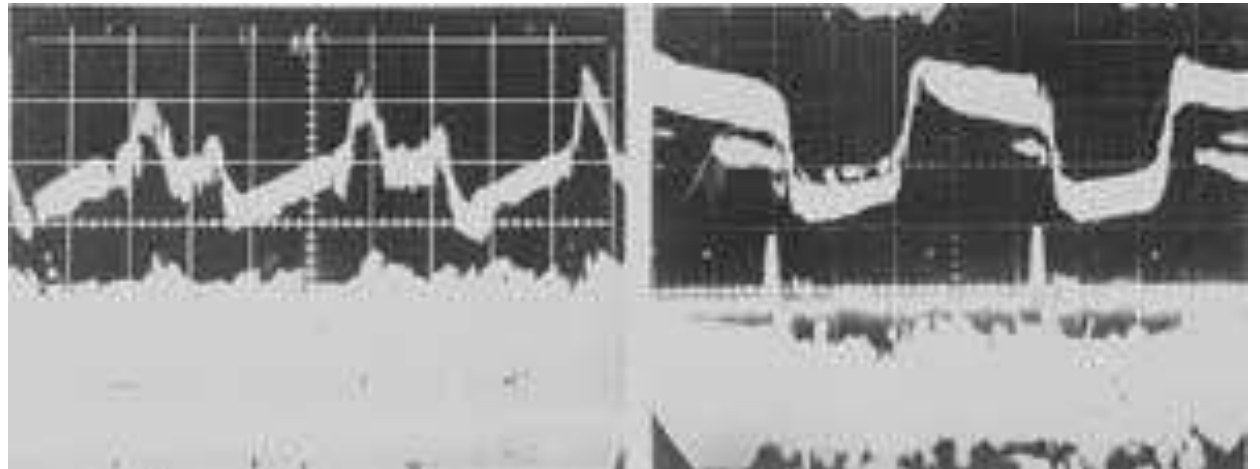
ipari „reflectoscope”
Firestone



Paul Langevin – I. vh., SONAR
(nem használták)



Dr. Inge Edler
Lund 1954

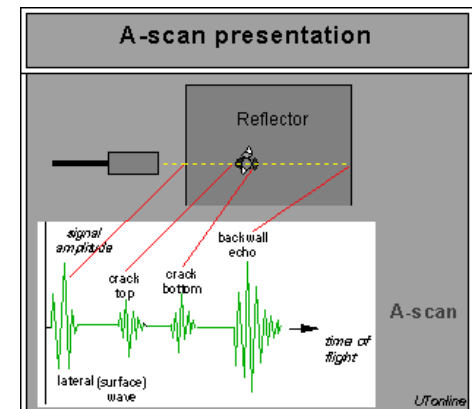


Hertz és Edler

- Lund, Svédország
- Helmut Hertz
 - mérnök-fizikus
- Inge Edler
 - kardiológus
- Siemens
- kezdet: 1950
- BK hátsó fal, mitrális
 - utóbbi évekig az első falnak hitték
 - boncolásokkal egybevetve korrigálták
 - fő téma 1950...60: MS
 - 1960 III. Európai Kardiológus Kongresszus, Róma (Edler)

Harvey Feigenbaum

- 1963 (Joyner, Reid alapján)
- AHA Los Angeles 1963
 - saját mellkasára tette
 - ötlet: pericardialis folyadék?
- Indiana Univ.: ultrasonoscope – a neurológusoknál
 - elkérte ...
 - „echocardiography”





1968

Doppler

Robert Rushmer, Seattle, WA



Liv Hatle, Trondheim



Wavelength and frequency

- Wavelength and frequency are inversely related
- The unit of frequency is Hertz (Hz) = 1 cycle in one second

Cardiac US imaging frequency range

2-3 MHz

TTE

3.5-7 MHz

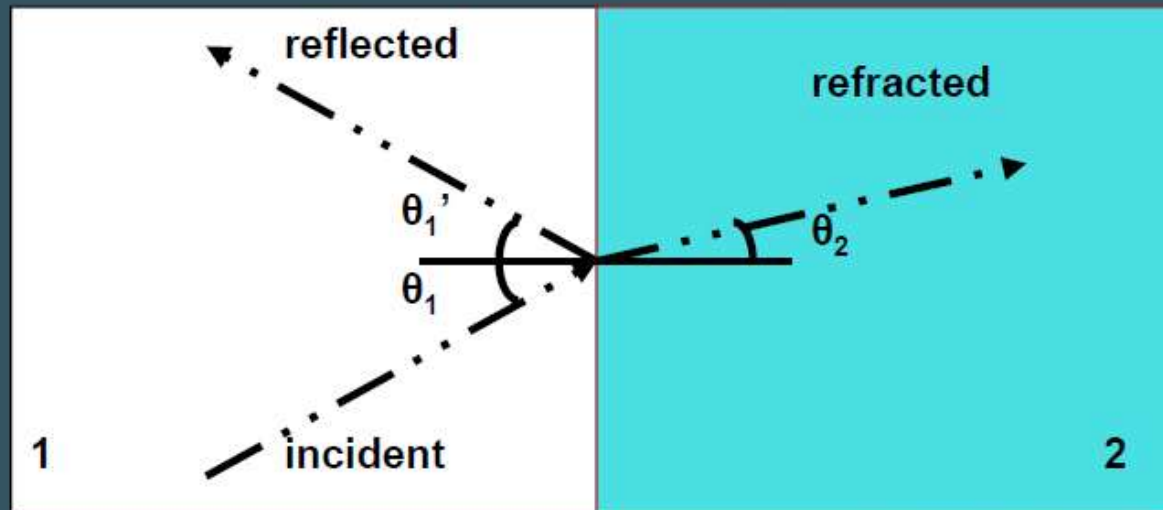
TEE

10-40 MHz

IVUS

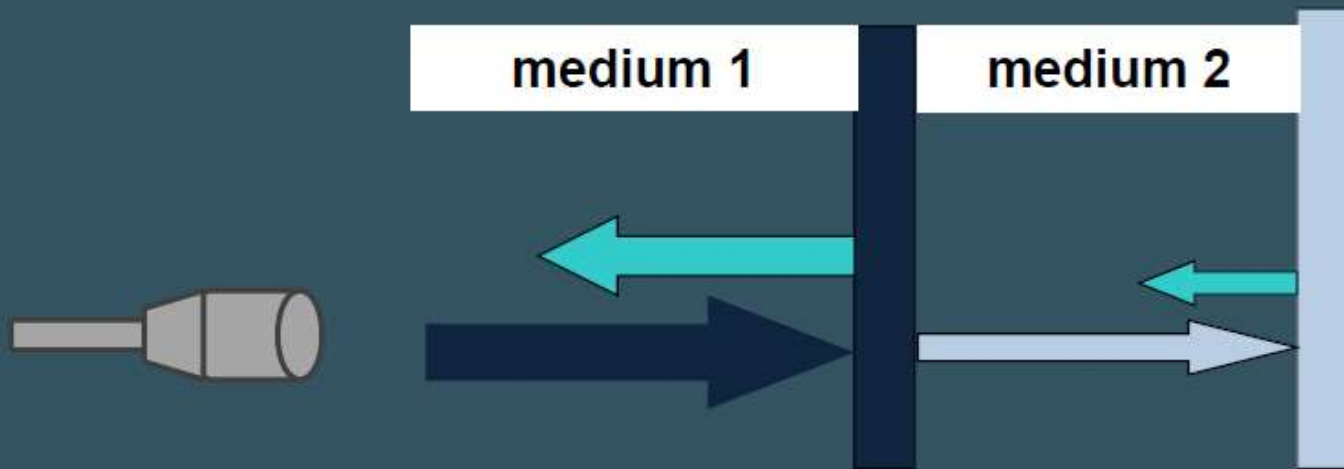
Interactions between ultrasound and tissue

- Reflection
 - Refraction
 - Scattering
 - Attenuation



Reflection

Fraction of the reflected intensity depends on acoustic impedances of the two media



Acoustic Impedance = Density X Speed of Sound

Scattering

- **Scattering** is caused by interaction with a very small reflector or a very rough interface
- A small portion of the soundwave returns to the transducer

Basis for Doppler imaging



Visualization of surfaces parallel to the US beam

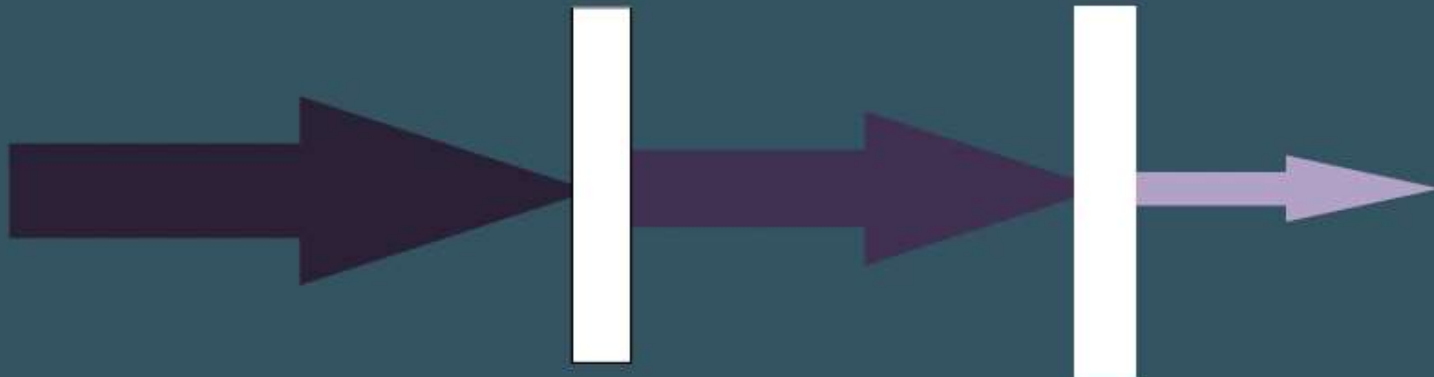


Visualization of the texture of gray-scale images



Attenuation

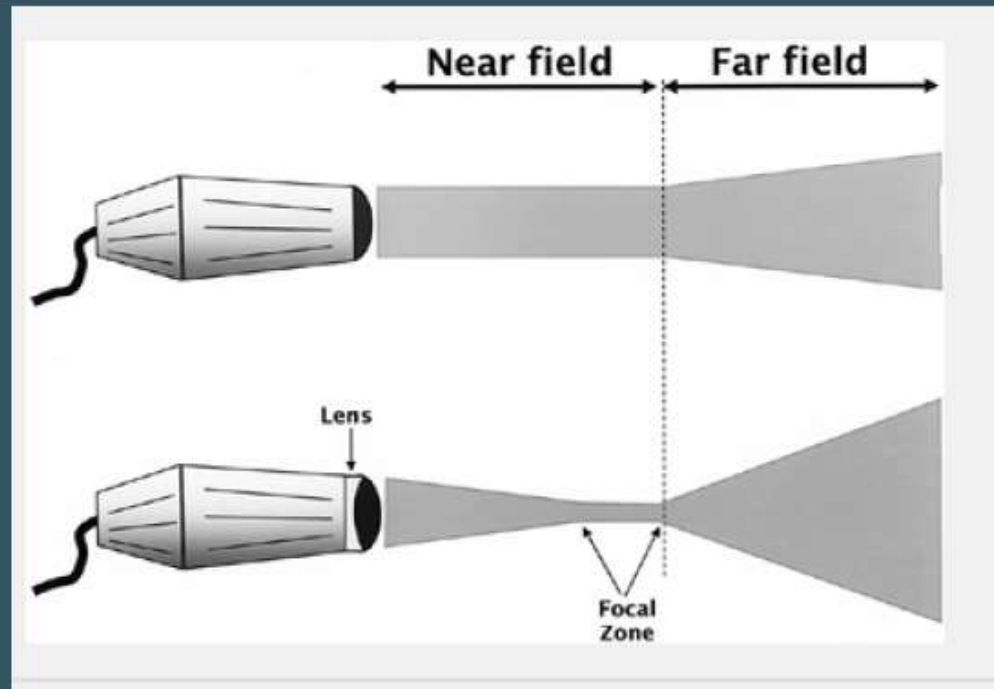
- The amplitude/strength of the wave decreases with increasing depth
- Depends on acoustic impedance



Attenuation is frequency dependent such that lower US frequencies penetrate deeper into the body.

Ultrasound beam

$$I = \frac{r^2}{\lambda}$$

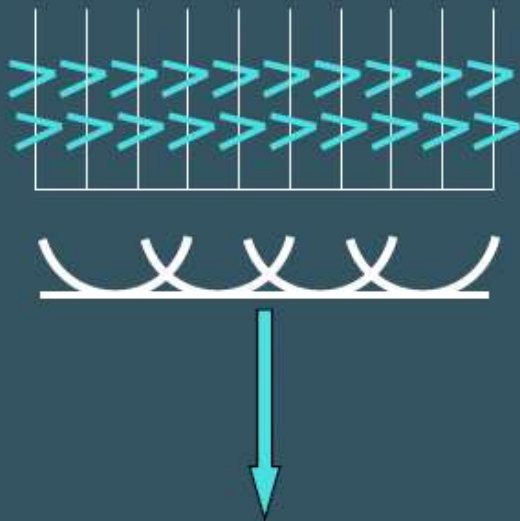


Frequency, size, and focusing affect image quality in the near and far fields

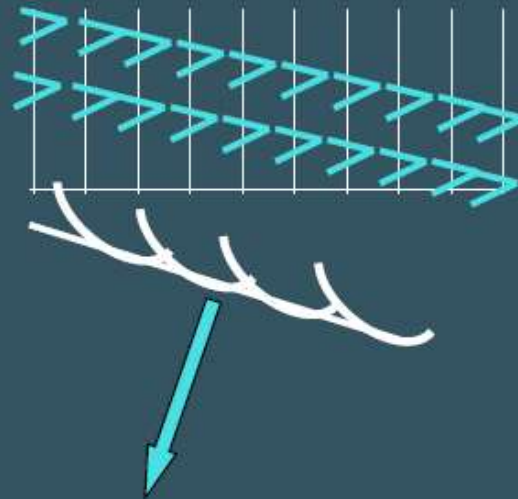
Feigenbaum's Echocardiography, 6th Edition

Ultrasound beam

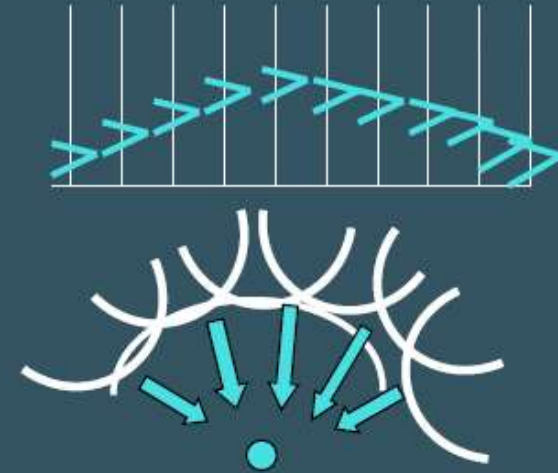
Linear array



Phased array



Beam steering



Beam focusing

Resolution

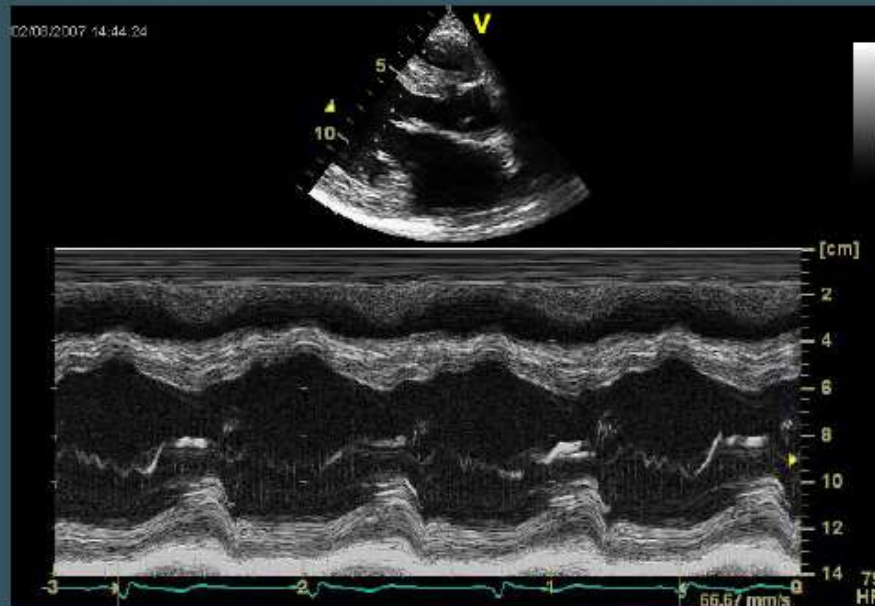
Resolution is the ability to distinguish between two objects in close proximity

- **spatial resolution**
- **contrast resolution**
- **temporal resolution**

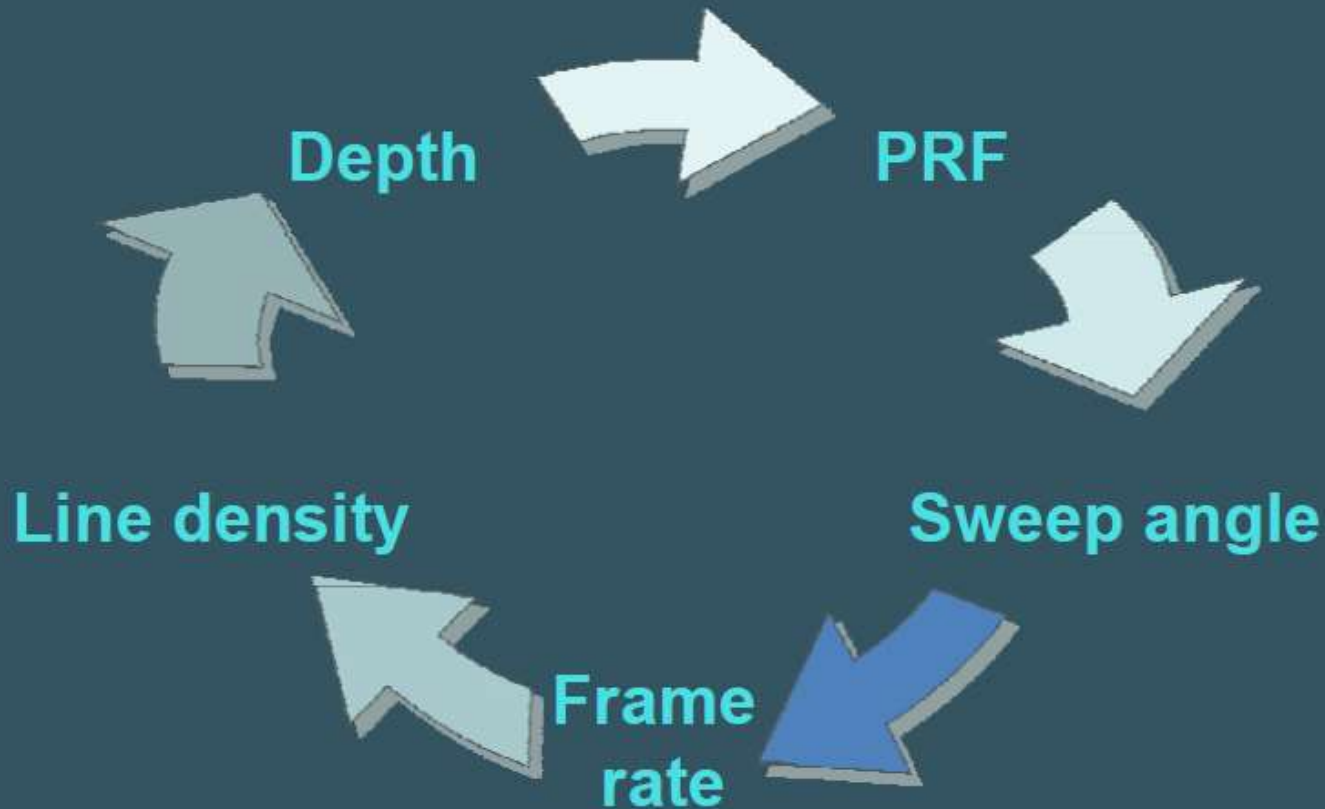
Temporal resolution

Temporal Resolution

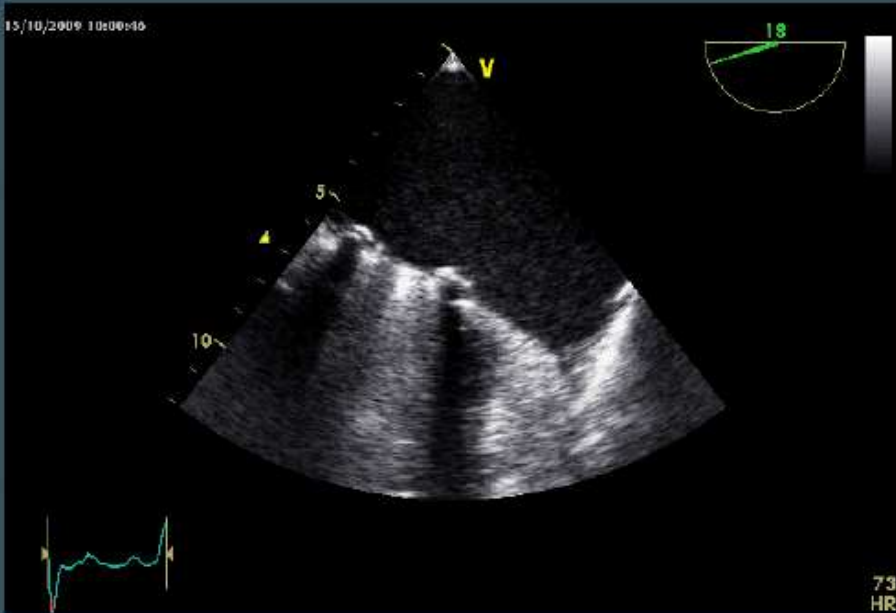
- the ability of the system to accurately track moving targets over time (also known as frame rate)
- **depth of field** affects temporal resolution



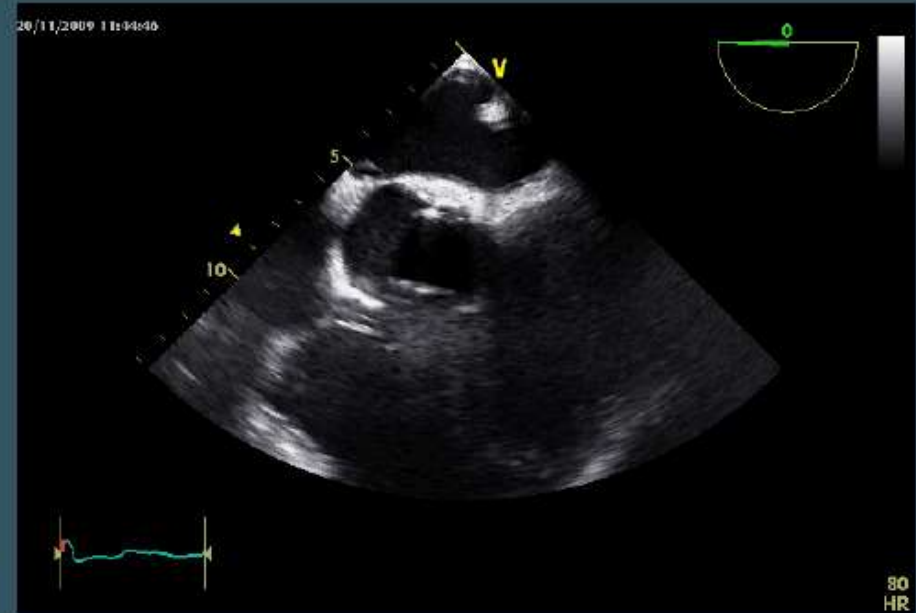
Tradeoffs in image creation



Artifacts

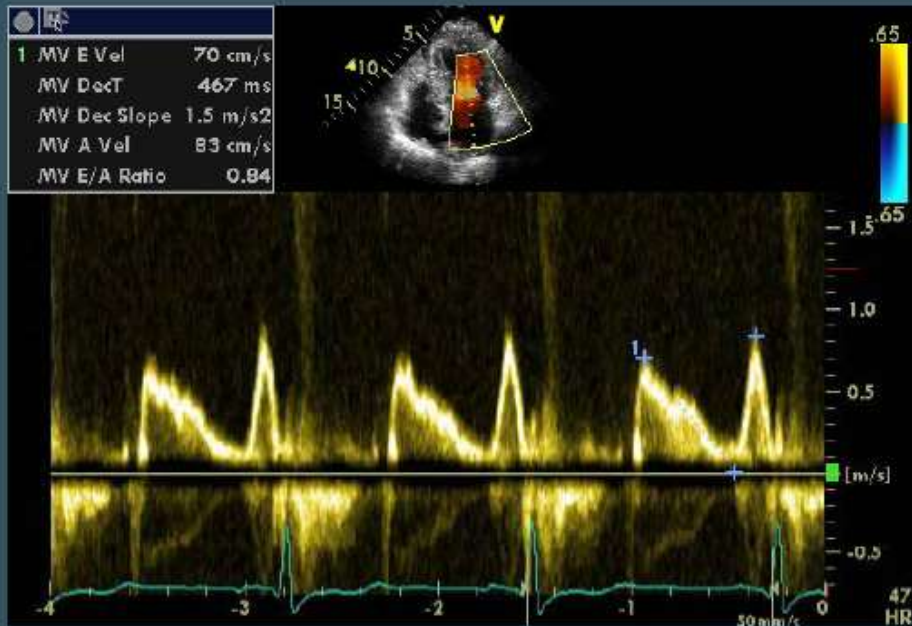


Acoustic shadowing

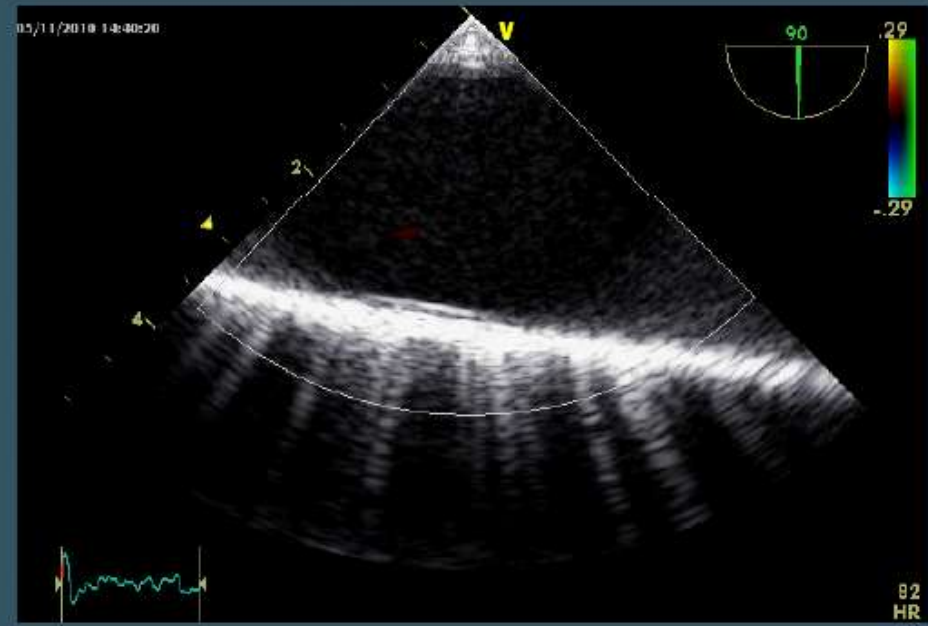


Reverberations

Artifacts



Mirror imaging



Ghosts

Felvételi síkok

- Akusztikus ablak kritikája
 - ha rossz, leletben rögzíteni
- Parasternalis hossztengetyű nézet
 - nézni többől is lehet, mérni csak egyből
 - BK hossztengetyhez igazodni
- Parasternalis rövid tengely
 - Több ablakból megengedett
 - Ha foto: végsystole
- Csúcsi nézetet a csúcs felől kell vizsgálni
 - kontroll: „csúcsi multiplan” vizsgálat

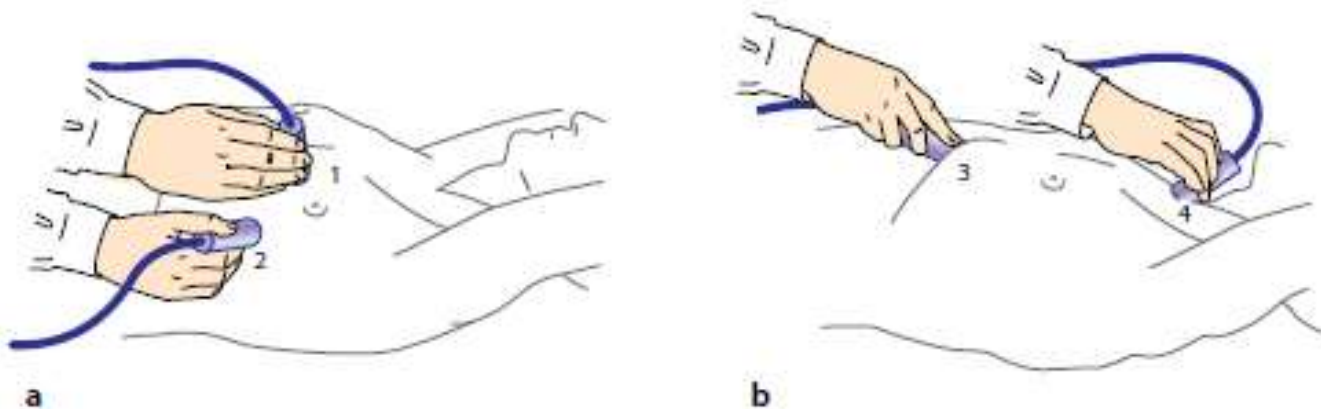
Átmérők, területmérések

- M-mode „dream”
 - Jól definiált és jól reprodukálható, de nem alkalmas volumen- ill. tömegszámításra
 - Követésre alkalmas
 - „anatomical” – csak fotóval együtt adható ki
- 2-D
 - Átmérő csak fotóval (reprodukálhatóság ?)
 - Planimetria (stenosis, EF) - fotóval

Sebességek

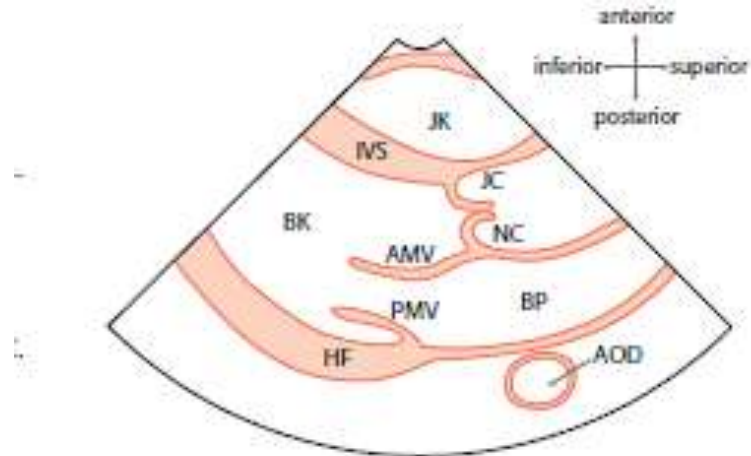
- AV szájadékok
 - 2D sík legyen standard, mivel a jet(ek) irányát nem tudjuk
 - Color sokat segít
- Aorta stenosis
 - „szabálytalan” irányból is mérhető – a maximum érvényes
 - Color nélkül könnyebb a nyitódás helyét megtalálni

Akusztikus ablakok, transzducer pozíciók

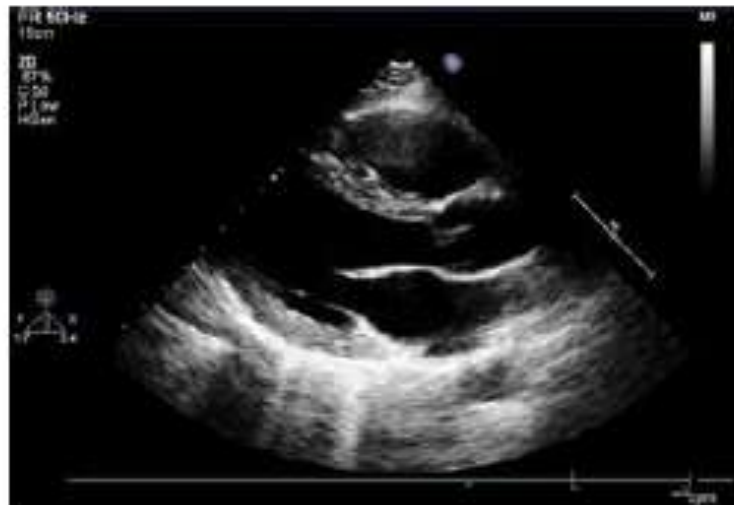


2.1. ábra. Transzducer pozíciók: 1. parasternalis, 2. csúcsi, 3. subcostalis, 4. suprasternalis

Parasternalis hosszmetset

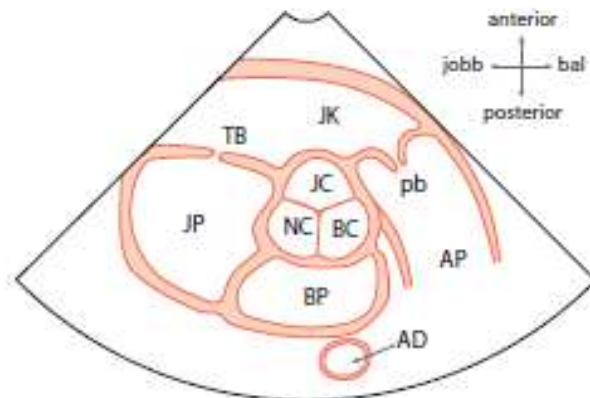


2.2. ábra. Parasternalis hosszmetset



2.3. ábra. Parasternalis hosszmetset

Aortás parasternalis rövid tengelyi metszet

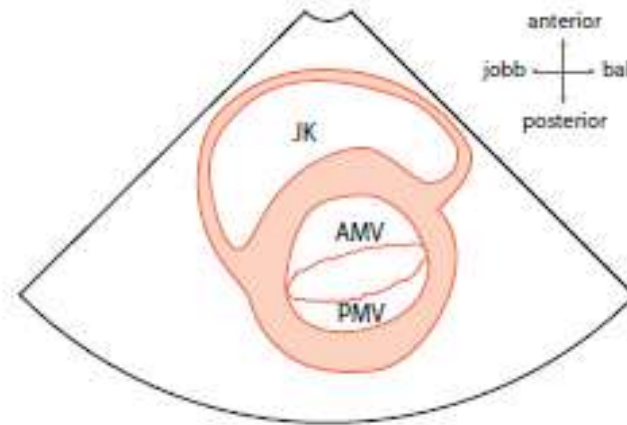


2.11. ábra. Parasternalis keresztmetszet basalis szint

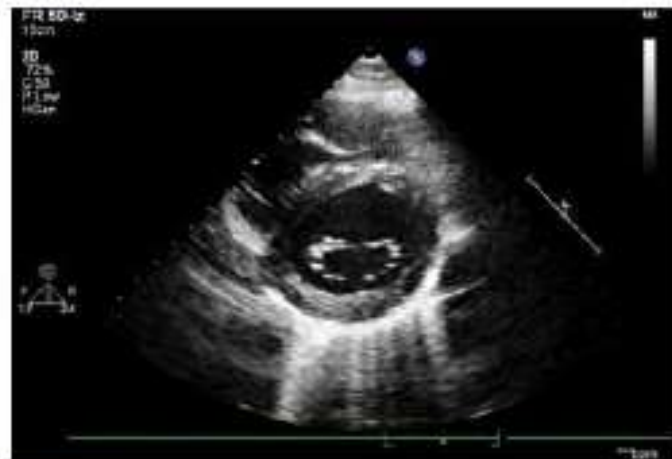


2.12. ábra. Parasternalis keresztmetszet basalis szint

Parasternalis rövid tengelyű metszet, mitrális szint

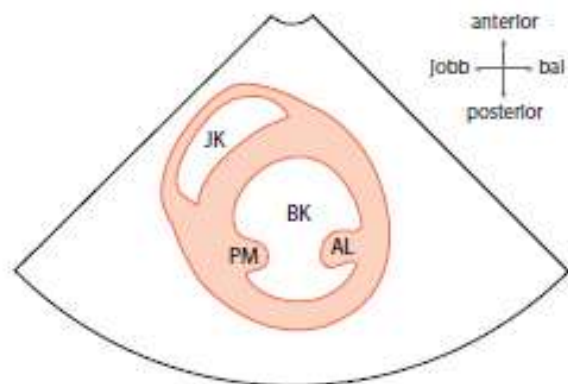


2.13. ábra. Parasternalis keresztmetszet mitralis billentyű szint

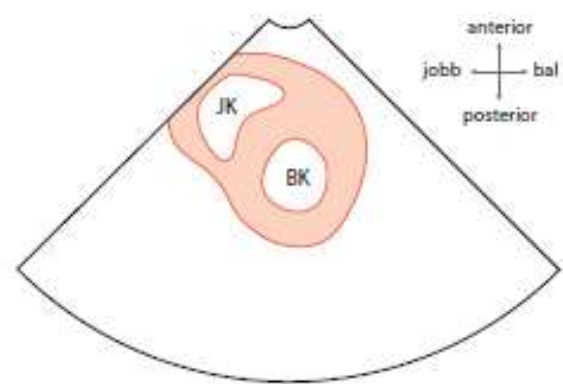


2.14. ábra. Parasternalis keresztmetszet mitralis billentyű szint

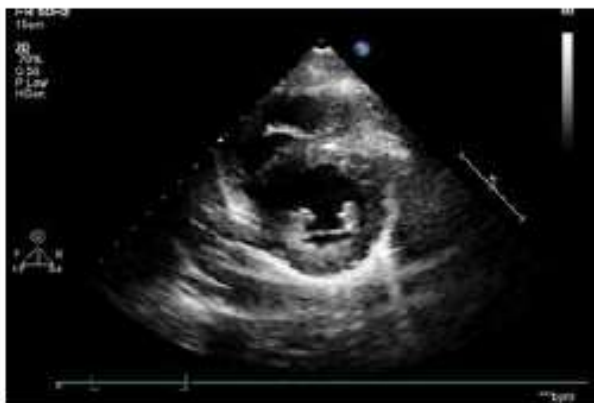
Parasternalis metszet, papilláris izmok szintje; csúcsi szint



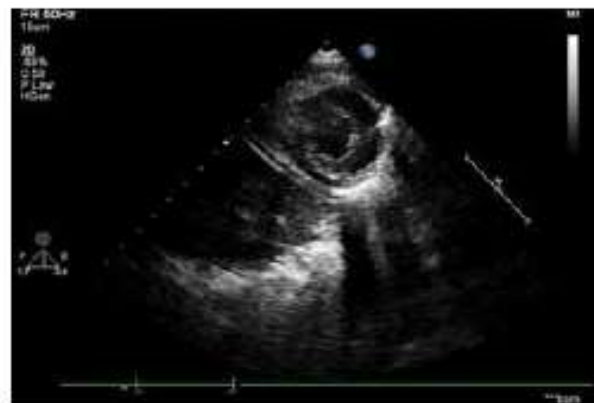
2.15. ábra. Parasternalis keresztmetszet papilláris izmok szintje



2.17. ábra. Parasternalis keresztmetszet csúcsi szint



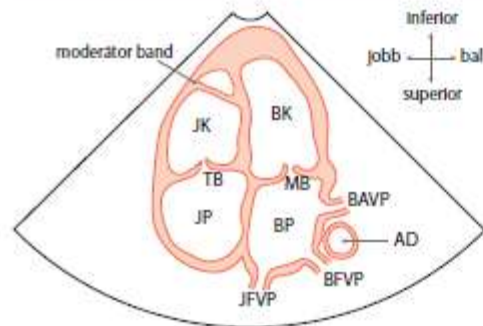
2.16. ábra. Parasternalis keresztmetszet papilláris izmok szintje



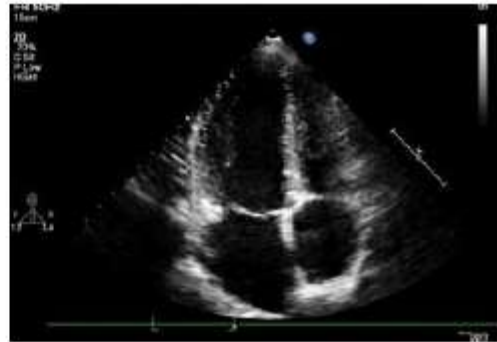
2.18. ábra. Parasternalis keresztmetszet csúcsi szint

Csúcsi 4-üregű metszet

AZ ECHOCARDIOGRAPHIÁS VIZSGÁLATOK MENETE, METSZETEK



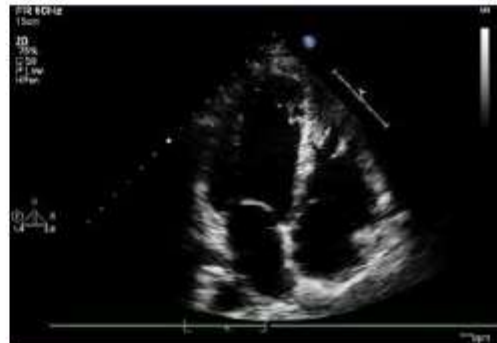
2.19. ábra. Csúcsi 4 üregi metszet – bal szívfél jobbra esik



2.22. ábra. Csúcsi 4 üregi metszet – bal szívfél balra esik

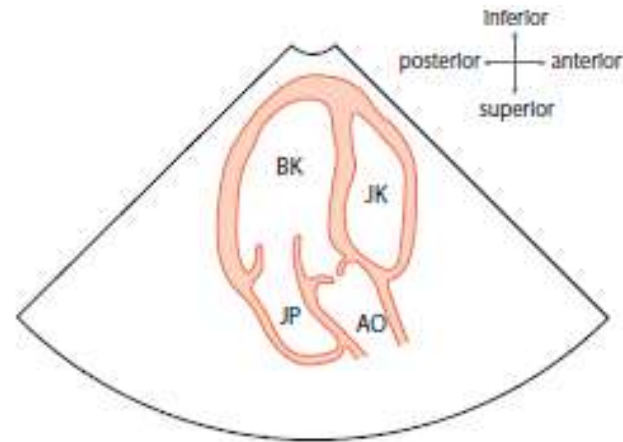


2.20. ábra. Csúcsi 4 üregi metszet – bal szívfél jobbra esik

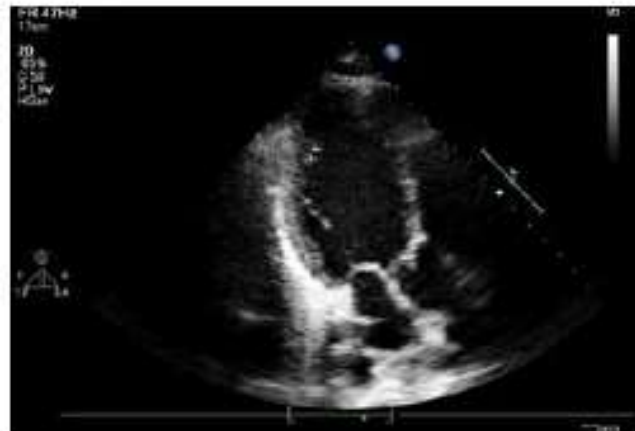


2.23. ábra. Csúcsi 4 üregi metszet – az aorta descendiens keresztmetszete látható

Csúcsi 5-üregű metszet

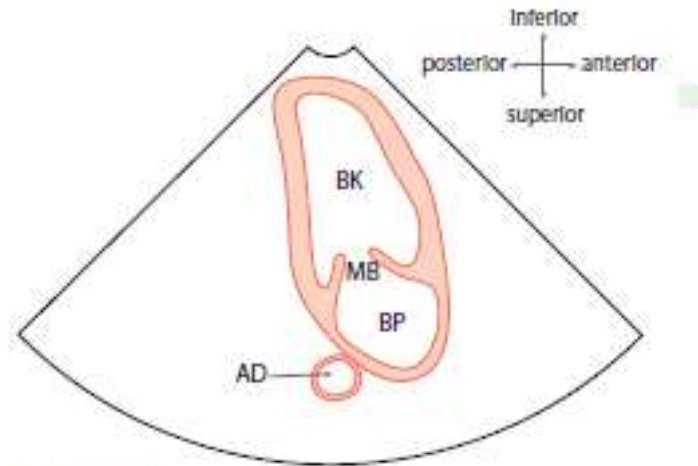


2.24. ábra. Csúcsi 5 üregű ábra

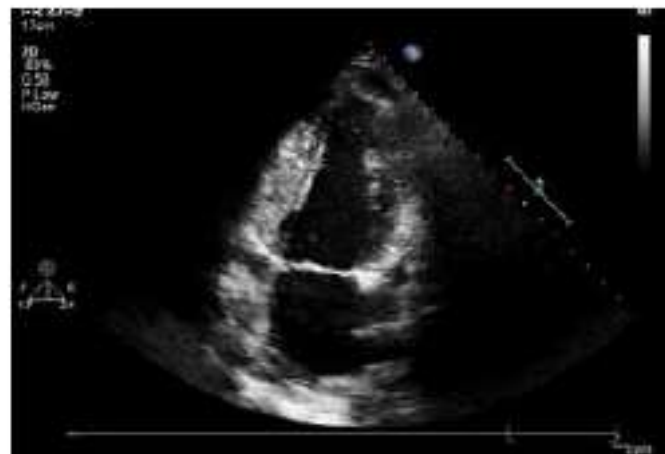


2.25. ábra. Csúcsi 5 üregű ábra

Csúcsi 2-üregű metszet

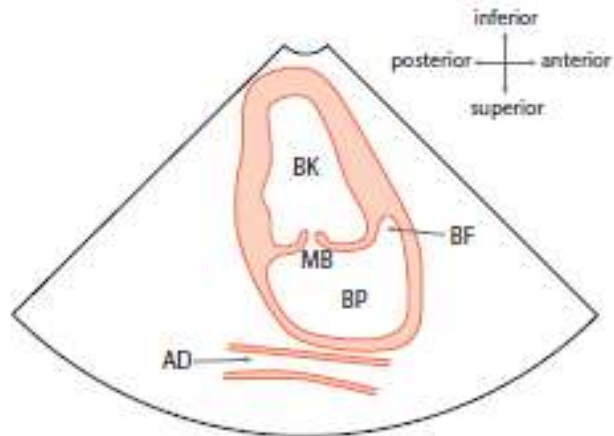


2.26. ábra. Csúcsi 2 üregű metszet



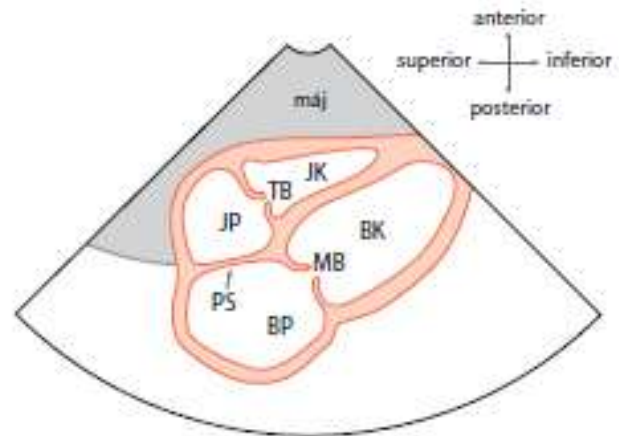
2.27. ábra. Csúcsi 2 üregű metszet

Csúcsi 2 üregű metszet bal fülcsével

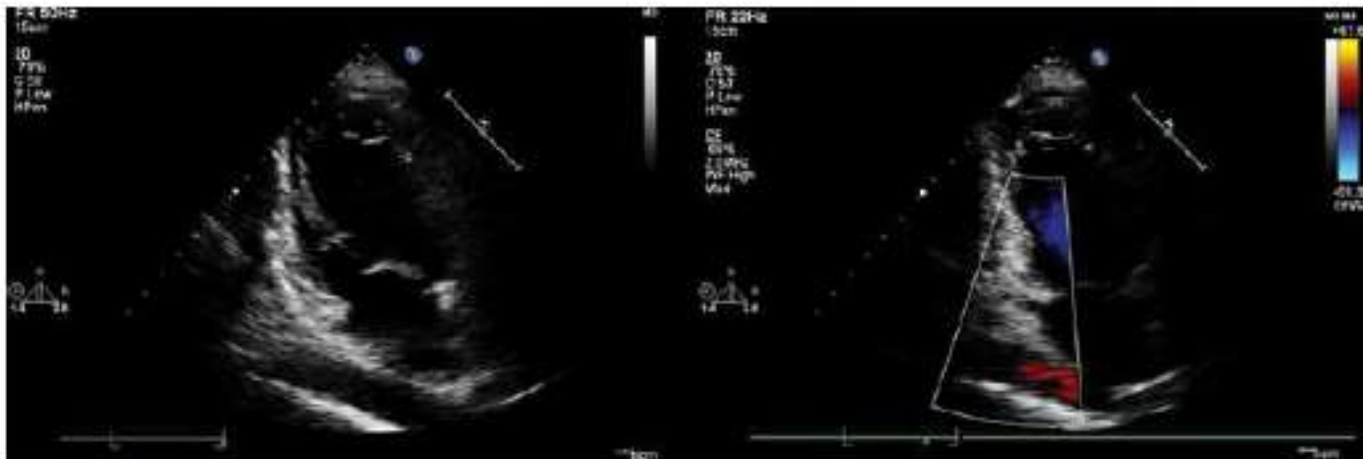


2.28. ábra. Csúcsi 2 üregi metszet bal fülcsével

Subcostalis hosszmetset



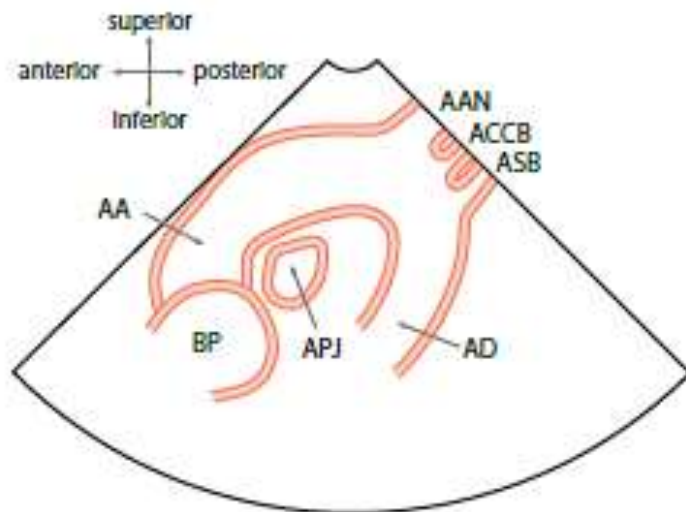
2.30. ábra. Subcostális hosszmetset



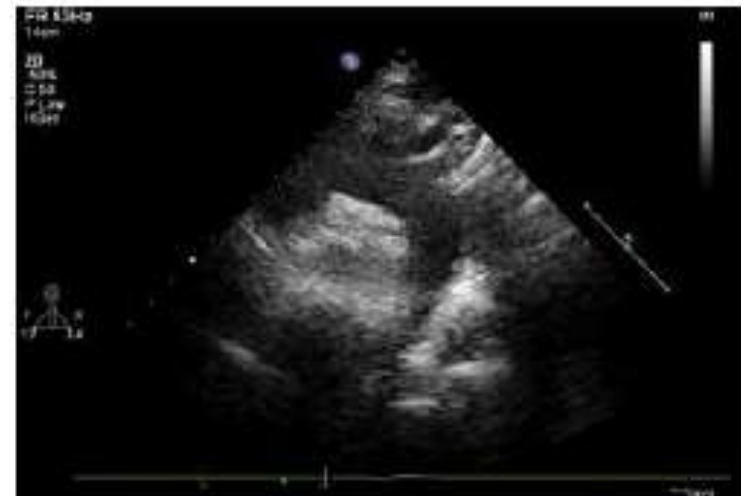
2.29. ábra. Csúcsi 2 üregi metszet aorta descendens hosszmetsettel

Suprasternalis hosszmetset

AZ ECHOCARDIOGRAPHIÁS VIZSGÁLATOK MENETE, METSZETEK



2.41. ábra. Suprasternalis hosszmetset





2.44. ábra. Suprasternalis hosszmetset (iv)



European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies

Arturo Evangelista^{1,*}, Frank Flachskampf², Patrizio Lancellotti³, Luigi Badano⁴, Rio Aguilar¹, Mark Monaghan⁵, José Zamorano⁶ and Petros Nihoyannopoulos⁷ on behalf of the European Association of Echocardiography

+ Author Affiliations

* Corresponding author. Servei de Cardiologia, Hospital Vall d'Hebron, P^o Vall d'Hebron 119, 08035, Barcelona, Spain. Tel:  +34 93 2746 212  ; fax: +34 93 2746 244.
E-mail address: aevangel@vhebron.net

Received January 20, 2008.

Accepted May 11, 2008.

11 oldal

J Am Soc Echocardiogr. 2005 Dec;18(12):1440-63.

Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology.

Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Picard MH, Roman MJ, Seward J, Shanewise JS, Solomon SD, Spencer KT, Sutton MS, Stewart WJ; Chamber Quantification Writing Group; American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography.

University of Chicago Hospitals, Chicago, IL, USA.

PMID: 16376782 [PubMed - indexed for MEDLINE]

30 oldal

A felnőtt echocardiographiás vizsgálat során kötelezően véleményt kell adni a következő elemekről:

1. Bal kamra
2. Mitrális billentyű
3. Bal pitvar
4. Aorta billentyű
5. Aorta
6. Jobb kamra
7. Tricuspidális billentyű
8. Jobb pitvar
9. Pulmonalis billentyű
10. Arteria pulmonalis
11. Pericardium
12. Vena cava inferior
13. Pulmonalis vénák

A transthoracalis vizsgálat digitalis minimum-protokollja

Loop

Spectrogram

Parasternalis

1. BK hossz tengely (2D+color+M*)
2. Rövid tengely aorta (2D+color+M*)
3. Rövid tengely mitrális szint (2D)
4. Rövid tengely közép-papilláris szint (2D)
5. JK beáramlás
6. JK kiáramlás

Csúcsi

7. Négyüregű metszet
8. Ötüregű metszet
9. Kétüregű metszet
10. Hossztengelyi metszet

Subcostalis

11. Négyüregű
12. Vena cava inferior collapsus belégzésre

Suprasternalis

13. Aortaív hossz tengelyi kép

14. Transmitralis áramlás
15. BK kiáramlási áramlás
16. Aortabillentyű kiáramlás
17. Tricuspidális regurgitatio
18. Pulmonalis billentyű áramlás
19. Mitrális anulus szöveti Doppler (septalis, lateralis)

(* - M-mód opcionális, állóképen)

„Echo”- mérések az echocardiographiás leletben

- Bal kamra méretek
 - Térfogat (2D vagy 3D)
 - M-mód átmérők (végdiastolés, végsystolés)
 - Septum és hátsó fal vastagság
 - BK ejectiós fractio (ajánlott: térfogat alapú)
 - BK regionalis falmozgászavar (1-normál ...4-dyskinesis)
 - Bal pitvar (legalább két orthogonális átmérő, ajánlott: térfogat)
 - Jobb kamra méret (normál vagy tágult)
 - JK systolés functio (normál, csökkent: mérsékelt, közepes, súlyos fokban)
 - Jobb pitvar méret (normál vagy tágult)
 - Aorta gyök maximális átmérő a sinus Valsalvae szinten *
 - Vena cava átmérők (belégzés-kilégzés)
 - Mitrális szájadék area (mitralis stenosisban)
 - Megjegyzések (szabad szövegű mező)
- EDV 35-75 ml/m², ESV 12-30 ml/m²
 - EDD 22-32 mm/m², ESD 14-21 mm/m²
 - IVS 6-10 mm, PW 6-10 mm
 - > 55%
 - 27-40 mm
 - < 29 ml/m²
 - < 39 mm
 - < 21 mm/m²
 - < 17 mm

(*-ha kóros: sinotub.junct. és ao asc. is)

Doppler mérések az echocardiographiás leletben

BK diastolés functio

Normál vagy dysfunctionalis (3 fokozat: károsodott relaxatio, pseudonormális, restrictiv)

Sebességek: E hullám, A-hullám

Deceleratiós idő

Szöveti Doppler PW a mitralis anuluson: E' hullám sebessége

Billentyűbetegség – az érintett billentyű megfelelő jellemzése

Mitrális

átlaggrádiens¹, PHT-area, regurgitatio (semmi, enyhe, közepes, súlyos, avagy 0-4 fokú)²

Aorta

maximális sebesség, átlaggrádiens¹, kiáramlási aránypár: VTI mérés a BK kiáramlásban, regurgitatio (semmi, enyhe, közepes, súlyos, avagy 0-4 fokú)

Tricuspidális

átlaggrádiens¹, regurgitatio (semmi, enyhe, közepes, súlyos, avagy 0-4 fokú)², maximális JK-JP grádiens az art. pulm nyomás becslésére

Pulmonalis

maximális sebesség, átlaggrádiens¹, regurgitatio (semmi, enyhe, közepes, súlyos, avagy 0-4 fokú)²

¹ - stenosis gyanúja esetén

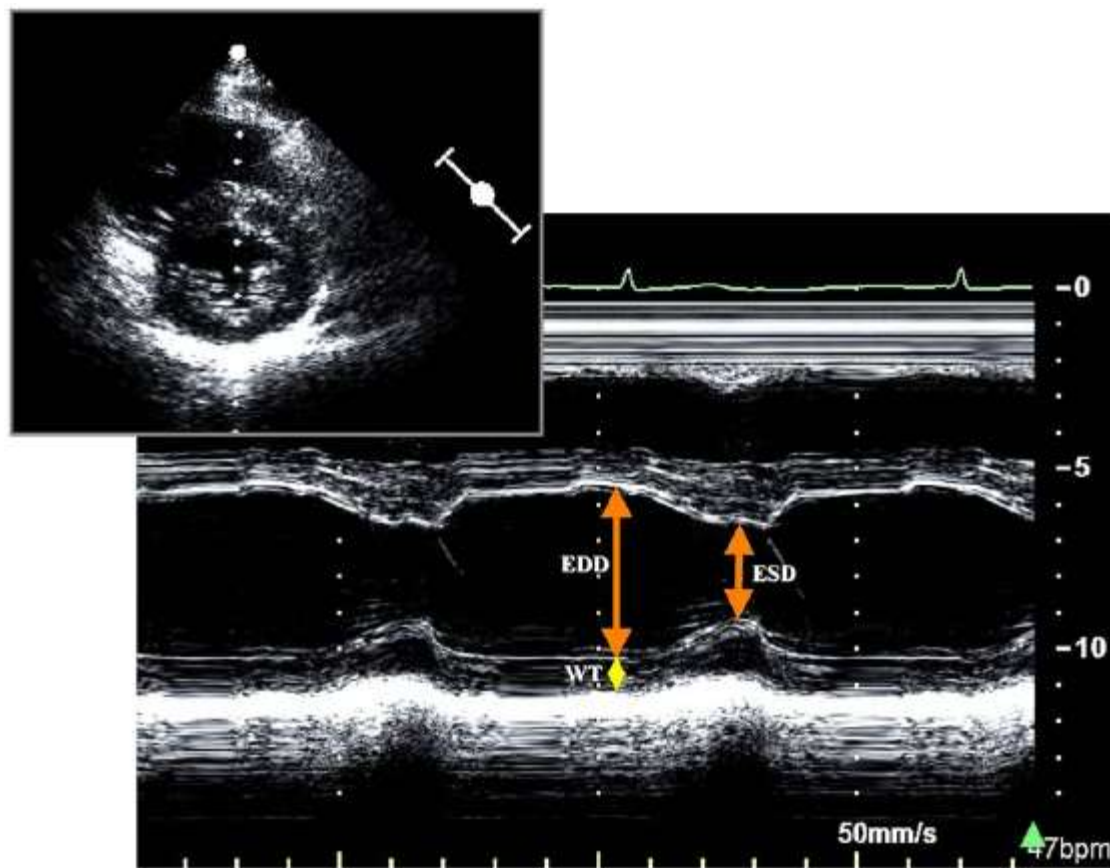
² - quantifikálás (ERO, reg.fractio,vena contracta) helyeselhető, de a súlyosság fokát is meg kell adni

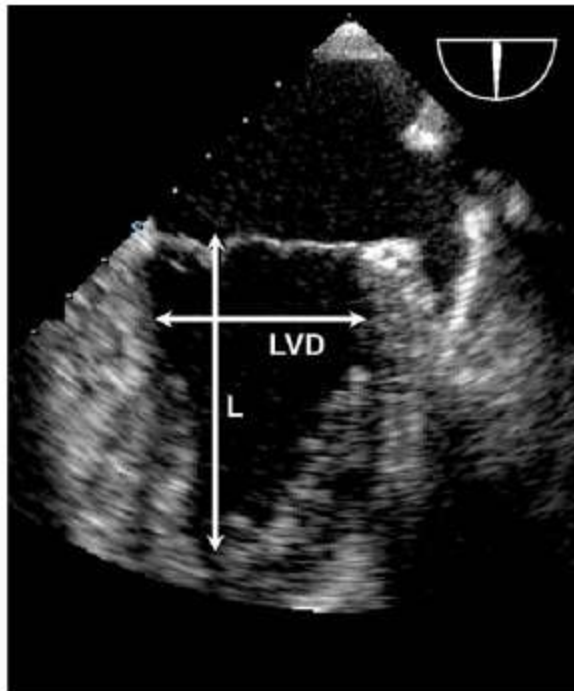
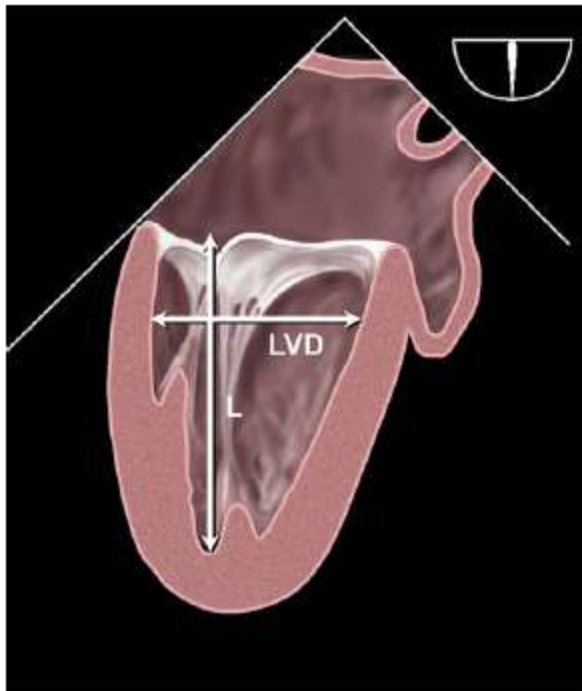
Az echocardiographiás lelet alapszerkezete

- Fejléc
 - általános adatok
- Leíró rész
 - a lelet magva, a következtetéseket megalapozó, a szív strukturális elemeinek különböző módszerekkel nyert adatai
 - M-mód, 2D, (3D)
 - Doppler - színes, PW, CW, szöveti
 - egyéb módszerek
 - Transoesophagealis echocardiographia
 - Stress echo
 - 3D, intravascularis etc.
 - Az áttekinthetőséget szolgálja, ha minden szakasz rövid véleménnyel zárul
- Összefoglaló
 - A lelet kivonata, bármely orvos számára érthető módon
- Aláírás, dátum
 - A lelet felelős szerzője és a vizsgálatot jóváhagyó neve

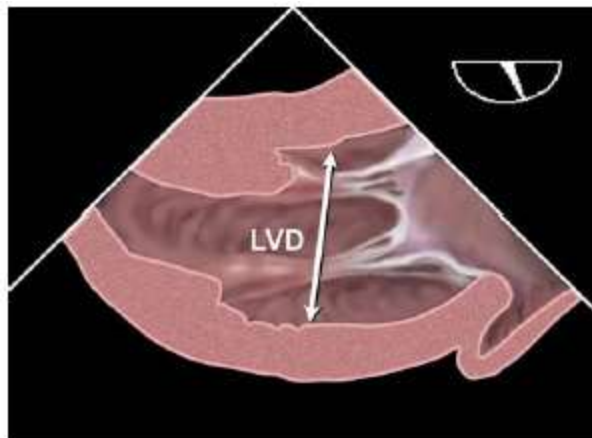
- A vizsgálatra szánt idő legalább 30 perc legyen.
- Minden echocardiographiás laboratórium rutinszerűen ellenőrizze a vizsgálatok minőségét mind a labor egészére, mind az egyes vizsgálókra vonatkozólag

Bal kamra dimenziók



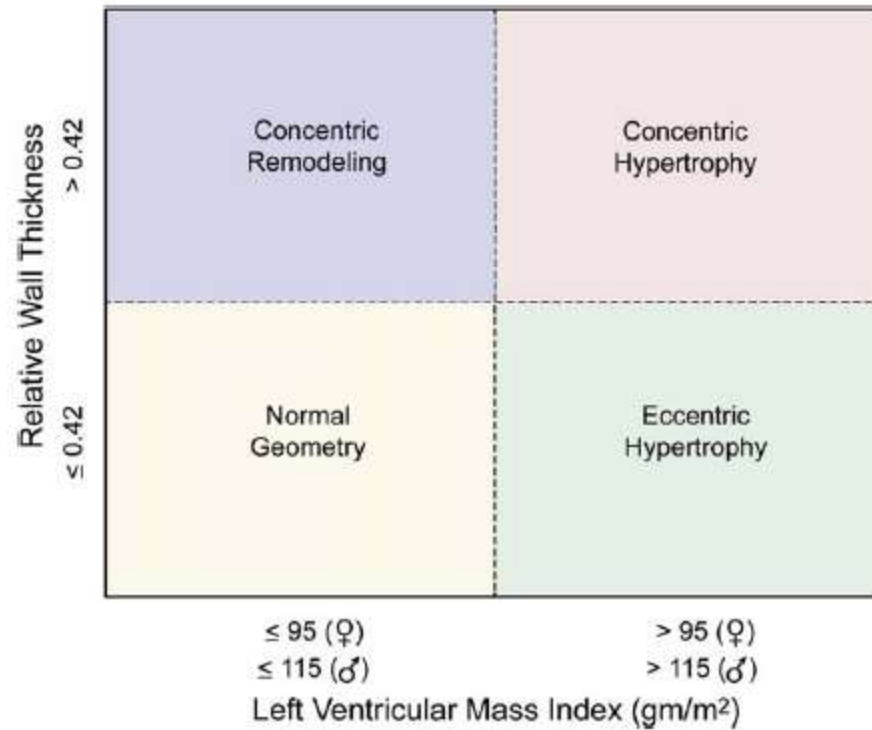


TEE bal kamra méretek

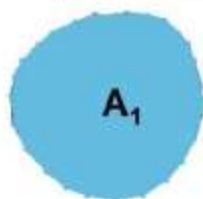
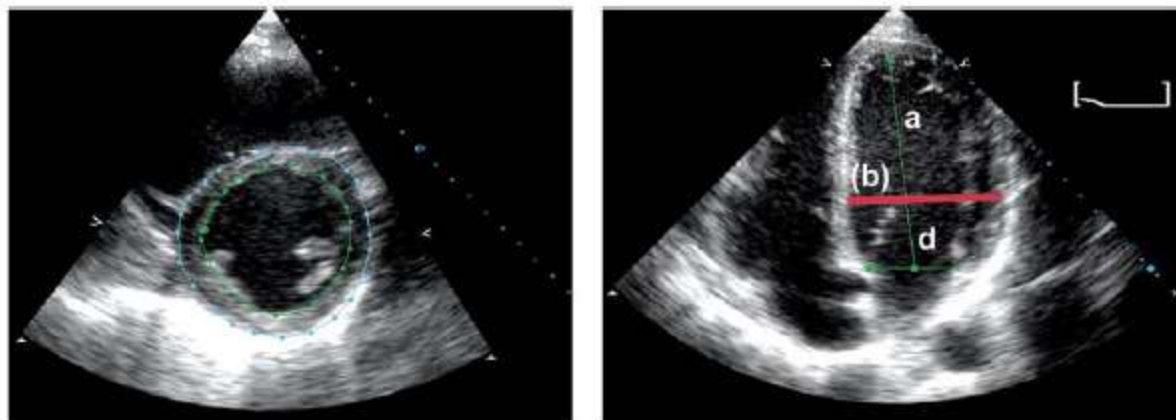


Bal kamrai izömtömeg és a relatív falvastagság

$$\text{RWT} = \frac{2 \times \text{PWTd}}{\text{LVIDd}}$$



Bal kamrai izomtömeg számítás



$$b = \sqrt{\frac{A_2}{\pi}} \quad t = \sqrt{\frac{A_1}{\pi}} - b$$

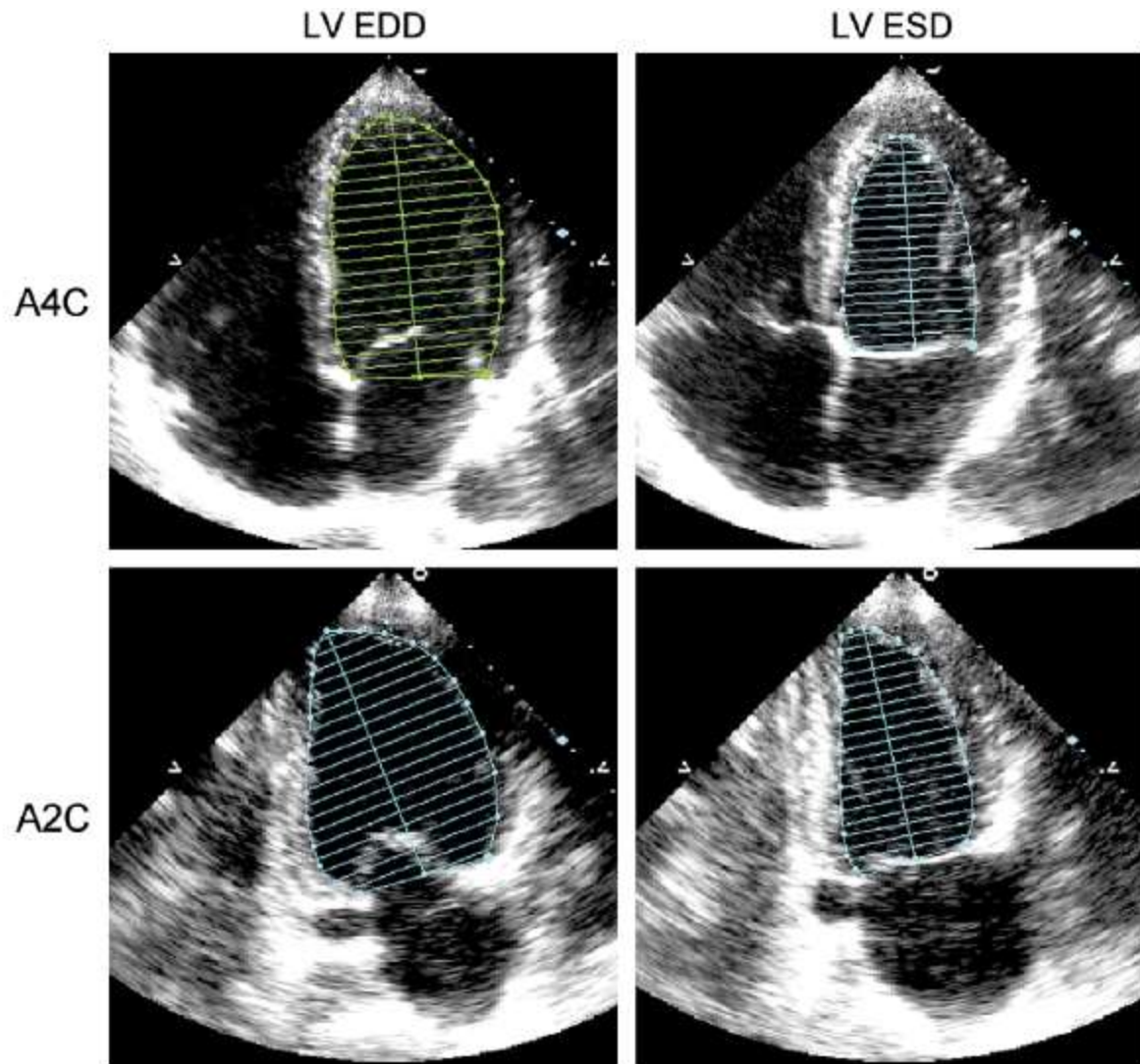
$$A_m = A_1 - A_2$$

$$\text{LV Mass (AL)} = 1.05 \left\{ \left[\frac{5}{6} A_1 (a+d+t) \right] - \left[\frac{5}{6} A_2 (a+d) \right] \right\}$$

$$\text{LV Mass (TE)} = 1.05 \times \left\{ (b+t)^2 \left[\frac{2}{3} (a+1) + d - \frac{d^3}{3(a+t)^2} \right] - b^2 \left[\frac{2}{3} a + d - \frac{d^3}{3a^2} \right] \right\}$$

AL – area-length, TE – truncated ellipsoid

A Simpson módszer szerinti biplan térfogatmérés



Bal kamrai referenciaértékek

Table 4 Reference limits and partition values of left ventricular mass and geometry

	Women				Men			
	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal
Linear method								
LV mass (g)	67–162	163–186	187–210	≥211	88–224	225–258	259–292	≥293
LV mass/BSA (g/m ²)	43–95	96–108	109–121	≥122	49–115	116–131	132–148	≥149
LV mass/height (g/m)	41–99	100–115	116–128	≥129	52–126	127–144	145–162	≥163
LV mass/height (g/m) ^{2.7}	18–44	45–51	52–58	≥59	20–48	49–55	56–63	≥64
Relative wall thickness (cm)	0.22–0.42	0.43–0.47	0.48–0.52	≥0.53	0.24–0.42	0.43–0.46	0.47–0.51	≥0.52
Septal thickness (cm)	0.6–0.9	1.0–1.2	1.3–1.5	≥1.6	0.6–1.0	1.1–1.3	1.4–1.6	≥1.7
Posterior wall thickness (cm)	0.6–0.9	1.0–1.2	1.3–1.5	≥1.6	0.6–1.0	1.1–1.3	1.4–1.6	≥1.7
2-D method								
LV mass (g)	66–150	151–171	172–182	≥183	96–200	201–227	228–254	≥255
LV mass/BSA (g/m ²)	44–88	89–100	101–112	≥113	50–102	103–116	117–130	≥131

Values in bold are recommended and best validated.

Table 5 Reference limits and partition values of left ventricular size

	Women				Men			
	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal
LV dimension								
LV diastolic diameter	3.9–5.3	5.4–5.7	5.8–6.1	≥6.2	4.2–5.9	6.0–6.3	6.4–6.8	≥6.9
LV diastolic diameter/BSA (cm/m ²)	2.4–3.2	3.3–3.4	3.5–3.7	≥3.8	2.2–3.1	3.2–3.4	3.5–3.6	≥3.7
LV diastolic diameter/height (cm/m)	2.5–3.2	3.3–3.4	3.5–3.6	≥3.7	2.4–3.3	3.4–3.5	3.6–3.7	≥3.8
LV volume								
LV diastolic volume (ml)	56–104	105–117	118–130	≥131	67–155	156–178	179–201	≥201
LV diastolic volume/BSA (ml/m ²)	35–75	76–86	87–96	≥97	35–75	76–86	87–96	≥97
LV systolic volume (ml)	19–49	50–59	60–69	≥70	22–58	59–70	71–82	≥83
LV systolic volume/BSA (ml/m ²)	12–30	31–36	37–42	≥43	12–30	31–36	37–42	≥43

Values in bold are recommended and best validated.

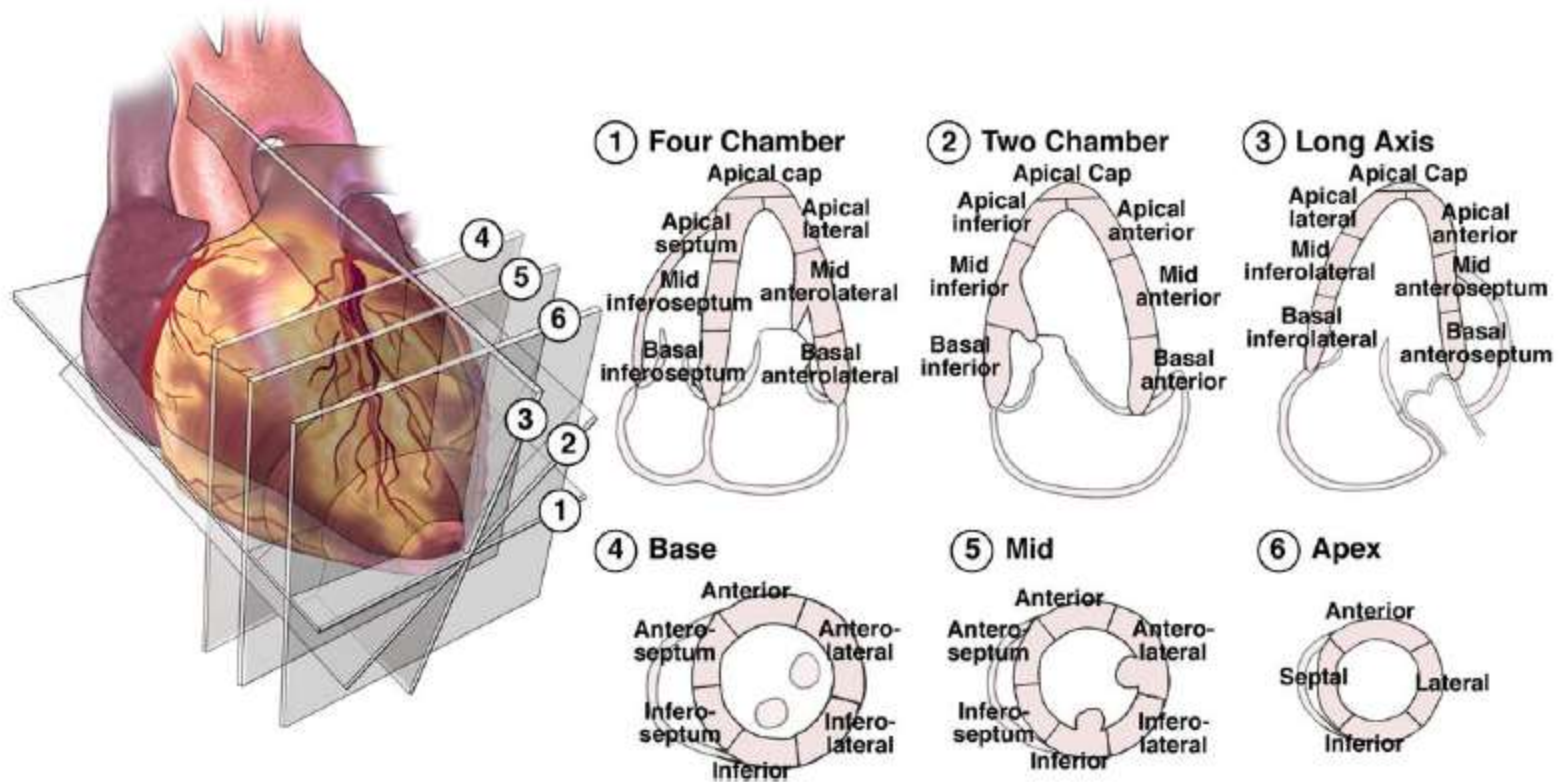
A bal kamra funkció referenciaértékei

Table 6 Reference limits and values and partition values of left ventricular function

	Women				Men			
	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal
<i>Linear method</i>								
Endocardial fractional shortening (%)	27–45	22–26	17–21	≤16	25–43	20–24	15–19	≤14
Midwall fractional shortening (%)	15–23	13–14	11–12	≤10	14–22	12–13	10–11	≤10
<i>2-D method</i>								
Ejection fraction (%)	≥55	45–54	30–44	< 30	≥55	45–54	30–44	< 30

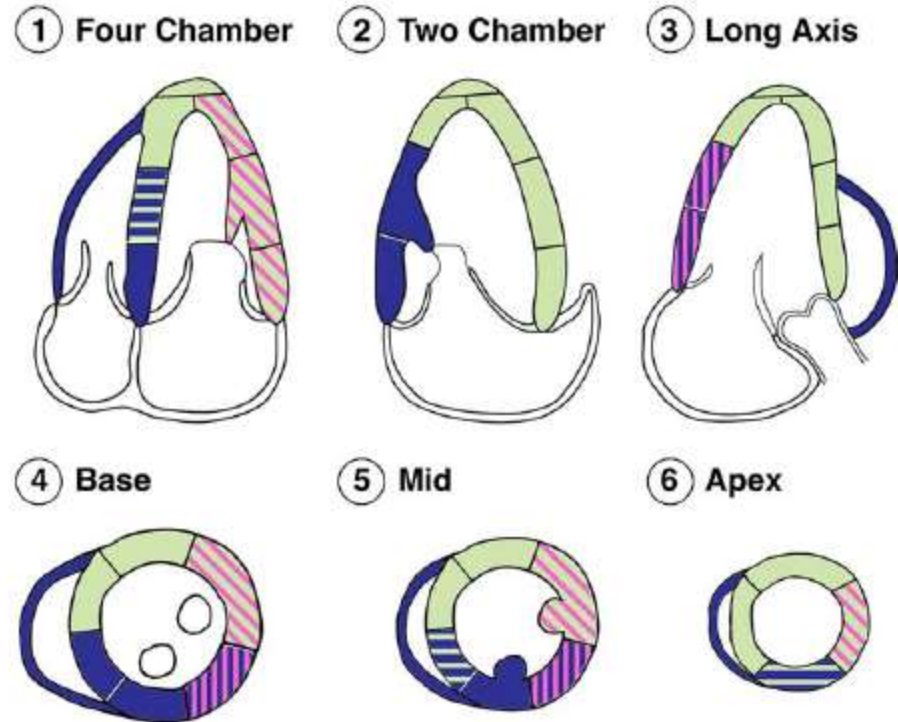
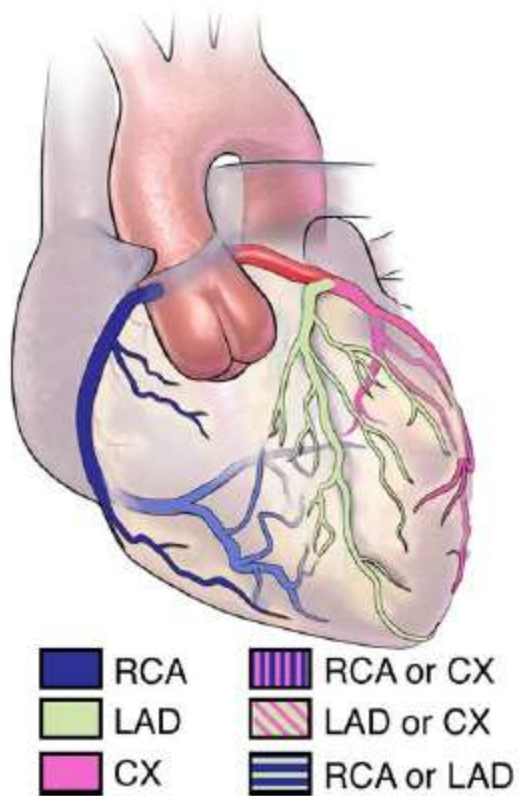
Values in bold are recommended and best validated.

A 17 szegmenses modell

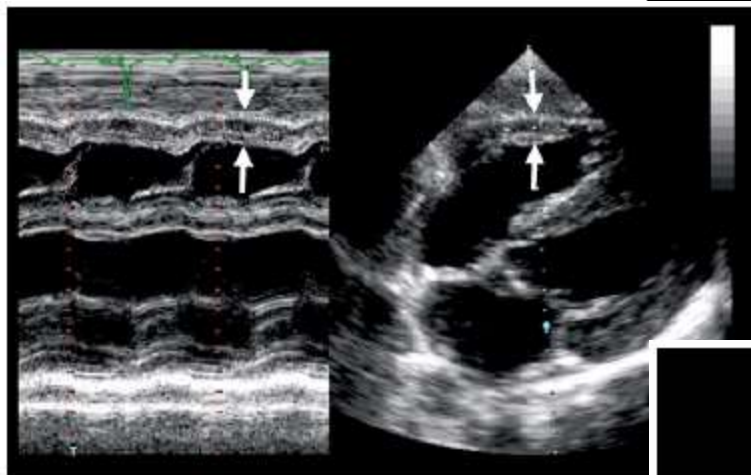
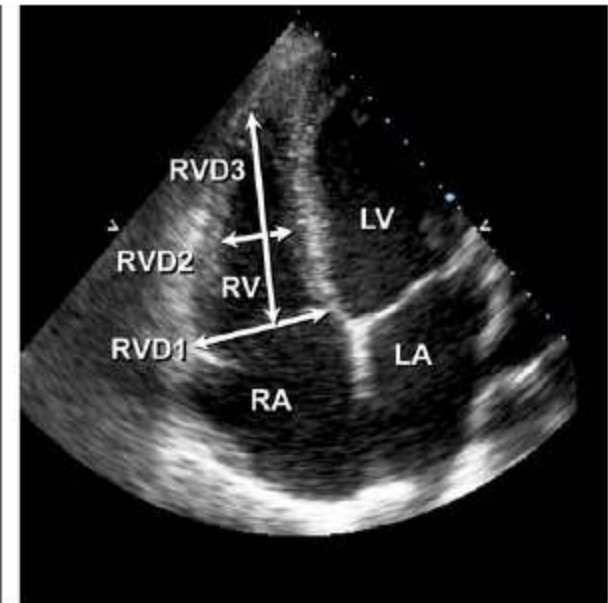
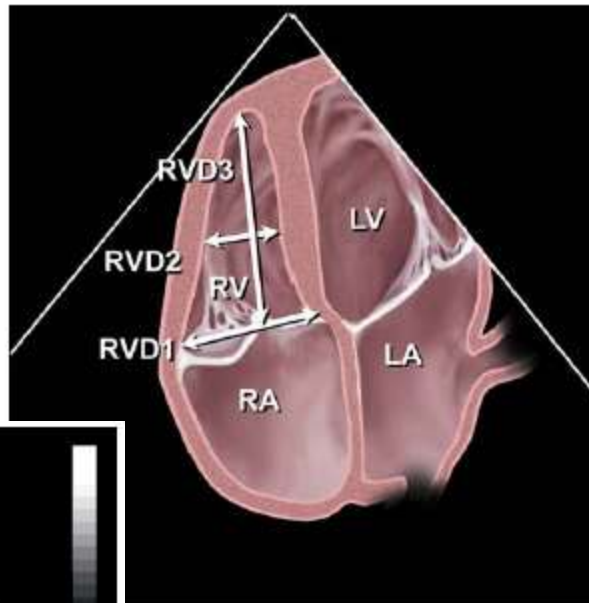


Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 2002;105: 539–42.

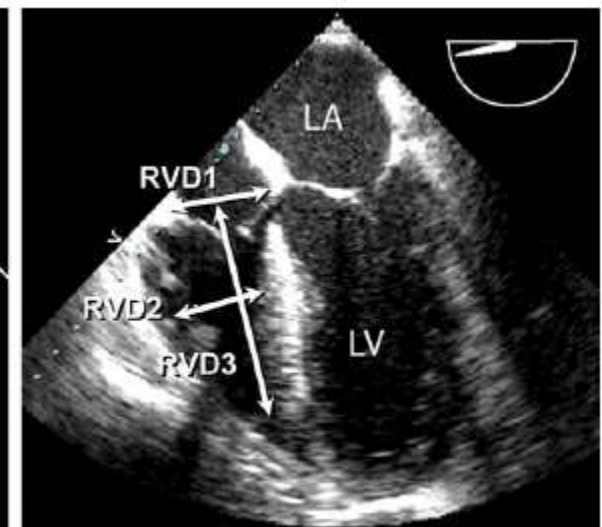
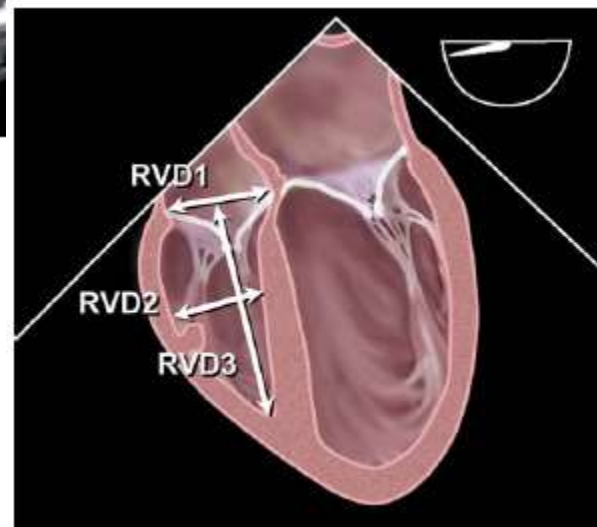
Coronaria territoriumok



Jobb kamrai mérések



Eur J Echocardiography (2006) 7, 79–108



Jobb kamrai, pulmonalis méretek és a jobb kamra funkció referenciaértékei

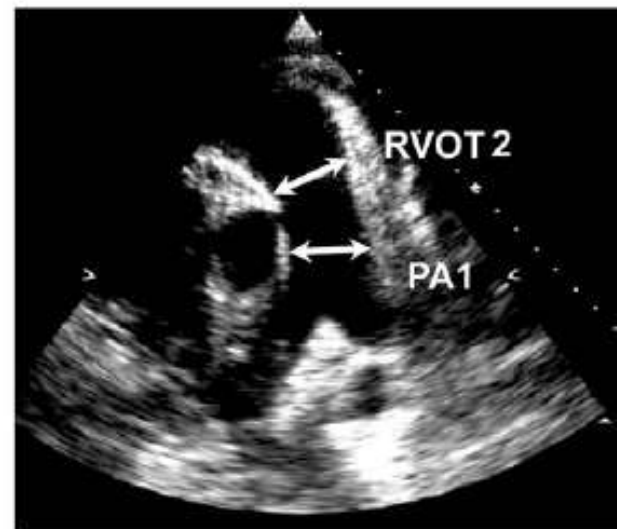
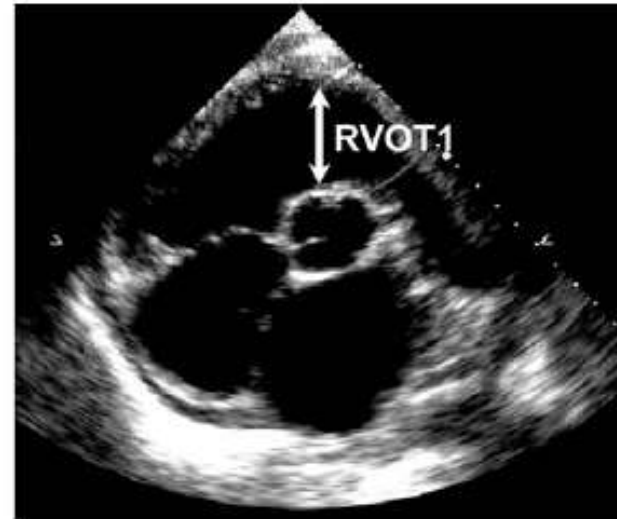
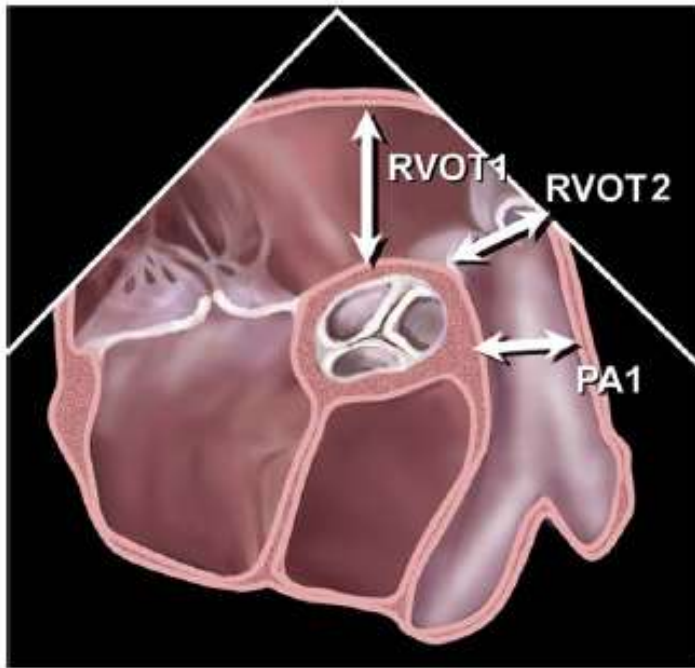
Table 7 Reference limits and partition values of right ventricular and pulmonary artery size⁷⁶

	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal
RV dimensions				
Basal RV diameter (RVD#1) (cm)	2.0–2.8	2.9–3.3	3.4–3.8	≥3.9
Mid RV diameter (RVD#2) (cm)	2.7–3.3	3.4–3.7	3.8–4.1	≥4.2
Base-to-apex length (RVD#3) (cm)	7.1–7.9	8.0–8.5	8.6–9.1	≥9.2
RVOT diameters				
Above aortic valve (RVOT#1) (cm)	2.5–2.9	3.0–3.2	3.3–3.5	≥3.6
Above pulmonic valve (RVOT#2) (cm)	1.7–2.3	2.4–2.7	2.8–3.1	≥3.2
PA diameter				
Below pulmonic valve (PA#1) (cm)	1.5–2.1	2.2–2.5	2.6–2.9	≥3.0

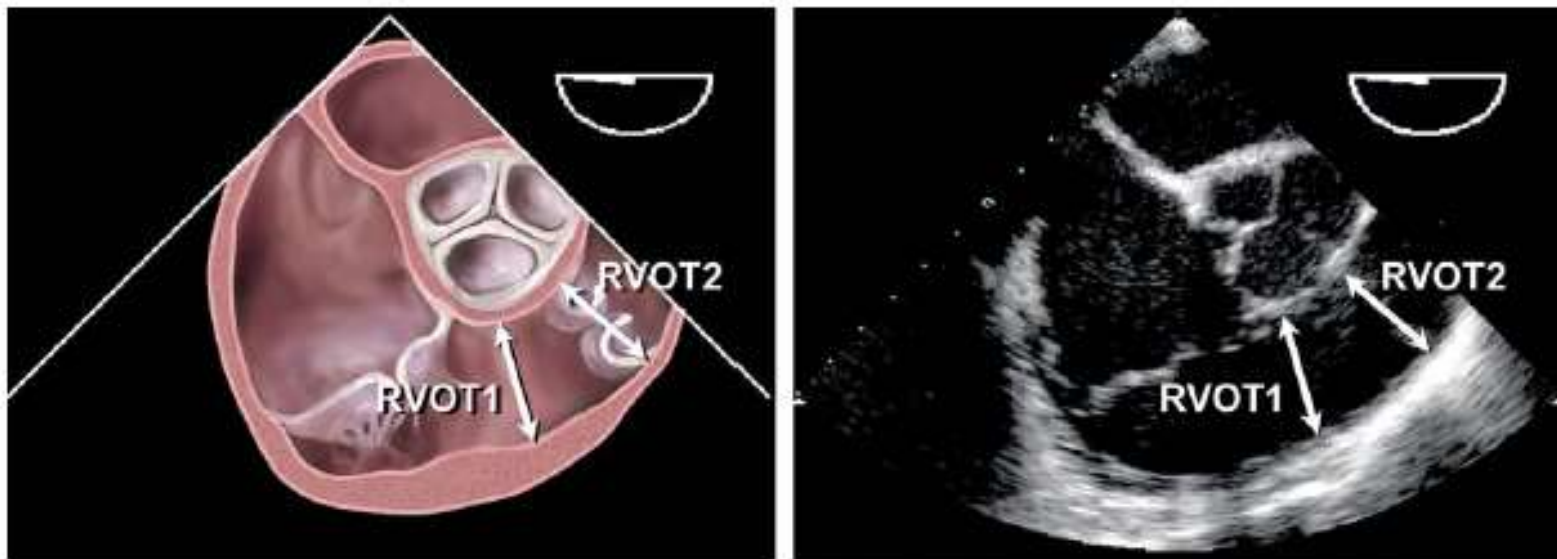
Table 8 Reference limits and partition values of right ventricular size and function as measured in the apical four-chamber view⁸⁰

	Reference range	Mildly abnormal	Moderately abnormal	Severely abnormal
RV diastolic area (cm ²)	11–28	29–32	33–37	≥38
RV systolic area (cm ²)	7.5–16	17–19	20–22	≥23
RV fractional area change (%)	32–60	25–31	18–24	≤17

A jobb kamrai kiáramlás és az a. pulmonalis mérési pontjai (TTE)



A jobb kamrai kiáramlás mérési pontjai (TEE)



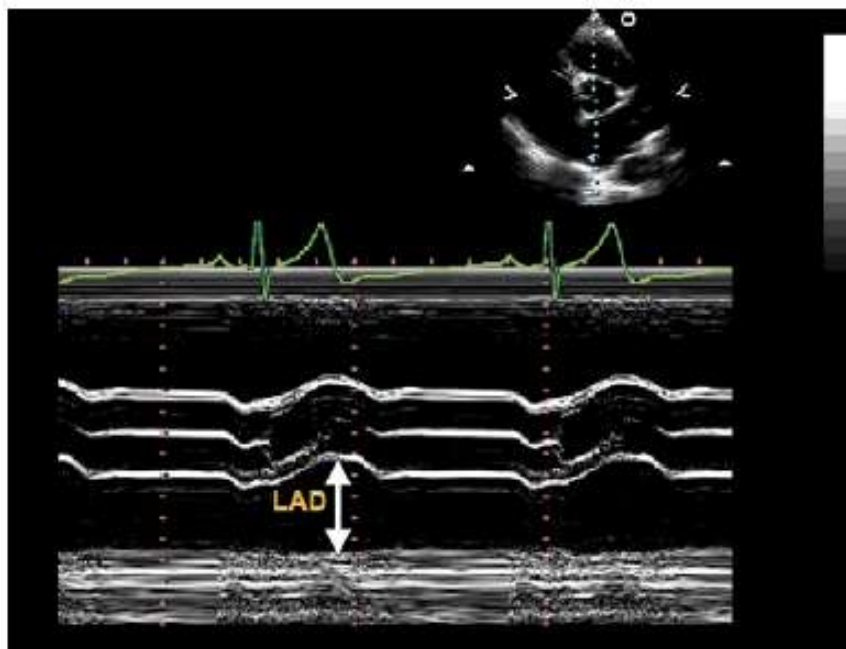
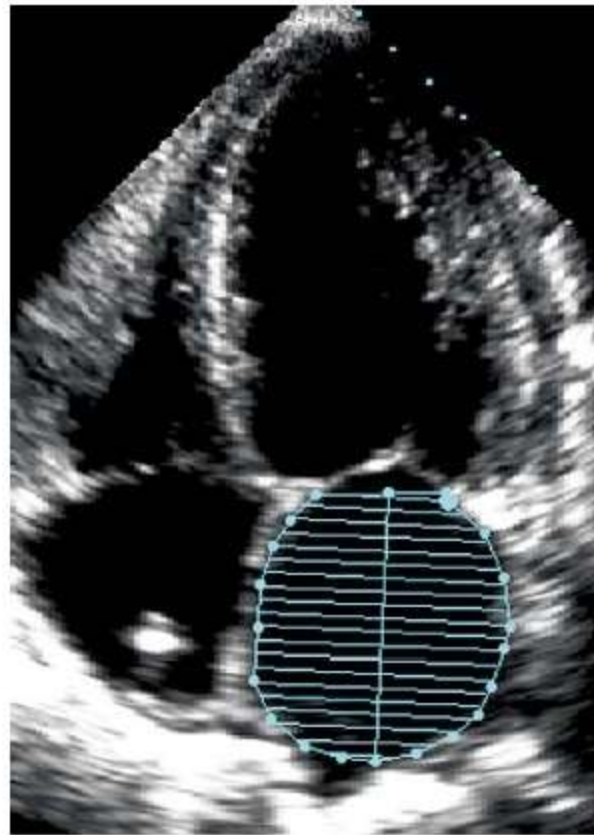


Figure 15 Measurement of left atrial diameter (LAD) from M-mode, guided by a parasternal short axis image (upper right) at the level of the aortic valve. This linear method is not recommended.

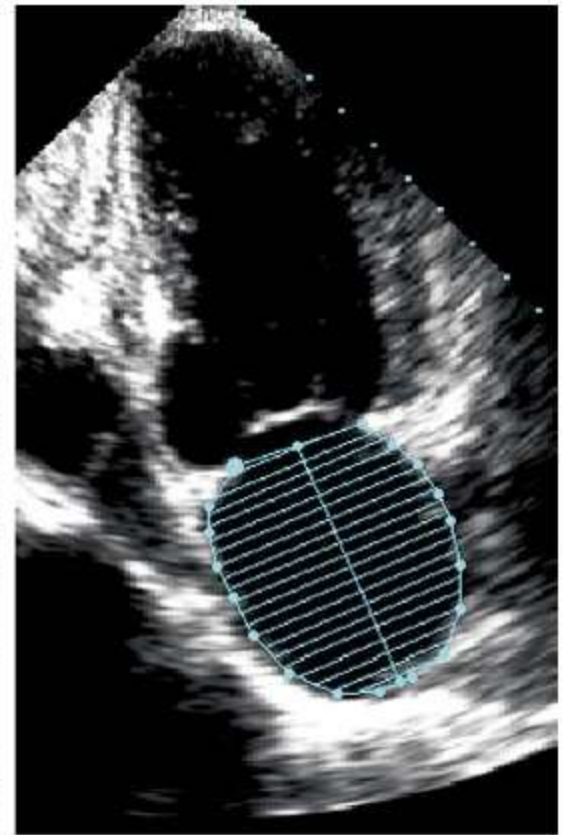
Bal pitvar: biplan t rfogatm r s

**Left Atrial
Volume =**
 $8/3\pi[(A_1)(A_2)/(L)]^*$

* (L) is the shortest
of either the A4C
or A2C length



A4C



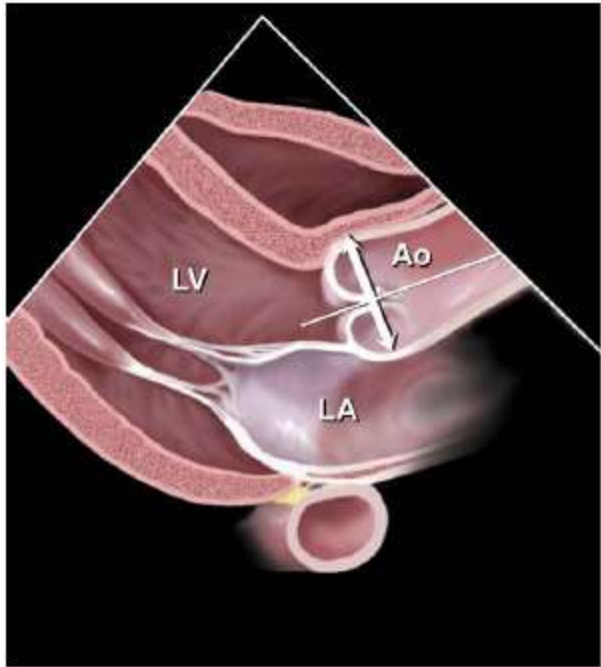
A2C

A bal pitvari átmérők/térfogatok referenciaértékei

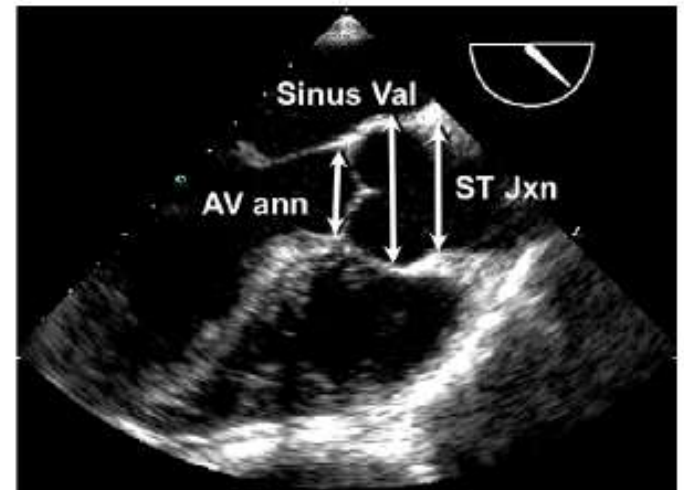
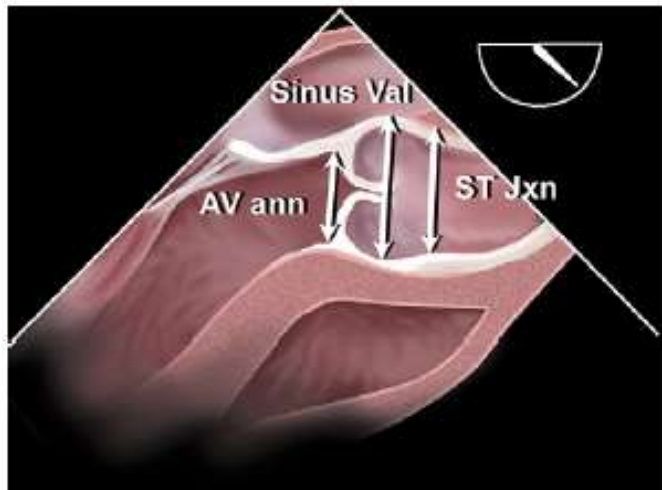
Table 9 Reference limits and partition values for left atrial dimensions/volumes

	Women				Men			
	Reference Range	Mildly Abnormal	Moderately Abnormal	Severely Abnormal	Reference Range	Mildly Abnormal	Moderately Abnormal	Severely Abnormal
Atrial dimensions								
LA diameter (cm)	2.7–3.8	3.9–4.2	4.3–4.6	≥4.7	3.0–4.0	4.1–4.6	4.7–5.2	≥5.2
LA diameter/BSA (cm/m ²)	1.5–2.3	2.4–2.6	2.7–2.9	≥3.0	1.5–2.3	2.4–2.6	2.7–2.9	≥3.0
RA minor axis dimension (cm)	2.9–4.5	4.6–4.9	5.0–5.4	≥5.5	2.9–4.5	4.6–4.9	5.0–5.4	≥5.5
RA minor axis dimension/BSA (cm/m ²)	1.7–2.5	2.6–2.8	2.9–3.1	≥3.2	1.7–2.5	2.6–2.8	2.9–3.1	≥3.2
Atrial area								
LA area (cm ²)	≤20	20–30	30–40	>40	≤20	20–30	30–40	>40
Atrial volumes								
LA volume (ml)	22–52	53–62	63–72	≥73	18–58	59–68	69–78	≥79
LA volume/BSA (ml/m ²)	22 ± 6	29–33	34–39	≥40	22 ± 6	29–33	34–39	≥40

Values in bold are recommended and best validated.



Aortagyök mérési pontok



Leletezés

- Koherens leíró rész
 - A diagnosisnak megfelelő részletességű szövegsablonok
- Vélemény („bármely orvos számára érthető”)
- Mért adatok, releváns fotók mellékelve
- A lelet a beteg tulajdona

„Aki nem tud leletezni, nem tud vizsgálni sem”



Köszönöm a figyelmet!