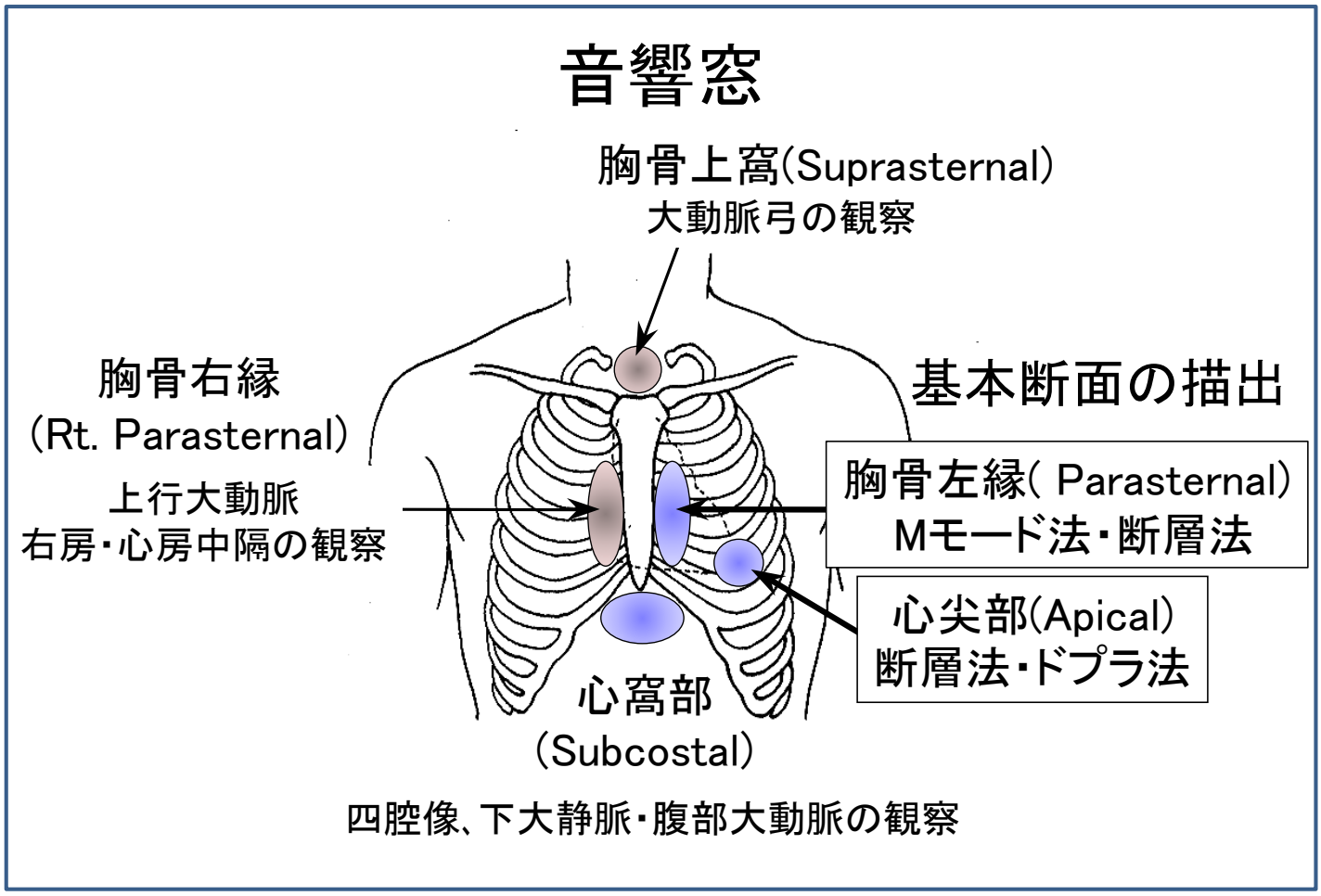
Echo-skillup

心エコー図検査の記録手順

（Ⅰ）撮り方の基本



https://www.echo-skillup.com

Contents

1. 心エコー図検査の記録手順 1
2. 血圧測定の意義
3. 下大静脈の観察と径計測 2
4. 心窩部四腔断面のチェックポイント 3
1) 三尖弁逆流弁口圧較差(TRPG)の測定
2) 心膜液貯留の描出、右室壁厚の測定
3) 心膜癒着サインの有無をチェック
4) 右房 – 心房中隔 – 左房断面(ASA)のチェック 4
Skill-up: 心房中隔瘤の判定基準
5. 腹部大動脈のチェックポイント 5
6. 心不全時のチェックポイント
1) 肺うっ血 / 肺水腫を肺エコーで検索
2) 胸水の描出法 6
3) 腎うっ血を腎静脈血流でチェック
7. スクリーニング断面像の描出法 7
8. 胸骨左縁長軸像のチェックポイント
1) 径計測のルール
2) 左室径計測におけるMモード法と断層法の相違点 8
3) 断層法による左室径の正しい測り方 9
4) 断層法による左房径の正しい測り方 10
5) 大動脈基部・上行大動脈径の測定 12
6) 左室壁運動異常のチェック
9. 胸骨左縁短軸像のチェックポイント 13
1) 解剖学的構造異常の有無
2) 左室壁形態および壁運動異常の有無
10. 左室フォーカス心尖部像のチェックポイント 14
1) 左室容積・駆出率の測定
2) 壁運動異常のチェック
3) 左室心筋重量の測定 15
11. 左房フォーカス心尖部像のチェックポイント 16
1) 左房長径・短径および左房容積の測定
Skill-up: 左房容積の計測は断面設定がポイント
12. 左心系の計測基準値 17
13. 僧帽弁口血流＆弁輪部運動速度の測定
1) 僧帽弁口血流速度波形記録時の留意点
① 装置の条件設定
② サンプルボリュームの設定部位 18
③ ドプラ入射角度は20度以内に設定
④ 記録断面と計測時の留意点

⑤ 僧帽弁口血流速度波形に影響する因子 19
⑥ その他、計測困難・不可例
2) 僧帽弁輪部運動速度波形記録時の留意点 20
① 装置の条件設定
② e’測定時の留意点
③ 僧帽弁輪部運動速度波形に影響する因子
3) 心房細動時の対応 21
4) E/e’測定時の留意点
5) 拡張機能評価 22
① 拡張不全に伴う僧帽弁口血流波形の変化
② パルス組織ドプラ（TDI）法による僧帽弁口血流速度波形の正常と偽正常化の鑑別
③ 僧帽弁口血流速度波形 L波とは 23
④ 新ガイドラインによる拡張機能評価
14. パルスドプラ法による心拍出量の測定 24
1) 撮り方のポイント
2) 測定法の理解
3）VTI 計測時の留意点 25
15. 経大動脈弁口・肺動脈弁口血流の測定
1) 連続波ドプラ法による弁口血流の検出
2) 心房細動（AF）時の撮り方
16. 右心系の精査 26
1) 右室・右房・肺動脈径の計測
2) 右室機能の評価
Skill-up： 2D スペックルトラッキングエコー法による右室収縮機能評価 28
3) 右室機能指標の正常値 29
4) 右心腔サイズの正常値（日本人 成人）
5) 三尖弁逆流から収縮期肺動脈圧を推定 30
Skill-up： ＊断面設定が重要・ドプラフォーカスポイントの設定位置が重要＊
6）肺動脈弁逆流から拡張末期肺動脈圧および平均肺動脈圧を推定 31
Skill-up： 右心系圧曲線と TR & PR ドプラ波形との関連
7) 右室駆出血流から平均肺動脈圧を推定 32
8）三尖弁逆流と右室駆出血流から肺血管抵抗（PVR）を推定
Appendix 33
資料（1） Mモード法の応用
資料（2） 冠動脈の壁運動支配領域
資料（3） 左室駆出率が正常な患者における左室拡張機能障害の診断アルゴリズム 34
資料（4） 左室充満圧の推定および左室拡張機能の重症度判定アルゴリズム
資料（5） 成人弁膜症の重症度評価 35
資料（6） AS の重症度評価
資料（7） 心エコー図検査による TR の重症度評価 36
参考文献

1. 心エコー図検査の記録手順

1) 血圧測定(血圧測定は検査終了後でも可):以下 仰臥位
2) 心窩部断面のチェックポイント
- 下大静脈の観察と径計測
- 三尖弁逆流圧較差(TRPG)の測定、心膜液貯留の有無、右室壁厚の測定、心膜癒着サインの有無、腹部大動脈瘤の有無など

3) 心不全時のチェックポイント
- 胸水の有無
- 肺うっ血/肺水腫の有無、腎静脈血流のチェックポイントなど

4) 胸骨左縁長軸・短軸像のチェックポイント:以下 左側臥位
- 径計測、壁運動異常の有無、解剖学的構造異常の有無
- 異常エコー・異常血流(弁逆流・短絡血流など)の有無

5) 左室・左房フォーカス心尖部像のチェックポイント
- 左室容積、駆出率、心筋重量の測定、壁運動異常のチェックポイント
- 左房容積、長径・短径の測定など

6) 僧帽弁口血流・弁輪部運動速度、E/e'の測定 → 拡張機能の評価
7) パルスドプラ法による心拍出量の測定
8) カラードプラ・連続波ドプラ法による弁狭窄・弁逆流の有無、重症度評価
9) 右心系の精査
- 右室・右房・肺動脈径の計測、右室機能、その他の計測
- 三尖弁逆流圧較差(TRPG)、肺動脈血流(狭窄・逆流血流)の測定

2. 血圧測定の意義

1)過度な血圧変動は心機能エコー計測値に影響を及ぼす可能性がある. 特に収縮機能の評価には留意する.

- 収縮期血圧増大時(後負荷増大) → 一回拍出量減少
- また出血、脱水などによる極端な血圧低下時(前負荷減少)には拍出量は低下する.

2)AS、MR の重症度評価では収縮期血圧の影響に留意する.

- 連続の式での AS評価:極度の後負荷増大時の低拍出 ASでは弁口通過最大血流速度・圧較差の減少を招き AVAを過小評価する可能性がある. また高度 MR合併時にも過小評価の可能性がある.
- PISA法による MRの評価において、血圧増大時には MR逆流速度が増大し、逆流弁口面積(EROA)や逆流量(RV)を過小評価する可能性がある.
- 術中 TEEでの MR評価:麻酔による後負荷軽減時には MR重症度(カラードプラ逆流範囲)を過小評価する可能性がある.

3. 下大静脈の観察と径計測

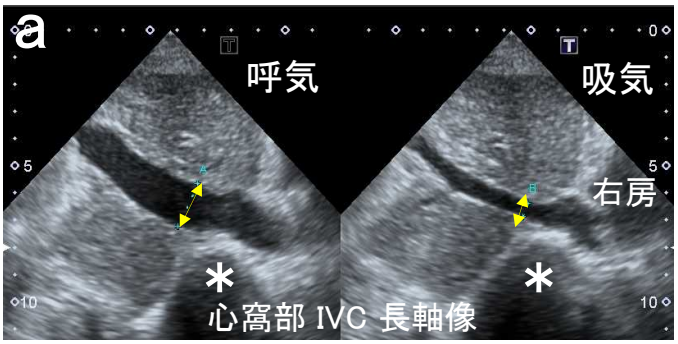
1)下大静脈エコーから右房圧を推定[1)]

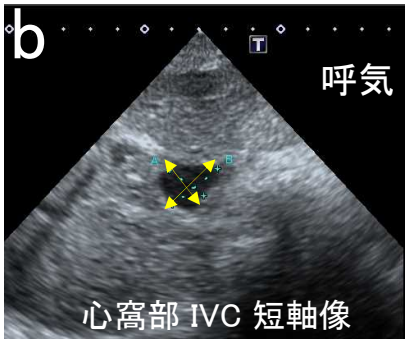
① 下大静脈(IVC : inferior vena cava)径の計測

- 体位は必ず仰臥位にて、心窩部 IVC長軸像及び短軸像を描出する.
- IVC長軸像にて、右房流入部位から 3cm程度遠位側で脊柱部位＊上を避けて長径を計測する.
- 長径は呼気・吸気それぞれで計測し(a:矢印)、短軸像でも長径と短径の計測を行う(b:矢印).

② IVCの呼吸性変動の有無と虚脱率の計測

- IVC長軸像および短軸像にて呼吸性変動の有無・程度を確認する.
- IVC拡張(−)時には、通常の腹式呼吸で良いが、IVC径が 17mm以上の拡張時には、必ず sniff test で確認する.





虚脱率(%)＝(最大径－最小径)／最大径×100　(50%以上で"呼吸性変動有り"と判定)

③ アメリカ心エコー図学会(ASE)推奨の右房圧推定法[1)]

Variable	Normal [0-5 (3) mmHg]	Intermediate [5-10 (8) mmHg]		High [15 mmHg]
IVC diameter	＜2.1cm	＜2.1cm	＞2.1cm	＞2.1cm
Collapse with sniff	＞50%	＜50%	＞50%	＜50% ＊

表では右房圧を3段階に分類:中間値「8mmHg」の場合には二次的指標を参考にして評価(右室流入血流、右室E/e' 肝静脈血流など)する. ＊また ESC ガイドラインでは安静呼吸の場合には ＜20% を追加している.

1) ASE Cardiovascular Guidelines 2010

2)右房圧推定時の留意点

- 中心静脈圧(CVP)が 11mmHg を超えると IVC短軸像は円形になる.
- IVC短軸像が円型の場合には必ずsniff test で虚脱の有無を確認する.
- sniff test とは、鼻をすする(においを嗅ぐ)ような呼吸法のことで、腹腔圧を瞬間的に高くして(6mmHg程度 up)評価する技法のこと.
- 最大長径 21mm以上(虚脱率 50% 以下)では溢水、また長径 7mm以下であれば脱水が疑われる.
- IVC径の測定では体格の影響を受けやすく、体位により変化することに留意. → 右側臥位 ＞ 仰臥位 ＞ 左側臥位の順に径が小さくなる.
- 若年者やアスリートなどでは右房圧が高くなくても IVC径が大きい場合があるので IVC短軸像および左側臥位で IVCの形態(径)を確認する.

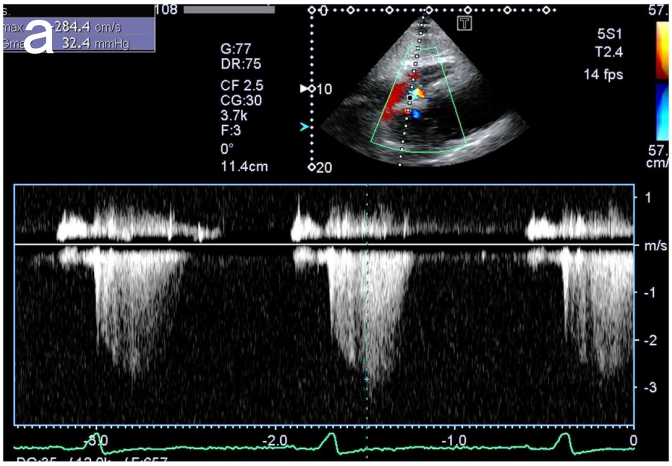
4. 心窩部四腔断面のチェックポイント

1）三尖弁逆流弁口圧較差（TRPG）の測定（a）

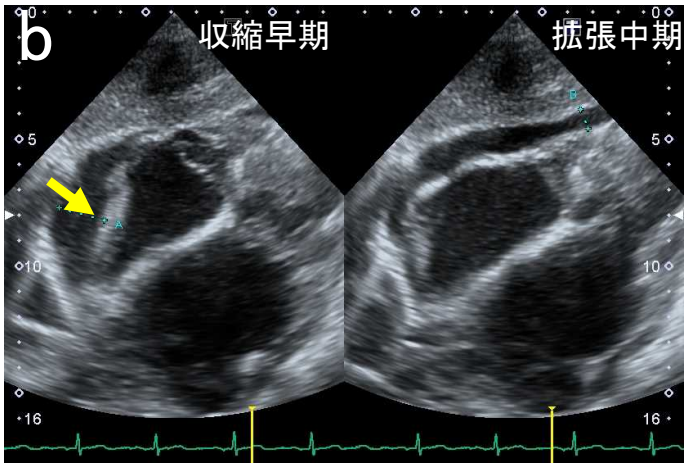
- TR jet が IAS方向に向く場合には心窩部からの測定が適している（→胸骨左縁からの測定では記録困難なことが多い）.

2）心膜液貯留の描出（b）、右室壁厚の測定

- 少量の心膜液貯留評価に適した断面で、**心房拡張期**に起こる RA壁の collapse（矢印：虚脱）判定にも適した断面である. また右室壁厚の計測に欠かせない断面でもある（26頁参照）.



三尖弁逆流弁口圧較差の測定



心膜液貯留の描出とRA壁の虚脱（矢印）

3）心膜癒着サインの有無をチェック[2)]

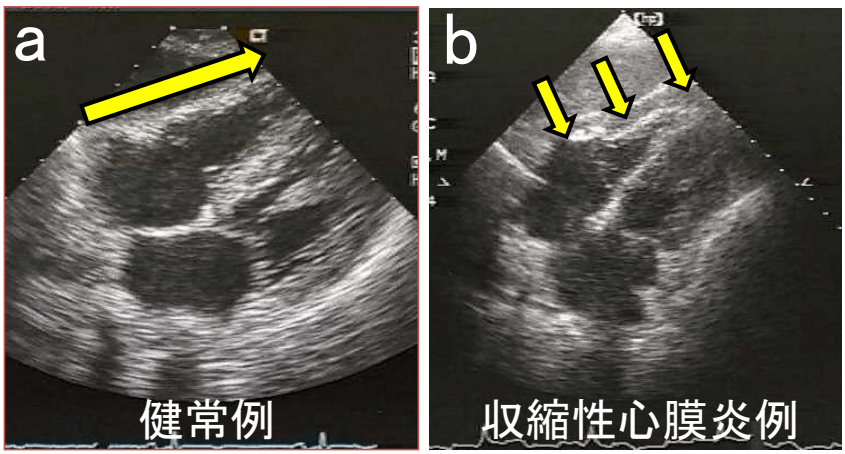
- 心窩部アプローチにて四腔断面を描出すると、健常例では通常横隔膜下を右室自由壁が心周期に呼応して心長軸方向に滑走する動きが見られる（a：矢印）. ところが、心膜が癒着した場合には、右室自由壁のその滑らかな動きが消失し、収縮期に肝臓を心臓方向へ引っ張る様な動きが見られる（b：矢印）. この現象が“**心膜癒着サイン**”であり、収縮性心膜炎（CP）で見られる特徴的な現象である.

- CPは、稀に開心術後、心膜液貯留ドレナージ後に発症する場合があるので留意しておくこと.

CP : constrictive pericarditis

“心膜癒着サイン”

（－）　　（＋）

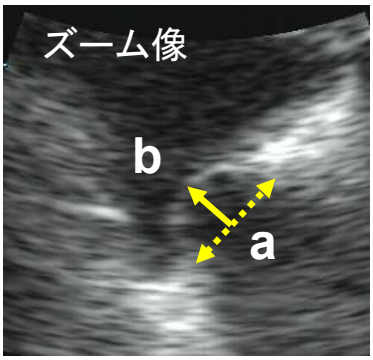


2) 増田喜一 : 術後収縮性心膜炎. 心エコー 9(2) : 184-189, 2008

4）右房 – 心房中隔 – 左房断面（ASA）のチェック

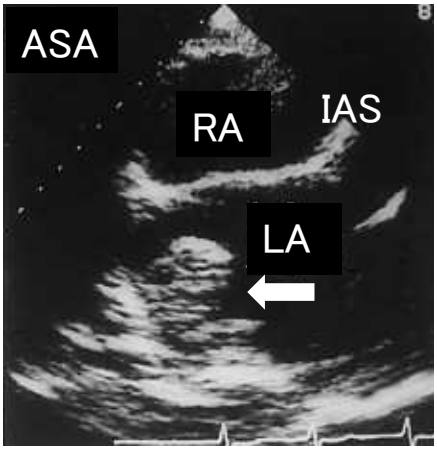
- 心房中隔欠損や卵円孔開存の有無、また心房中隔瘤の評価に有用な断面である．一方、偏在した左房血栓の存在診断にも適した断面である．→ 胸骨右縁からのアプローチもトライ

心房中隔瘤



心窩部四腔断面

左房内血栓（矢印）



胸骨右縁 ASA 断面

（ASA：atrial-septal-atrial）

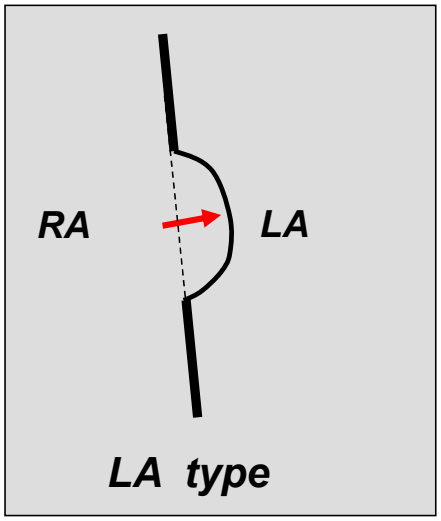
心房中隔瘤の判定基準

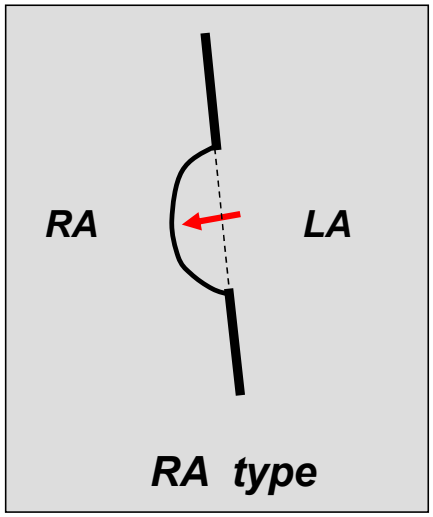
a：基部の幅≧15mm
b：突出度≧ 10mm
c：振幅≧ 10mm
（可動性がある場合の振幅）

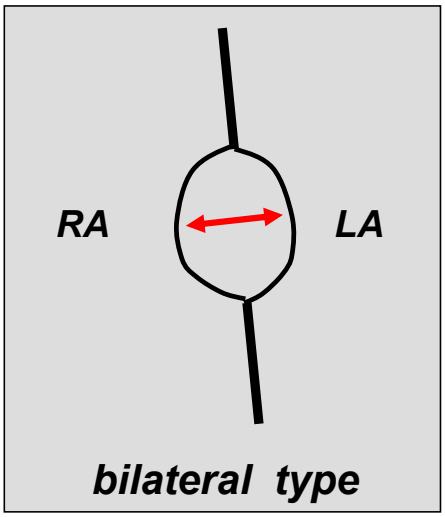
skillup

心房中隔瘤の判定基準

- 基部の幅が15mm以上、心拍動に伴って心房中隔の中線（破線）から10mm以上突出、または振幅10mm以上の瘤状構造物の存在とする.[3]．
- 心房中隔瘤の存在（卵円孔開存合併）と奇異性脳塞栓との関連性が指摘されている.[4]







3) 西　etal：心エコー図検査を用いた心房中隔瘤頻度の検討　J Med Ultrasonics 25：787－794，1998
4) Cabanes L et al : Atrial septal aneurysm and patent foramen ovale as risk factors for cryptogenic stroke in patients less than 55 years of age : A study using transesophageal echocardiography. Stroke 1993 ; 24 : 1865-1873

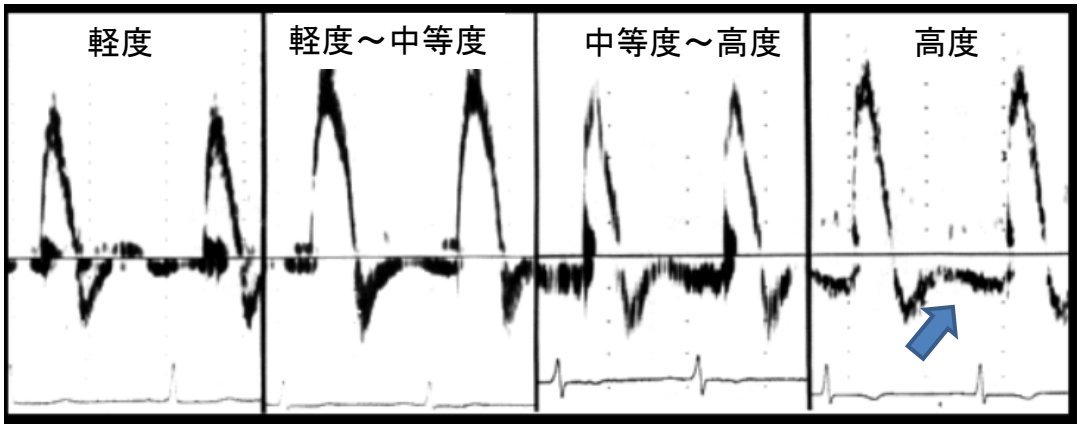
5. 腹部大動脈のチェックポイント

1）腹部大動脈瘤の検索（abdominal aortic aneurysm；AAA）

- 高血圧症例では必ず大動脈瘤の有無をチェックする.
- 特に分岐部に好発：径30mm以上を瘤と定義、径50mm超えで手術適応
- その他、動脈瘤に伴う血栓形成、壁硬化所見、プラークの有無など検索

2）大動脈弁逆流のチェック

- 腹部大動脈汎拡張期逆流血流の出現：パルスドプラ法で記録（図）
- 記録時にはフィルター設定に注意（低周波フィルター：100Hz以下）
- 血管硬化例（高安病、加齢など）では、AR（－）でも軽度拡張期逆流（＋）

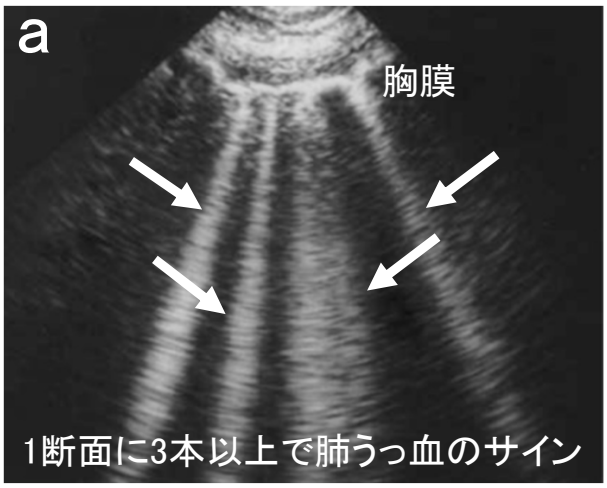


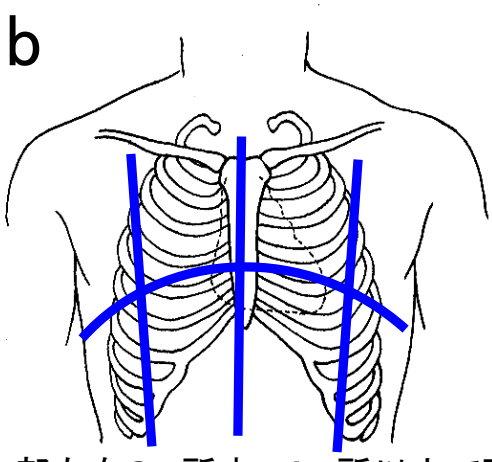
逆流信号が汎拡張期に基線から離れて描出される場合は高度逆流（矢印）

6. 心不全時のチェックポイント

1）肺うっ血 / 肺水腫を肺エコーで検索[5)]

- B-line（comet tail artifact または comet sign）のチェック（a：矢印）
- 胸壁多数部位に multiple B-lines　→ lung rockets とも呼ばれている.





胸部左右8ヶ所中、4ヶ所以上で確認する

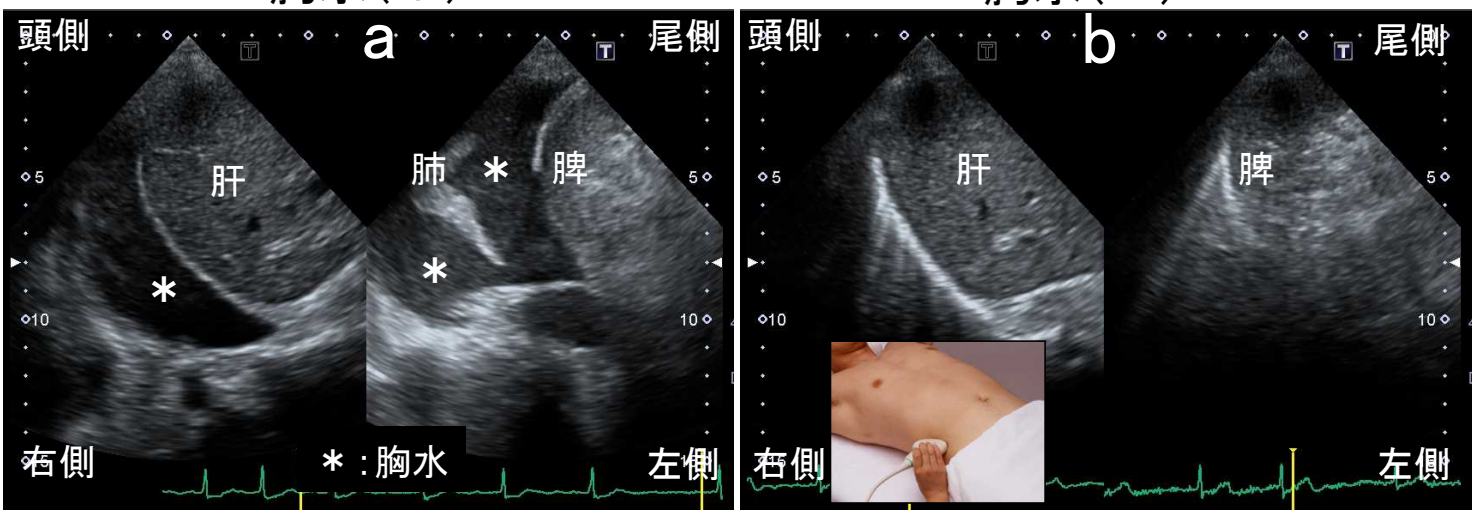
- B-line とは、胸膜より伸びる comet-tail artifact のことで、間質の水分貯留を示唆 → 胸膜と肺胞隔壁との間での多重反射が起因
- 心不全時には B-lineが1断面に3本以上、両肺野の多数断面（b：胸部8ヶ所中 4ヶ所以上）で描出される. 正常時でも単発で見られる場合もあるが、comet-tail の輝度が弱く、深部まで届かない.

5) Lichtenstein D A et al,　Chest. 2008 Jul;134(1):117-25

2）胸水の描出法

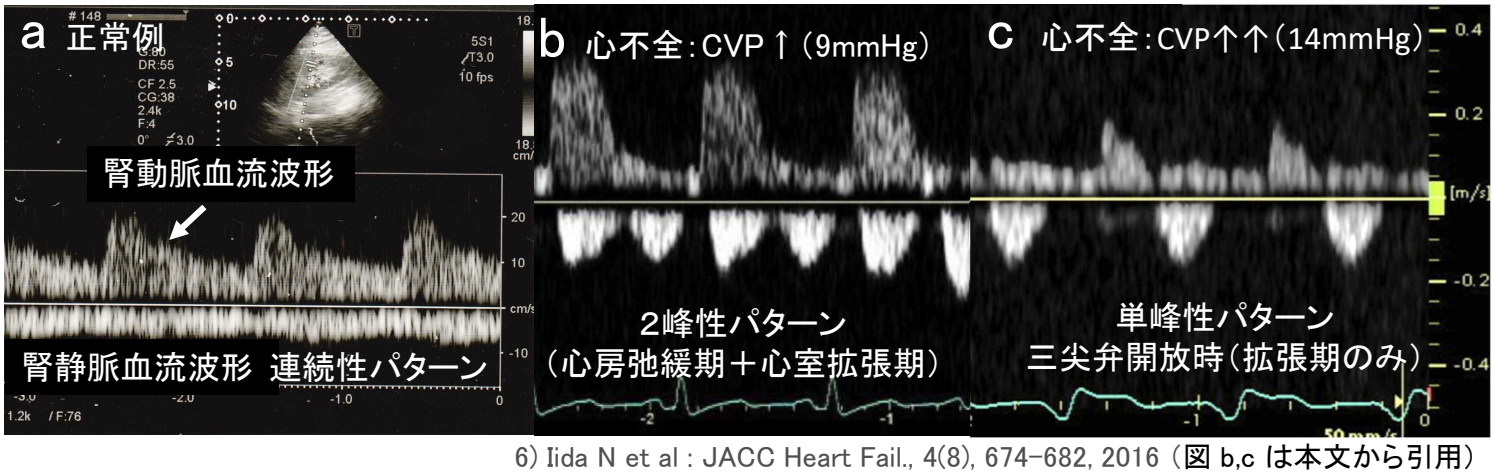
- 両側とも、中～後腋窩線上（下位肋間）からのアプローチにて、echo free-space の有無をチェックする（a：＊胸水）.
- 横隔膜が下がる吸気の始めで記録する（b）.
- 縦断像は腹部エコーと同様に、画面左に頭側、右に尾側を描出して記録する（緊急腹部エコー検査対応）.
- ごく少量の胸水描出や定量目的の場合には、坐位で背側（肩甲骨下）から記録する（c）.

胸水（＋）　　胸水（－）



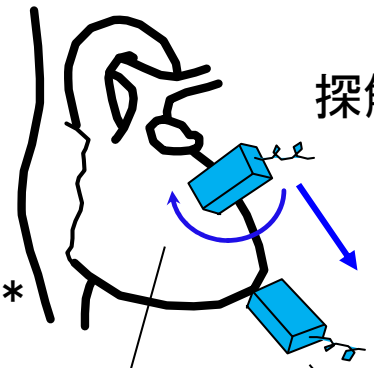
3）腎うっ血を腎静脈血流でチェック[6)]

- 正常例の腎静脈血流波形は連続性パターン（a）を呈するが、心不全・腎うっ血時には非連続性（b：2峰性 or c：単峰性）になる.
- 心不全時には：心拍出量低下 →中心静脈圧（CVP）上昇 →腎静脈圧上昇 →腎うっ血 →GFR低下
- パルスドプラ法で腎動脈（葉間動脈）血流波形を道標にして同時に葉間静脈血流波形を記録する.
- 波形描出にはセクタプローブまたはコンベックスプローブを使用
- カラードプラ スケールレンジを低めに設定する（20cm/sec.以下）.



6) Iida N et al : JACC Heart Fail., 4(8), 674-682, 2016（図 b,c は本文から引用）

7. スクリーニング断面像の描出法



探触子を胸骨左縁（3～4肋間）に置く

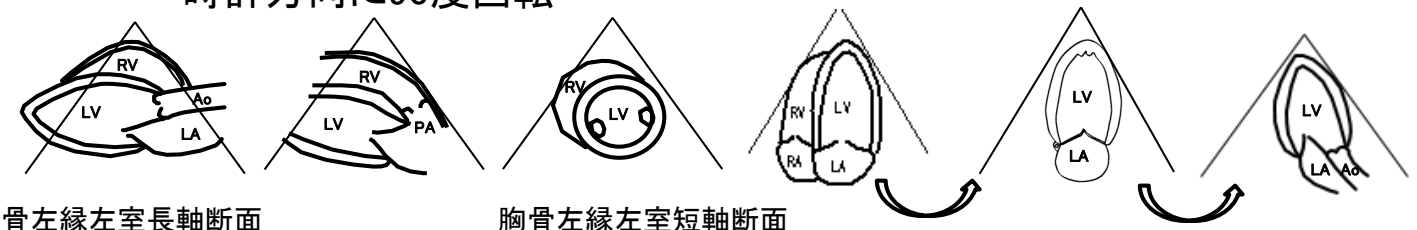
時計方向回転後、
心尖部方向にリニア走査

＊左側臥位が基本＊
但し、被験者の状態（容態）、描出物に応じて臨機応変に対応（仰臥位、坐位、右側臥位など）.

胸骨左縁長軸像から短軸像を経て、
心尖部各断面像を数分で観察する.
異常所見があれば認識しておく.

→時計方向に90度回転→

反時計60°～90°回転　反時計30°～60°回転



胸骨左縁左室長軸断面
→長軸３方向観察

右室流出路長軸断面

胸骨左縁左室短軸断面
→基部～心尖部まで

心尖四腔断面

心尖二腔断面

心尖左室長軸
（三腔）断面

8. 胸骨左縁長軸像のチェックポイント

1）径計測のルール

Mモード法

leading edge（上端）

～

leading edge（上端）

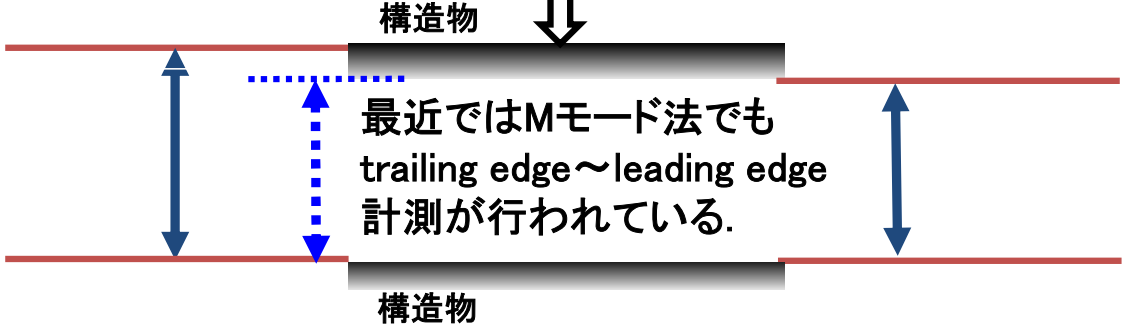
エコービーム

断層法

trailing edge（下端）

～

leading edge（上端）

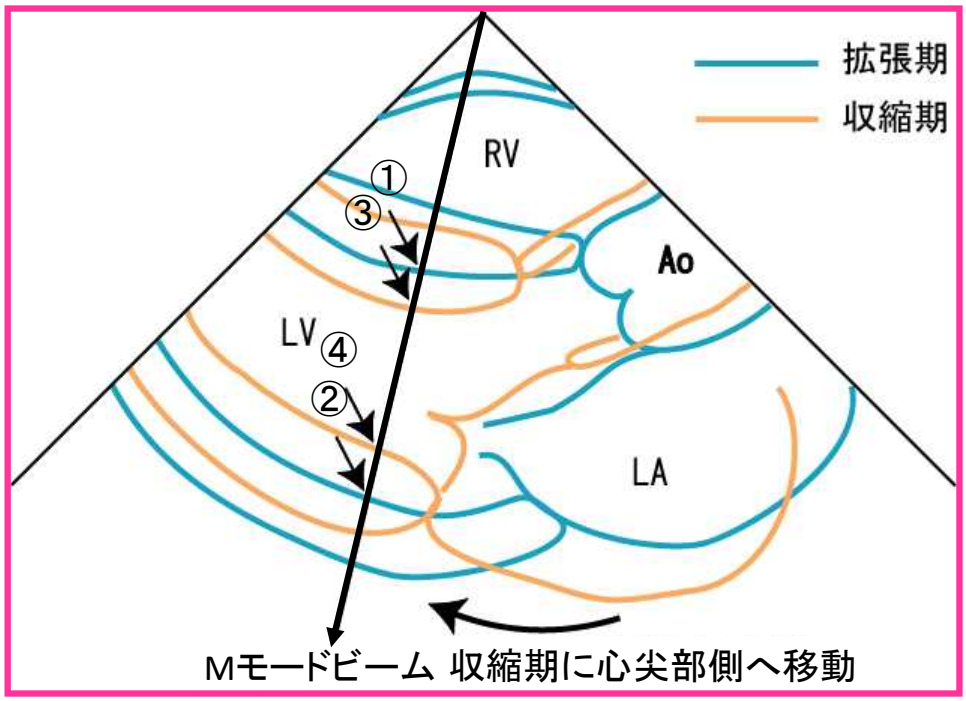


- Mモード法では反射体（構造物）の起点から起点を計測
- 断層法は内径を計測
- 両法とも計測時相に注意

2）左室径計測におけるMモード法と断層法の相違点

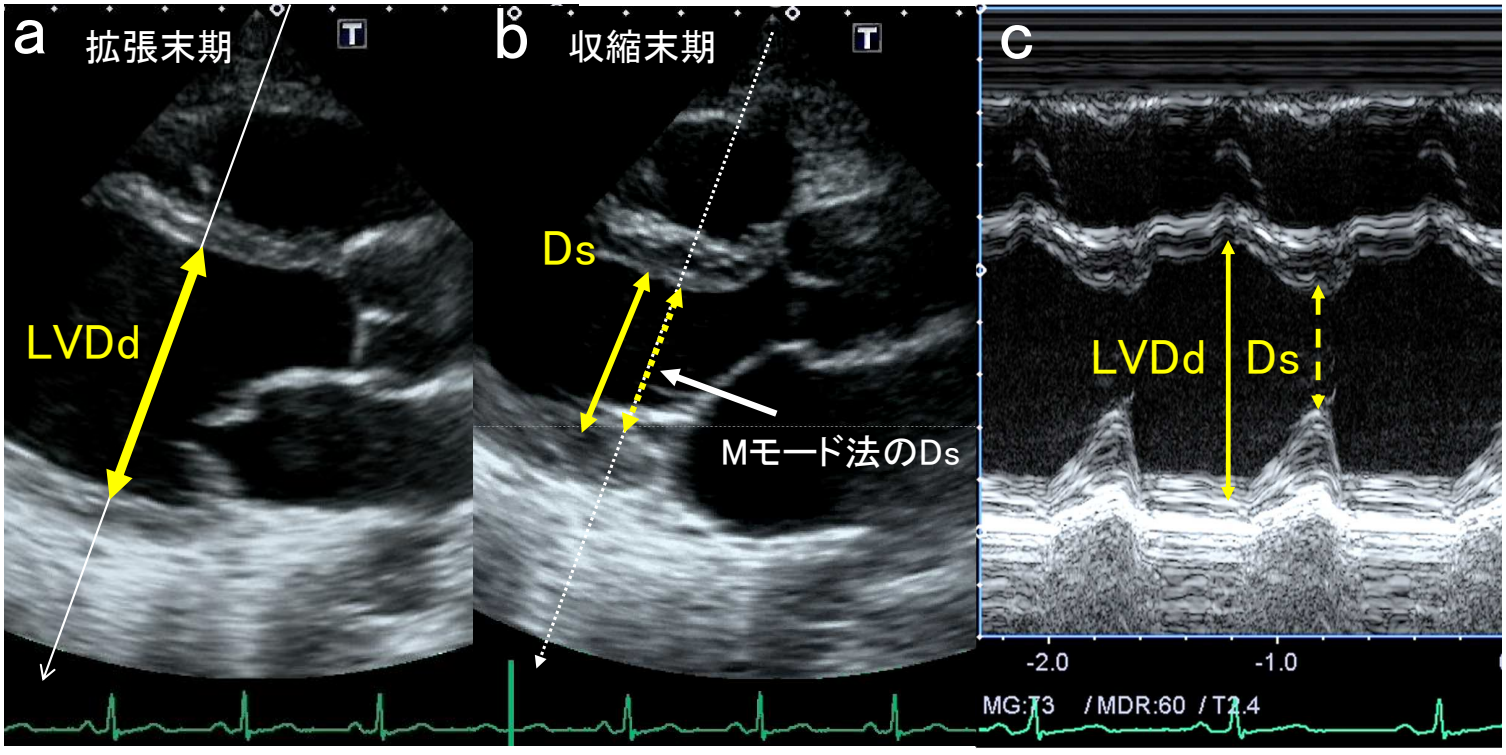
① Mモード法は拡張期と収縮期では異なる部位を見ている

- Mモード法による左室径測定において、収縮期に心基部が心尖部方向へ移動することにより（Through-plane 現象）、関心領域がずれて異なる部位を計測点（矢印Dd:①-②/Ds:③-④）として測定することになる.



② 断層法では LVDd と Dsは左室内の同一部位を計測できる

- 断層法による計測では、LVDd と Dsは左室内の同じ部位を測定することができる（a,b：実線矢印）. しかしながら、Mモード法による計測では、LVDd は断層法と同じ部位を計測することが可能であるが（c）、Ds は収縮期に計測点が心尖部方向に移動するため（through-plane 現象）、断層法と異なる部位（左室基部側）を計測することになる（b,c：破線矢印）.

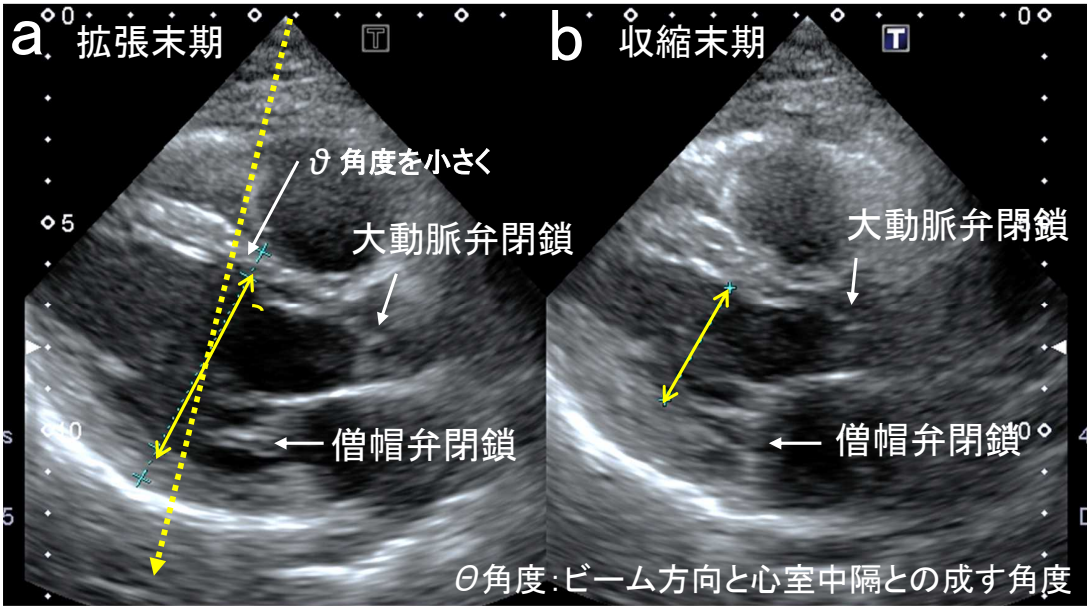


3）断層法による左室径の正しい測り方

① 左室径計測では断面設定が重要

- 左室径計測では断面設定が重要である. 心内膜面を明瞭に描出する為には、可能な限りビーム投入角度 θ を小さく、30° 以内に設定する（a）.
- 拡張末期および収縮末期での計測に際して僧帽弁、大動脈弁ともに閉鎖している時相で測定すること（a, b）.

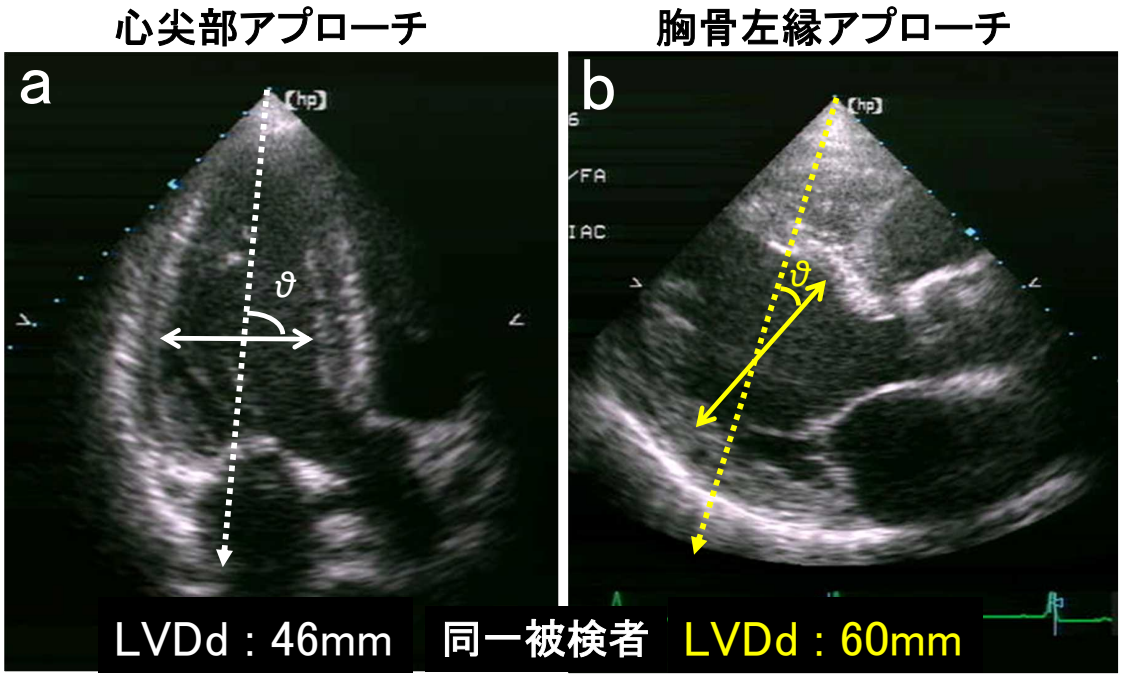
→ 拡張末期径は僧帽弁の閉じた次のフレームで計測、収縮末期径は大動脈弁が閉じたフレームで計測する（それぞれ等容収縮期、等容弛緩期に相当）.



② 描出断面が異なると、なぜ左室径の大きさが変わる？

- 心尖部アプローチでは（a）、胸骨左縁アプローチ（b）と比べて左室長軸方向の中央部を横切る断面を正確に描出することが難しい.
- また計測部位における方位分解能の低下やサイドローブなどの影響（横流れ）により、心内膜面（計測点）の判定が困難であることなどの理由から左室径を過小評価しやすい.

→ θ 角が大きくなればなる程、心内膜面の描出分解能が低下する（a, b）.

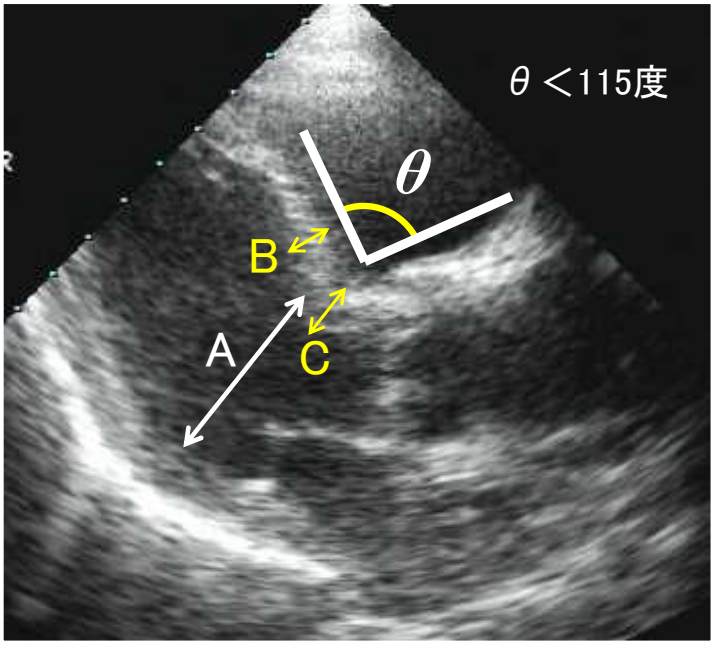


③ S字状中隔では、どこをどのように測ればよいか

- S字状中隔（Sigmoid septum）とは、大動脈壁との成す角度が鋭角となり（θ ＜115度）、肥厚した心室中隔基部が左室流出路に突出している形態のこと（図）.
- 加齢と共に心形態が変化 → S字状中隔化していく
- Mモード法での左室径計測は困難なため、断層法で測定する.

【計測法】

- S字状中隔の場合には、中隔膨隆部を避けて、直近の心尖部寄りで左室径を計測する（A）.
- 心室中隔厚（B）と左室内径（A）は別々に計測する.
- 通常、心室中隔厚はS字状中隔遠位部（直近）で計測する（B）.
- S字状中隔部の壁厚（C）も計測してレポートに記載する.

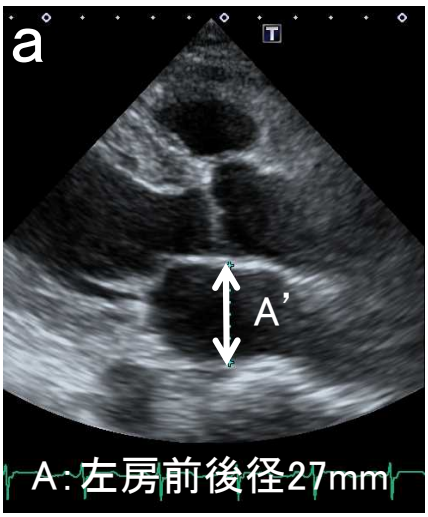


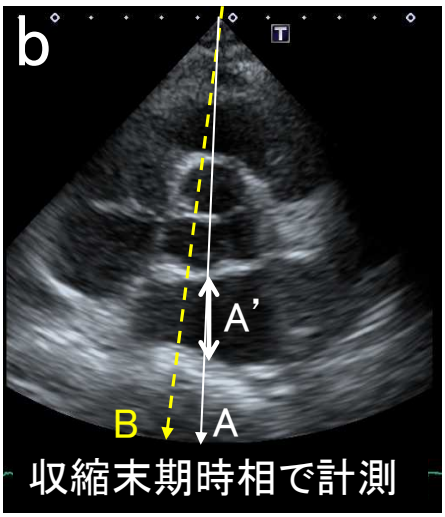
胸骨左縁左室長軸像

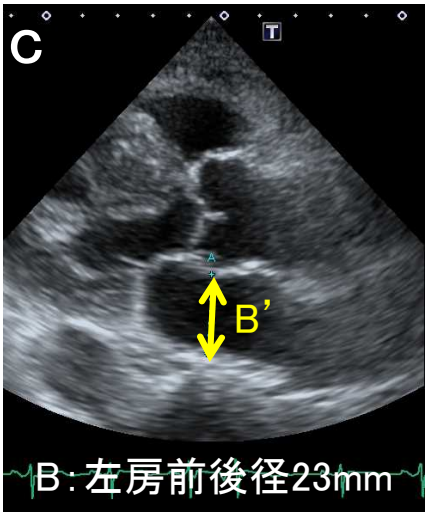
4）断層法による左房径の正しい測り方

① 胸骨左縁長軸像における左房前後径の測り方

- 左房前後径を計測する場合には、必ず短軸像で最大径となるビーム方向を確認して（A：実線矢印）、長軸像収縮末期時相で計測する（a, A’）.
- 短軸像では（b）、バルサルバ洞を外したビーム方向（A）で、左房前後径を計測する（B’）.
- バルサルバ洞を含めたビーム方向（b, B）での左房前後径測定（c, B’）は、過小評価の可能性があることに留意する.
- 大動脈弁やバルサルバ洞が鮮明に描出された断面が（c）、必ずしも左房前後径計測の至適断面であるとは限らないことに留意する.

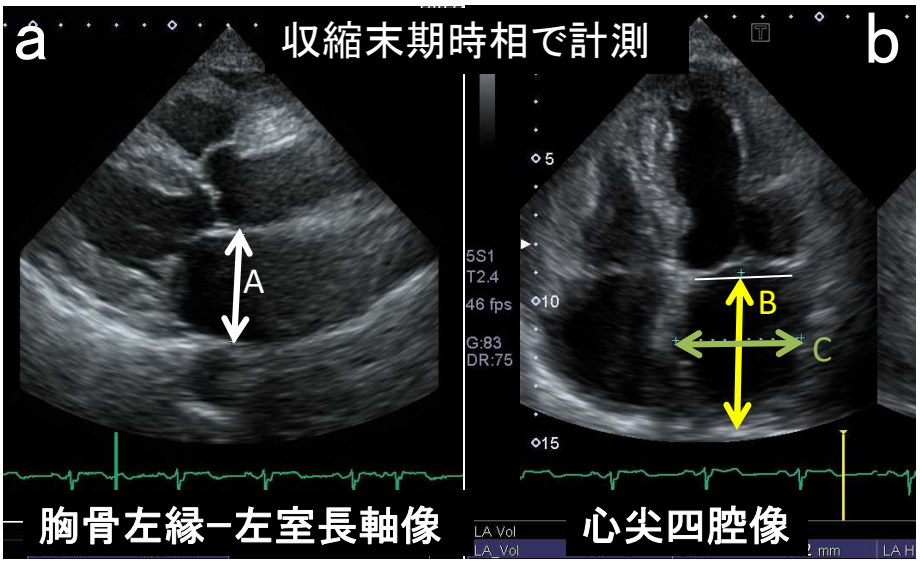






②胸骨左縁長軸像における左房長径・短径の測り方

- 収縮末期時相における心尖四腔像(b)で、最も長い長軸長(B)・短軸長(C)を描出する.
- 長径(B)は弁輪線の中点から左房上部壁(天井部)までを計測する.
- 短径(C)は長軸長の1/2の位置で短軸長を計測する.
- 前後径(a, A)または 短径(C)が 4.0cm以上、あるいは長径(B)が5.0cmを超える時には左房容積の測定を!!



日本人 正常値
(JAMP study 2008)

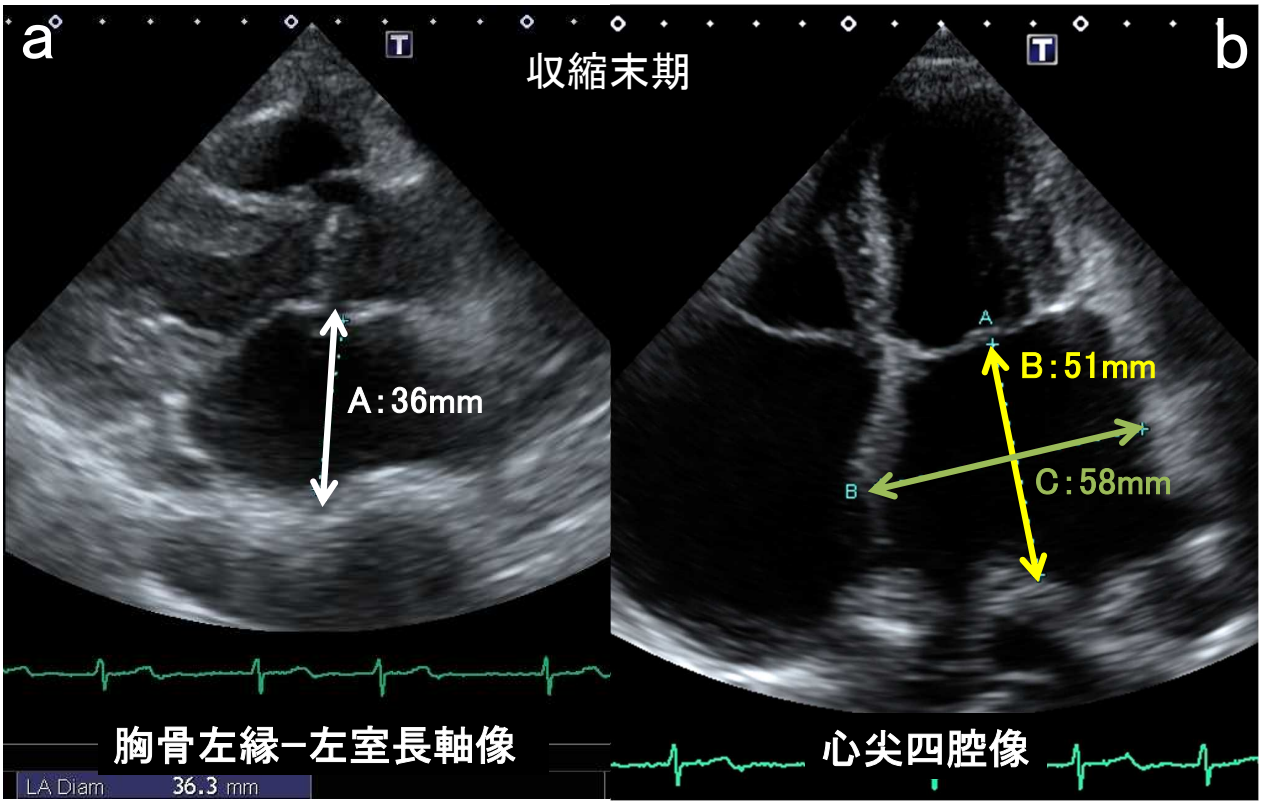
	男性	女性
A	3.2±0.4	3.1±0.3
B	4.9±0.7	4.6±0.7
C	3.6±0.5	3.5±0.5

(単位:cm)

A:左房前後径:大動脈後壁～左房後壁間の内径
B:左房長径:僧帽弁輪線中点～左房上壁(天井)間の内径
C:左房短径:心房中隔～左房側壁間(長軸長の中点で最大短径)の内径

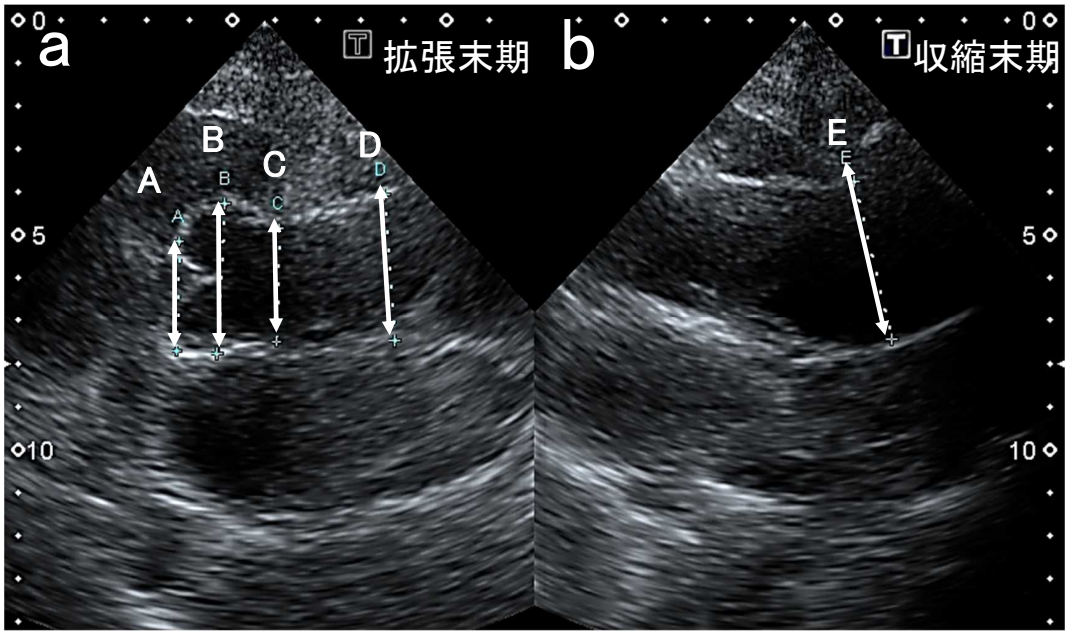
③ 左房径計測の留意点

- 左房前後径(a, A)の計測だけでは、左房の大きさを正確に表していない.
- 左房前後径(A)が正常範囲内であっても、長径(b, B)ないし短径(b, C)の大きい場合があることに留意する(a:胸郭前後径が薄い例など).
- 必ず左房腔が最も大きくなる収縮末期時相で測定する.



5）大動脈基部・上行大動脈径の測定

- 弁輪径、バルサルバ洞径、STJ径は拡張末期時相で計測する（a, ABC）.
- 上行大動脈近位部径はSTJより2～3cm遠位側で計測する（a, D）.
- 上行大動脈径は遠位部側の最大径を収縮期時相で計測する（b, E）.



日本人 正常値
（ JAMP study 2008）

	男性	女性
A	2.2±0.3	2.0±0.2
B	3.1±0.4	2.8±0.3
C	2.6±0.3	2.4±0.3

（単位：cm）

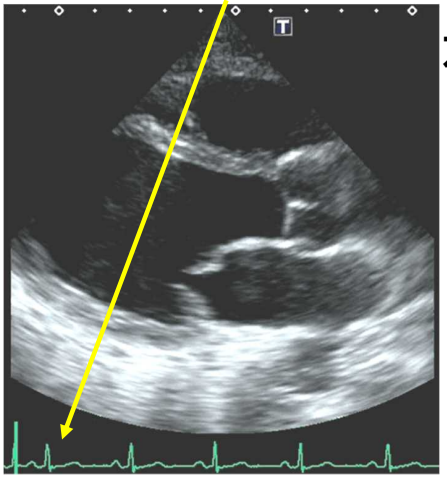
A：大動脈弁輪径、 B：バルサルバ洞径、 C：STJ（sino-tubular junction）径
D：上行大動脈径（近位部）、 E： 上行大動脈最大径（遠位部）

注）A：外科的弁輪径、B：バルサルバ洞径（ncc-lcc間の後壁までを計測）、C:解剖学的弁輪径

6）左室壁運動異常のチェック

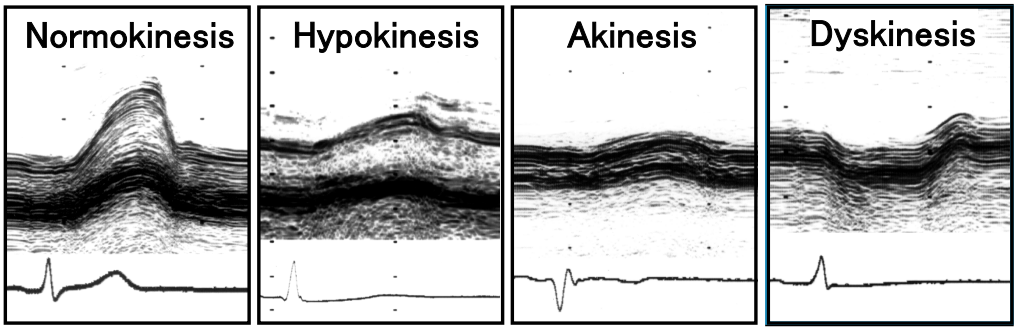
- 左室径を測定する超音波ビーム方向（矢印方向の心室中隔・左室後壁）の壁運動に異常がないかどうかを確認する.
- 少しでも壁運動異常の存在が疑われたら、Mモード法で壁厚増加率（収縮期にどれだけ厚みを増すか）を算出し重症度を評価する.

$$\text{壁厚増加率}(\%) = \frac{\text{収縮末期壁厚} - \text{拡張末期壁厚}}{\text{収縮末期壁厚}} \times 100$$



胸骨左縁長軸像

左室後壁 壁厚増加率（systolic thickening）の測定



Normokinesis	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis
40%＞正常	20～30% 壁厚増加低下	＜10% 壁厚増加なし	逆運動 壁厚増加なし

9. 胸骨左縁短軸像のチェックポイント

1）解剖学的構造異常の有無

① 大動脈弁複合体のチェック

- 形態・動態、構造物の性状など.
- 大動脈弁：弁尖数、弁口面積、肥厚・硬化程度・弁輪石灰化など.
- 冠動脈起始部：右・左冠動脈径、走行異常の有無など.

② 僧帽弁複合体のチェック

- 僧帽弁口面積、弁尖逸脱、弁輪部石灰化の有無、腱索・乳頭筋形態やSAMの有無など.

③ 左室内膜、心筋、心外膜、心膜、心尖部のチェック

- 心内膜面、心筋、心外膜、心膜の分離・描出能は？ エコー輝度は？
- 壁運動異常の有無、左室壁厚、心筋壁厚増加率は？
- 左室腔、右室腔の拡大はないか？
- 憩室、心室瘤、血栓様エコーなどの異常構造物の見落としはないか？
- 乳頭筋の数、付着部位、形態、大きさなど（径11mm以上は肥大）.
- 心尖部肥大は？ 瘤は？ 収縮期に内腔の残存は？
- 内腔残存は左室か右室か？
- 心膜液の貯留は（特に心尖部）？

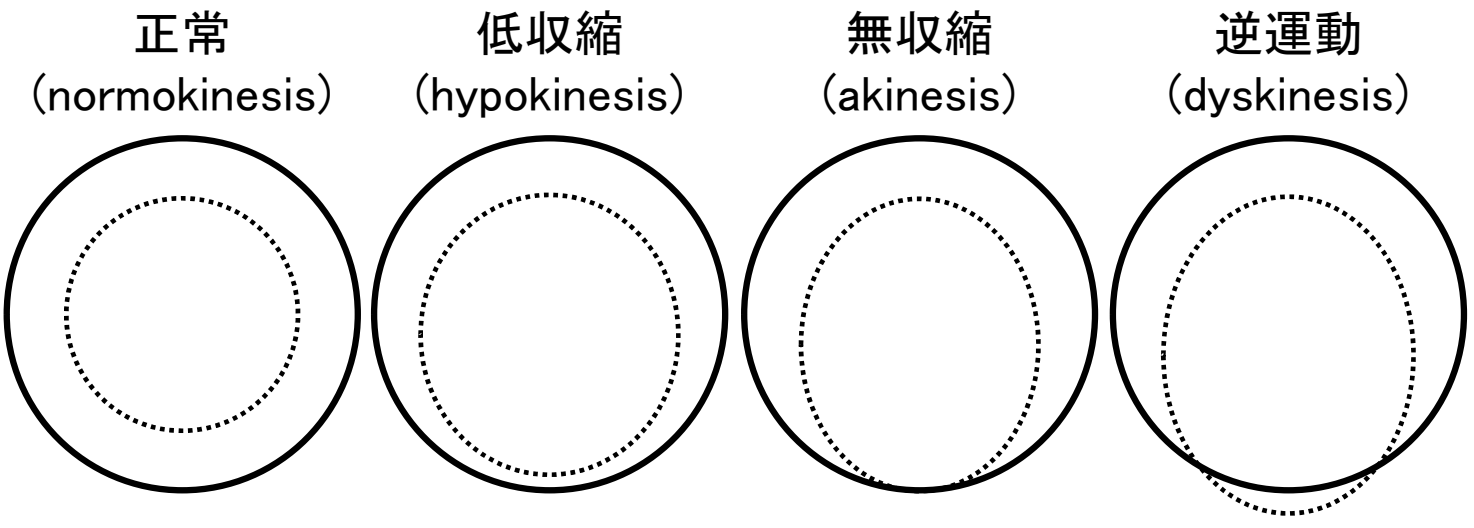
2）左室壁形態および壁運動異常の有無

- 左室基部レベル（僧帽弁口～腱索）

→特に後部中隔～下壁の壁運動異常は見落としやすいので要注意!!

- 乳頭筋～心尖部レベル、右室壁運動はOKか？
- 左室壁性状・形態は（瘤・憩室の有無など）？

（心内膜面の動き　実線：拡張末期、破線：収縮末期）



正常 (normokinesis)	低収縮 (hypokinesis)	無収縮 (akinesis)	逆運動 (dyskinesis)
内膜面の運動やthickeningが正常の状態	健常部に比し内膜の運動が低下し、thickeningが減少する. 軽度低下：mild hypokinesis 高度低下：severe hypokinesis	内膜運動、thickeningがまったくみられない状態	収縮末期の内膜面が拡張末期よりも外方に膨隆し、thickeningのまったくみられない状態

10. 左室フォーカス心尖部像のチェックポイント

1）左室容積・駆出率の測定（下図参照）

- 左室フォーカス心尖四腔・二腔像を描出する（断面設定が重要）.

→二腔像は交連部断面像にならないように留意する.

→心内膜面トレースの精度を上げるために、左室腔を拡大して計測する.

- 心尖四腔・二腔像ともに心尖部の位置を揃える.

→交互に心尖四腔・二腔像をスキャンしながら描出して揃えるのがコツ.

- 両断面像とも、左室長軸長が最大となるような断層像を描出する.

→両者の長軸長（長径）誤差は10%以内に抑えるように.

- 内膜面をトレースするコツは、エコー輝度の最も強い心膜エコー像を道標にして、その内側を、一定の距離を保ちながらトレースする.

2）壁運動異常のチェック

- 四腔像から二腔像へと連続的に断層像を描出しながら壁運動異常の有無をチェックする.

→右室腔が徐々に消失するようにプローブ操作を行うのがコツ.

- 断面像は決められた四腔像・二腔像の二通りだけではなく、四腔から二腔像（またはその逆）への連続像であることに留意する.

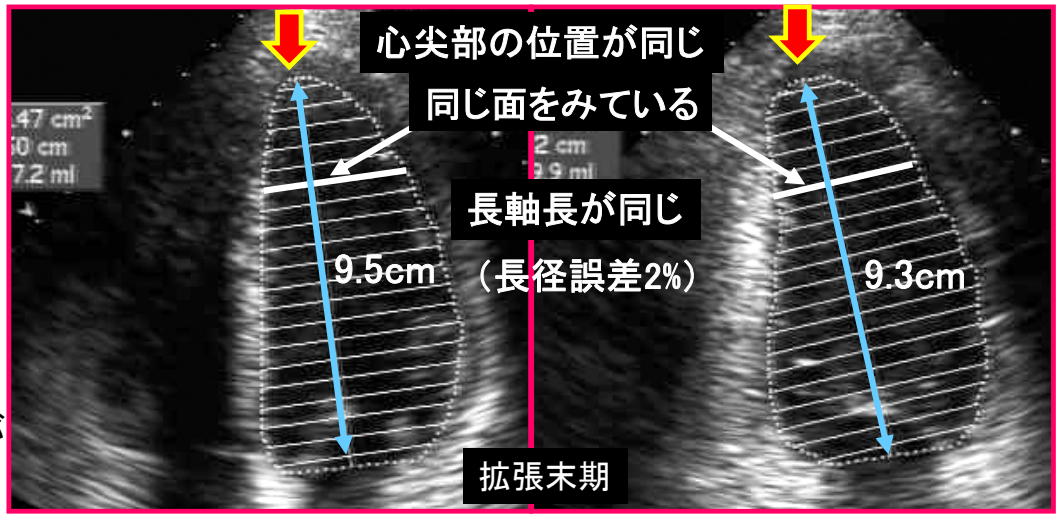
左室容積・駆出率の測定 ＊biplane disc summation（modified Simpson）法＊

良い例

- 心尖部を揃えると、ディスクの同一面を測定することになり、計測精度が上がる.
- 左室フォーカス心尖部像を描出（LVDs の2倍が目安：長軸長が8cm以上になるように）. 左室腔像を拡大して記録.

→トレース精度が上がる

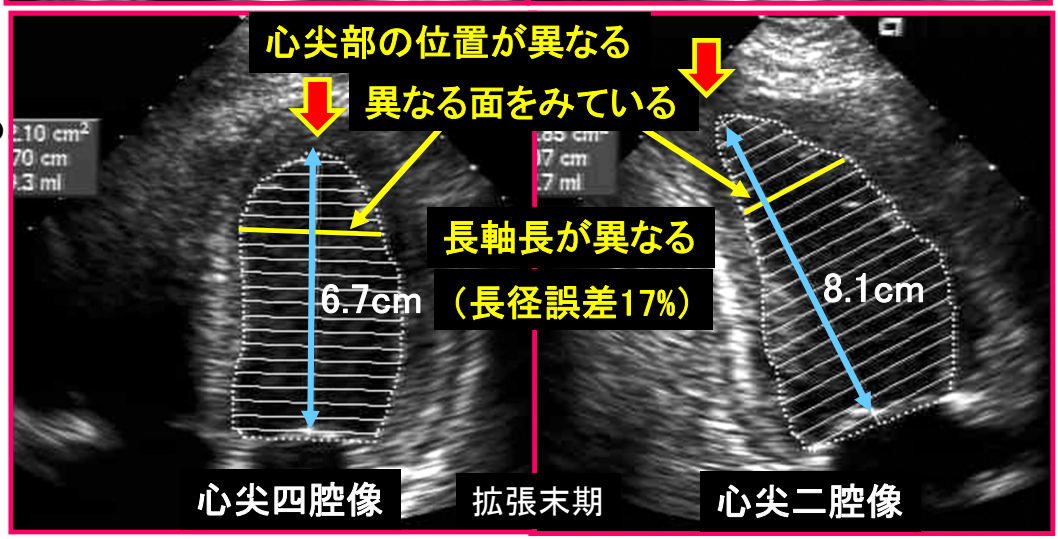
- 長軸長径誤差は10%以内に.



悪い例

- 心尖部の位置が異なると長軸長に差がでる.

→長軸長誤差が大



3）左室心筋重量の測定

① 測定意義

- 左室心筋重量（LV mass）は心血管イベントにおける重要な危険因子および強力な予測因子であることから、心肥大の程度やその変化をみる目的で測定されている（計測値を体表面積で補正して利用）.

② Mモード法または断層法による一次元計測法（リニア法）

- 左室形態を楕円球体と仮定して以下の公式から算出される.
- 拡張末期の心筋体積に心筋密度（約1.04g/mL）を乗じて算出される.
- Cube原法では20%程度過大評価するので補正式が用いられている.
- 左室壁厚が均等である場合に適応できるが、他の方法に比べて測定値を過大評価する.

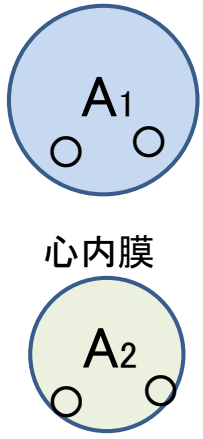
＊ASE-Cube formula (correct) 法＊

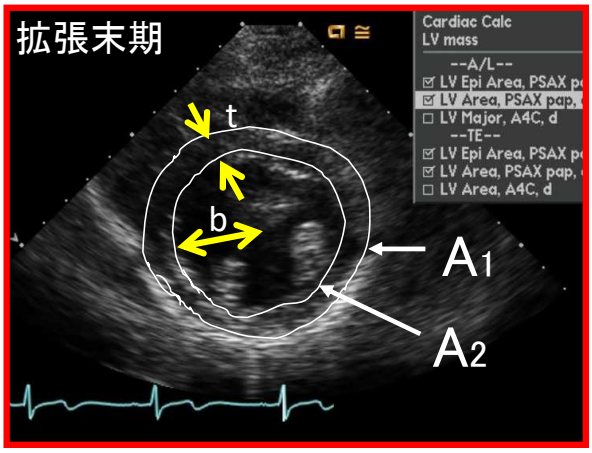
$$LV\ mass(g) = 0.8 \times \{1.04[(LVIDd+PWTd+SWTd)^3 - (LVIDd)^3]\} + 0.6$$

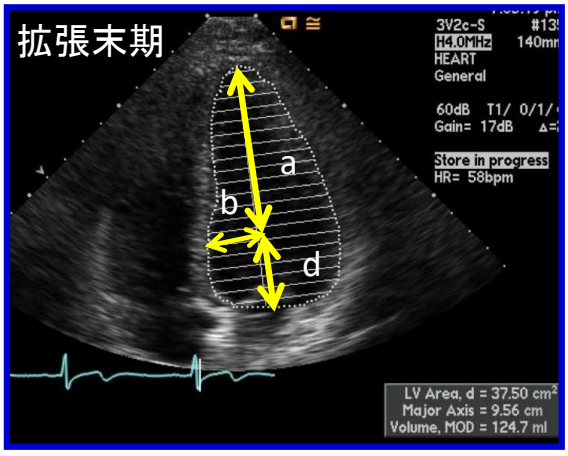
③ 断層法による二次元計測法（下図）

- 心室の形状に合わせて計測ができる方法で Truncated-Ellipsoid（TE）法と Area-length（AL）法がある.一方、最も精度よく測定できる三次元（3D）法があるが特別な装置が必要なため一般的ではない（TE法推奨）.

＊Truncated-Ellipsoid法＊







$$LV\ mass(g) = 1.05\pi\{(b+t)^2[2/3(a+t)+d-d^3/3(a+t)^2]-b^2[2/3a+d-d^3/3a^2]\}$$

①乳頭筋レベルの左室短軸像で外膜（A1）および内膜（A2）をトレースする.
②心尖四腔（or 二腔）像で長径（a + d）を計測する.
③後は自動的に t, b, が計測され LV mass 測定式により算出される.

＊Area-length法＊

$$LV\ mass(g) = 1.05\{[5/6A_1(a+d+t)]-[5/6A_2(a+d)]\}$$

Mモード法＞AL法＞TE法＞3D法

（Mモード法が最も高値、AL法、TE法、3D法の順に低値を示す）

同一症例の計測例
M-mode(ASE Cube):176.6g
(ASE corr):141.9g
Area-length method :136.8g
Truncated-Ellipsoid :117.9g

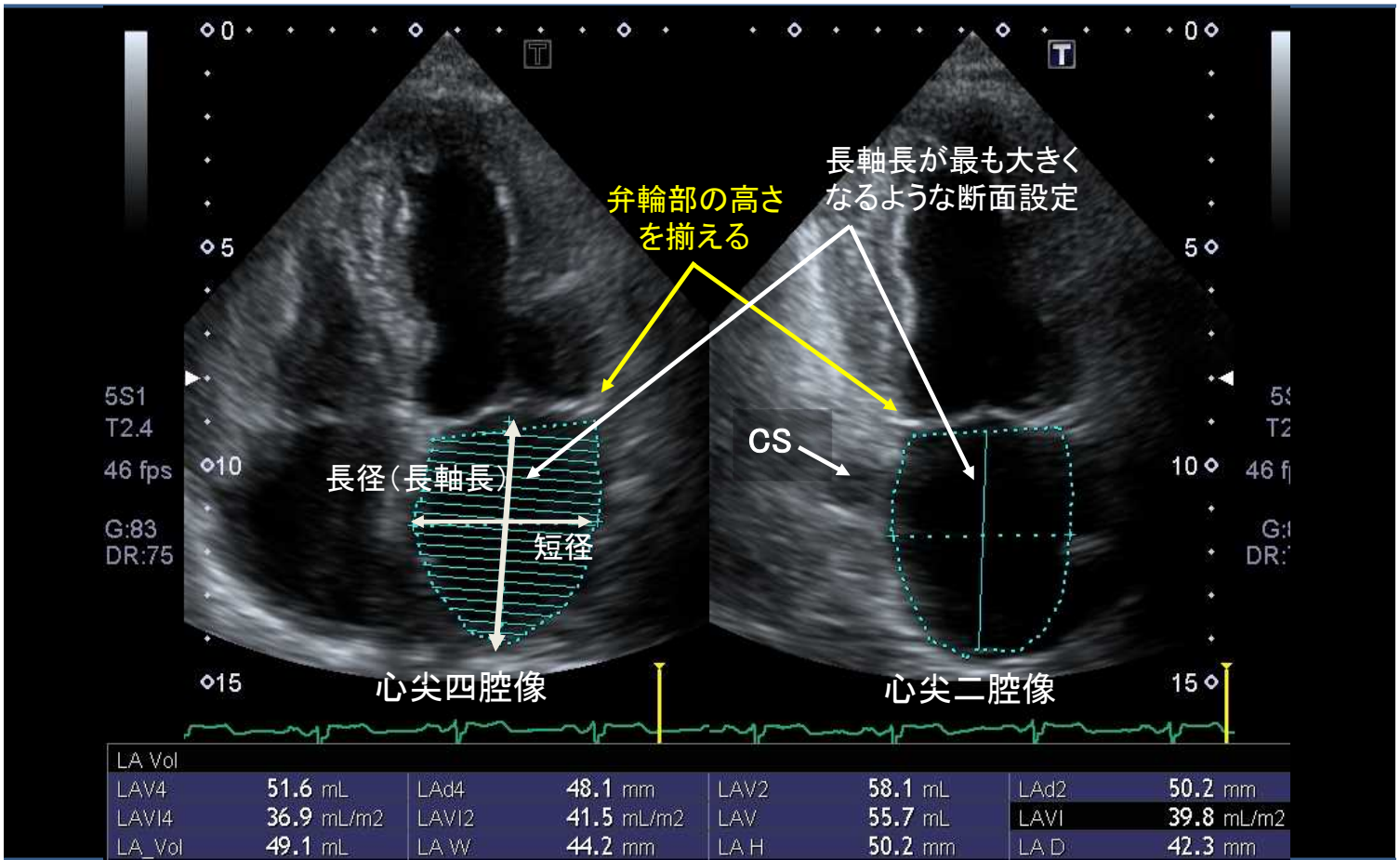
11. 左房フォーカス心尖部像のチェックポイント

1）左房長径・短径および左房容積の測定
（biplane disc summation法による計測）

① 心尖四腔・二腔像の断面設定が重要（2断面像を並べて描出）
② 四腔・二腔像を交互に描出しながら左房の長軸長が最も大きくなるように断面設定を行う.
③ 最初に四腔像を設定し、次いで冠静脈洞（CS：coronary sinus）の検出をメルクマールにして二腔像を描出する.
④ 四腔・二腔像共に僧帽弁が開放する直前の収縮末期像を描出する.
⑤ 両者における長径誤差は5%以内に抑えるように.
⑥ 僧帽弁輪の高さが左右同じになるように長径方向の向きを揃える.
⑦ まず四腔像にて長径を計測し、その1/2中点で横径を計測する.
⑧ 次いで両断面像共に肺静脈の合流部や左心耳を含まないように内壁の境界面をトレースする.
⑨ <u>左房容積と左室容積の測定断面は決して同一ではないことに留意して断面像を設定する.</u>

skillup

左房容積の計測は断面設定がポイント
（biplane disc summation法で計測）



12. 左心系の計測基準値[7)]

（日本人　成人）

計測項目（断層法）	男性	女性
大動脈径（Valsalva洞）[cm]	3.1±0.4	2.8±0.3
左房径：LAD [cm]（前後径）	3.2±0.4	3.1±0.3
心尖四腔長径 [cm]	4.9±0.7	4.6±0.7
心尖四腔短径 [cm]	3.6±0.5	3.5±0.5
最大左房容積 [mL]（biplane Simpson）	42±14	38±12
左房容積／体表面積 [mL/m^2]	24±7	25±8
心室中隔厚：IVST [cm]	0.9±0.1	0.8±0.1
左室後壁厚：LVPWT [cm]	0.9±0.1	0.8±0.1
左室拡張末期径：LVDd [cm]	4.8±0.4	4.4±0.3
左室収縮末期径：LVDs [cm]	3.0±0.4	2.8±0.3
左室拡張末期容積：LVEDV[mL]	93±20	74±17
左室拡張末期容積/体表面積 [ml/m^2]	53±11	49±11
駆出率：EF [%]	64±5	66±5
左室心筋重量／体表面積 [g/m^2]	76±16	70±14

7) Daimon M. et al : the JAMP study. Circ J 72 : 1859–1866, 2008

13. 僧帽弁口血流＆弁輪部運動速度の測定

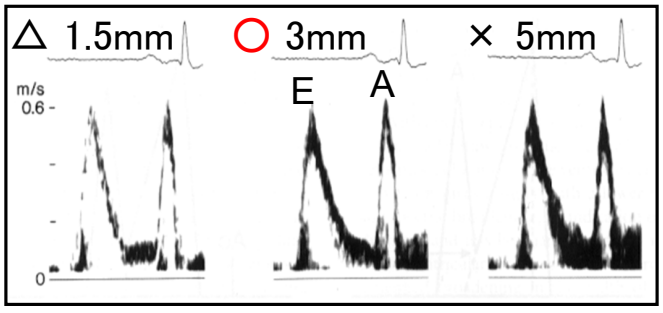
1）僧帽弁口血流速度波形記録時の留意点

① 装置の条件設定

- サンプルボリュームサイズ

2～3mm

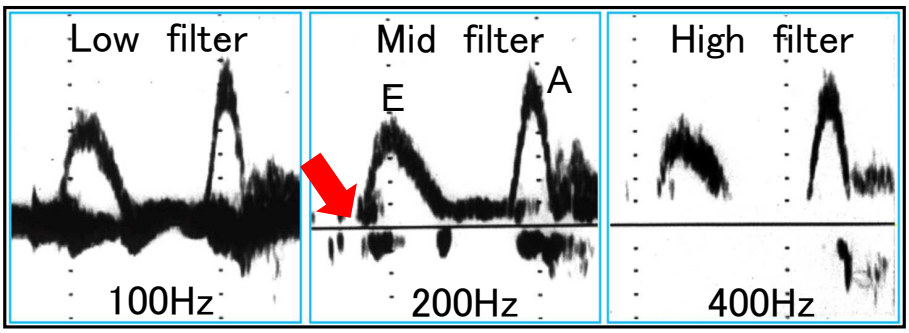
シャープな波形を目安に設定



- 至適フィルターの選択

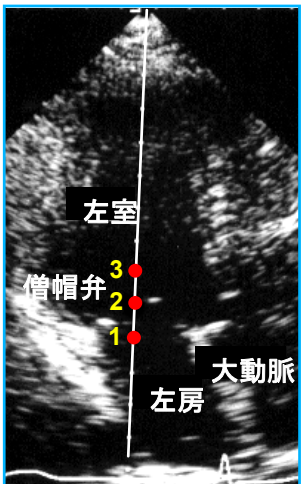
200Hz

ゲインはやや低めにして鮮明な波形に

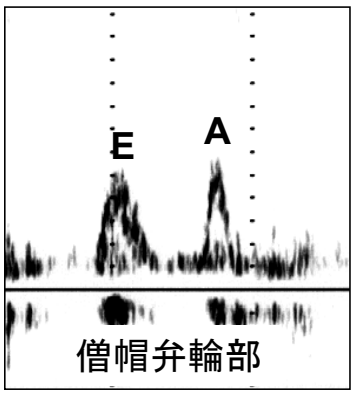


基線周辺にノイズがなく波形の開始点（矢印）・終末点が明瞭になるようなフィルターを選択

② サンプルボリュームの設定部位

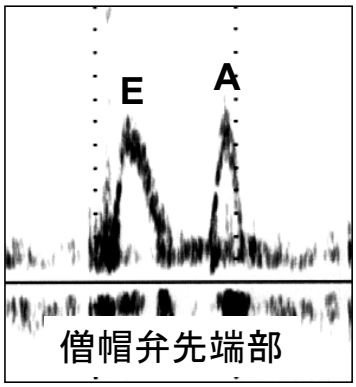


1：×

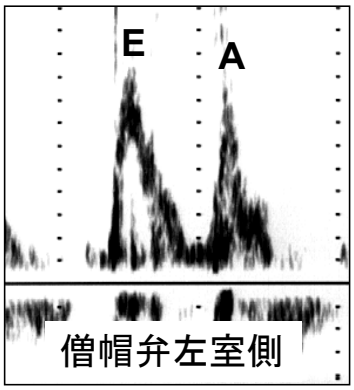


E波減高

2：○

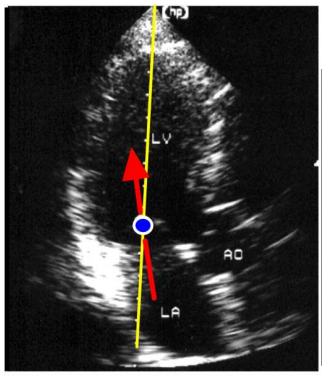


3：×

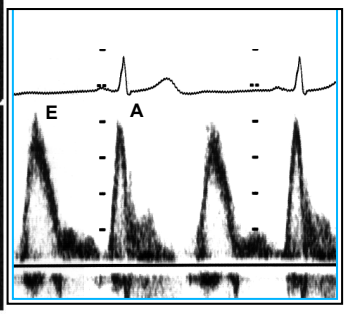


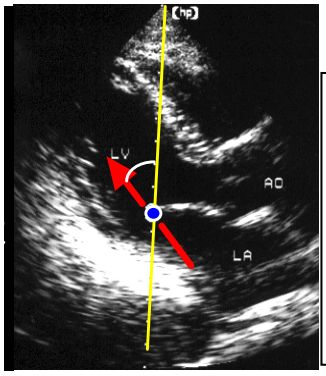
E波増高

③ ドプラ入射角度は20度以内に設定

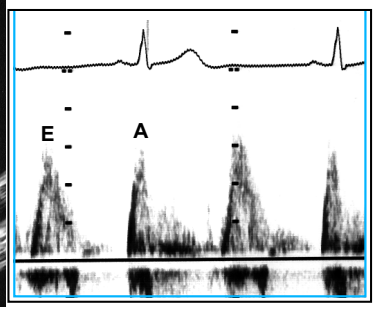


○





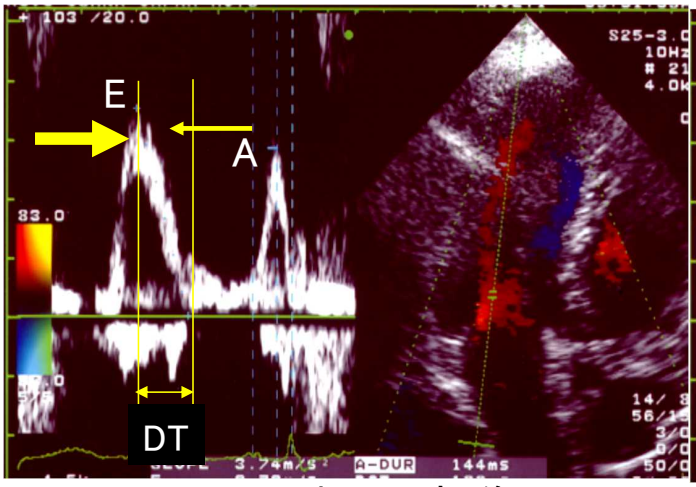
×：入射角度大



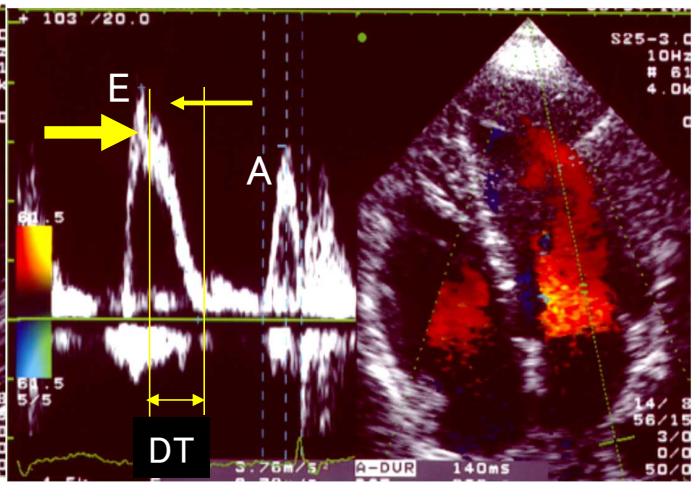
E波減高　DcT計測困難

④ 記録断面と計測時の留意点

- 左室流入血流方向に対してドプラビームを可能な限り平行に投入し、心尖三腔像ないし四腔像で測定する.
- カラードプラで血流方向を確認しながら SV を適切な位置に設定する.



心尖長軸（三腔）像



心尖四腔像

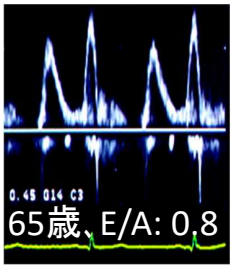
- peak E・A、DT などの計測ではノイズの混入がない波形を描出する.
- スペクトラム波形上に出現したスパイクや毛羽だったノイズ信号（矢印小）などは、それらを外して peak E（矢印大）・A を計測する.
- 減速時間（DT）はpeak E が基線に戻るまでの時間を計測する.

E：急速流入波速度、 A：心房収縮波速度、 DT：deceleration time（減速時間）、 SV：sample volume

⑤ 僧帽弁口血流速度波形に影響する因子

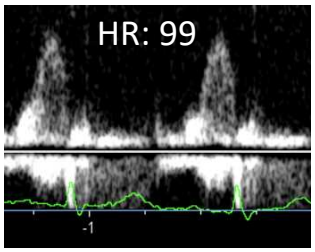
a. 加齢（年齢）

- 60～65歳をを超えるとE/A比が減高する（1.0 以下）



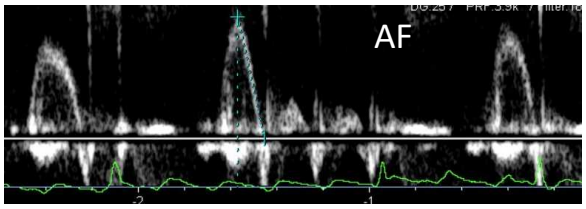
b. 心拍数･･･心拍数増加でE、A波が融合

- E波、A波の識別が困難になる.



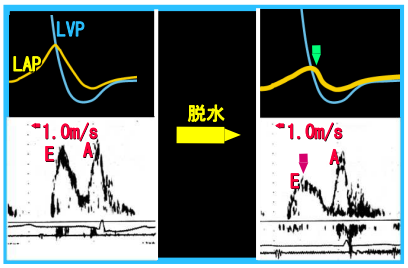
c. 不整脈･･･心房細動（AF）、房室ブロック

- AFではA波が消失：E/A比測定不可



d. 前負荷（左房圧）

- 前負荷減少で E/A 比が減高 → 脱水など



e. 僧帽弁疾患：狭窄（リウマチ性、弁輪石灰化）、
人工弁、逆流（左房圧上昇）

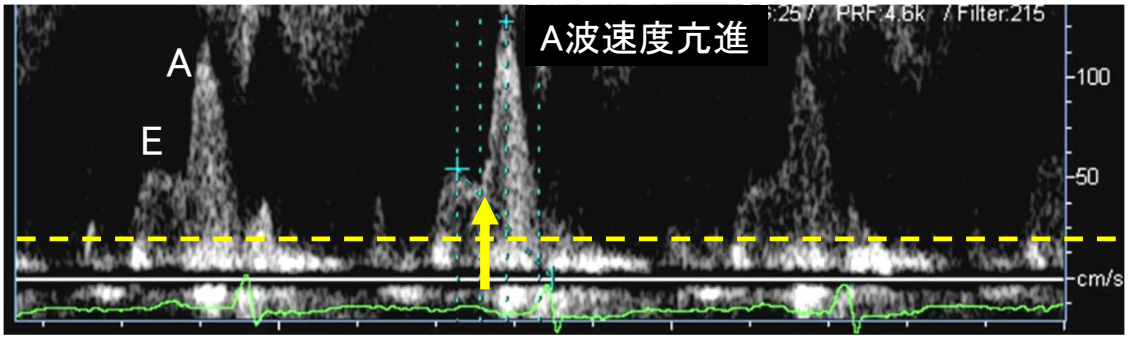
⑥ その他、計測困難・不可例

- E波と A波の融合時には DT や E/A 比の計測は不可
- A波開始時速度が 20cm/s を超える（a：矢印）と A波速度が亢進することに留意する. また、DTの計測は困難である（計測精度に問題あり）.

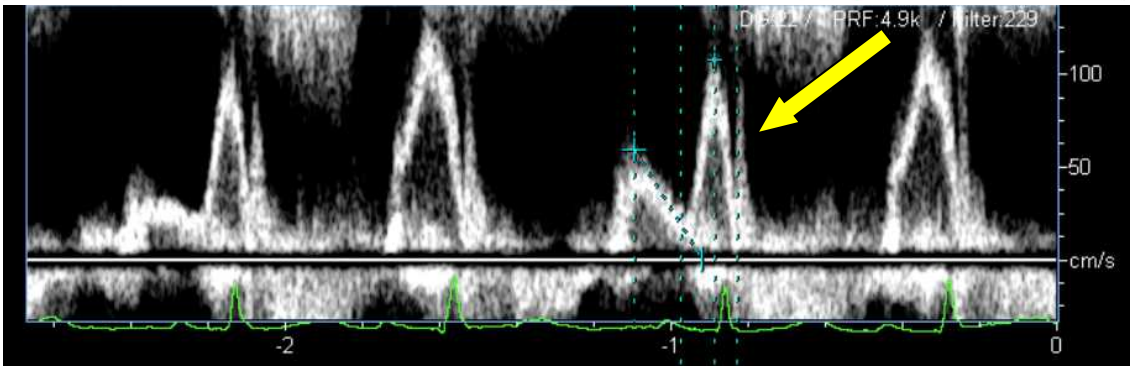
→ 特に心拍数増大時における偽正常化型の判定には注意が必要 !!

- 但し、A波速度の開始速度が 20cm/s を超えない場合には計測可（破線）
  - 心拍毎に波形が異なる場合には参考値として計測・報告する（b：矢印）.

a



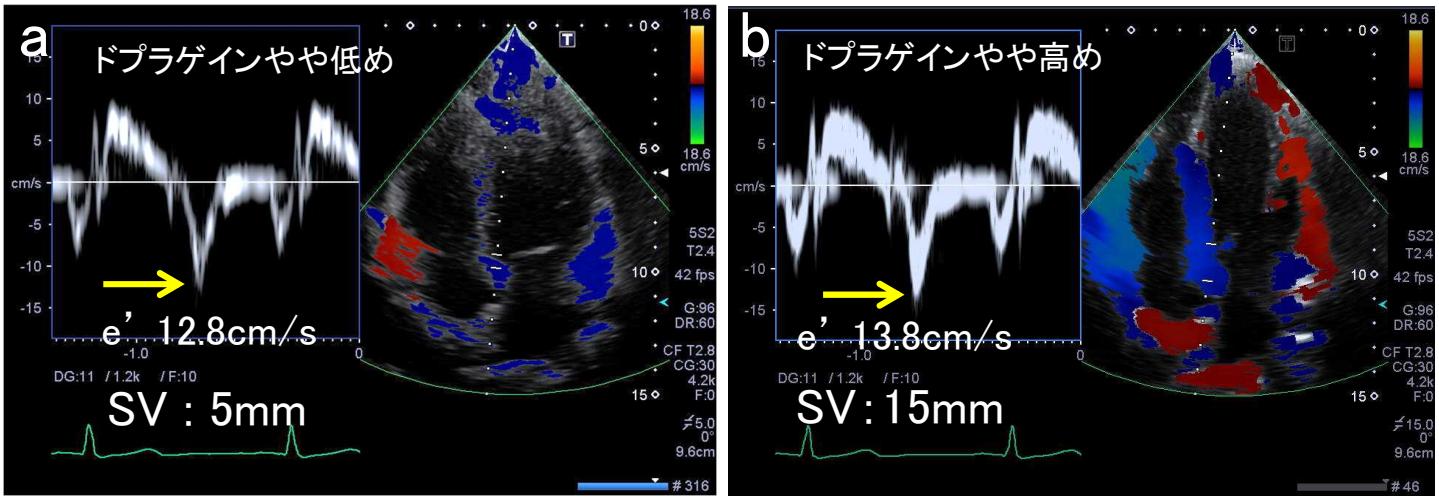
b



2）僧帽弁輪部運動速度波形記録時の留意点

① 装置の条件設定

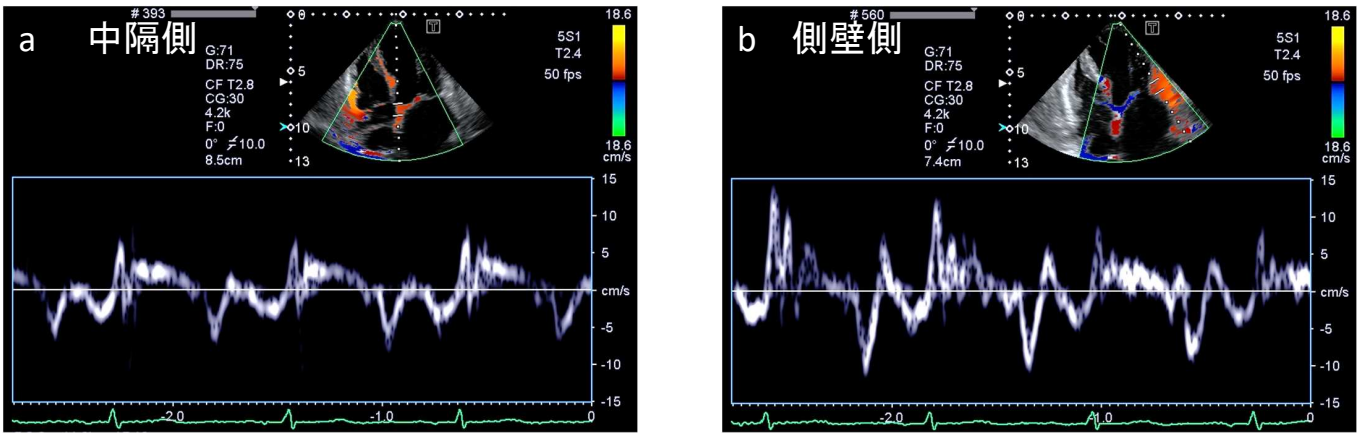
- SVサイズは、弁輪部の動きに外れないように大きめに設定（5～10mm）する. また大きすぎても計測値に差異が認められる事に留意する（b）.
- ドプラゲインは、やや低めに設定することで波形のブルーミング（にじみ）を防止できる（a）.
- 各社装置間で計測値に差異を認める場合があるので、同一患者のフォローアップは可能な限り同じ装置で行うことが推奨される.



健常者（同一例）

② e’測定時の留意点

- 弁輪部運動の測定では、ドプラビーム方向が弁輪部の運動方向と平行になるように心尖四腔像を設定する（a, b）.
- 特に左室および右室側壁側の弁輪部運動の測定は、特に注意して断面を設定すること（b：ドプラビームの入射角度は 20度以内に設定）.



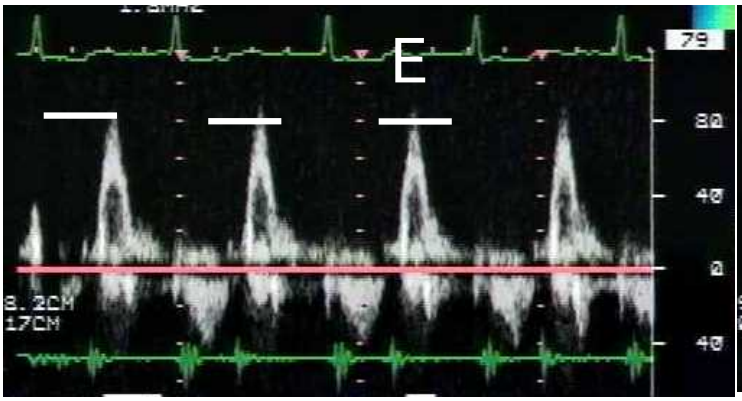
③ 僧帽弁輪部運動速度波形に影響する因子

- 不整脈･･･ 心室ペーシング、左脚ブロックなど.
- 局所左室壁運動異常、収縮性心膜炎など.
- 僧帽弁疾患･･･狭窄（リウマチ性、石灰化）、僧帽弁輪部石灰化、人工弁置換術、人工弁輪形成術など.

3）心房細動時の対応

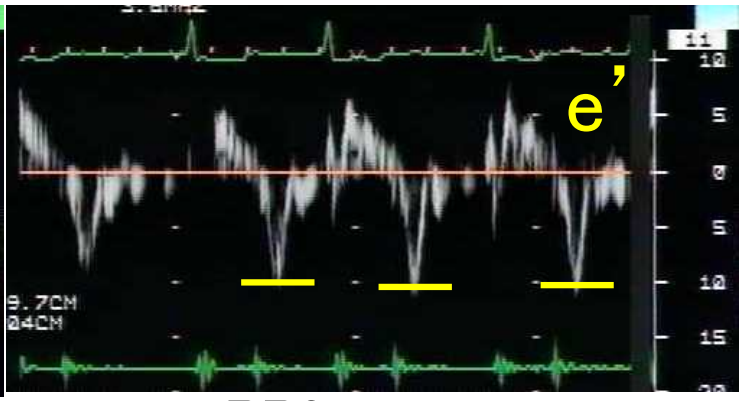
- E、DT、e’の測定において、少なくとも5心拍の平均値を採用.
- または、R-R間隔の揃った3拍目（RR0）を計測する.

左室流入血流速度



RR2 ≒ RR1 ≒ RR0

僧帽弁輪部運動速度



RR2 ≒ RR1 ≒RR0

RR2：先先行R-R、RR1：先行R-R、RR0：計測対象R-R

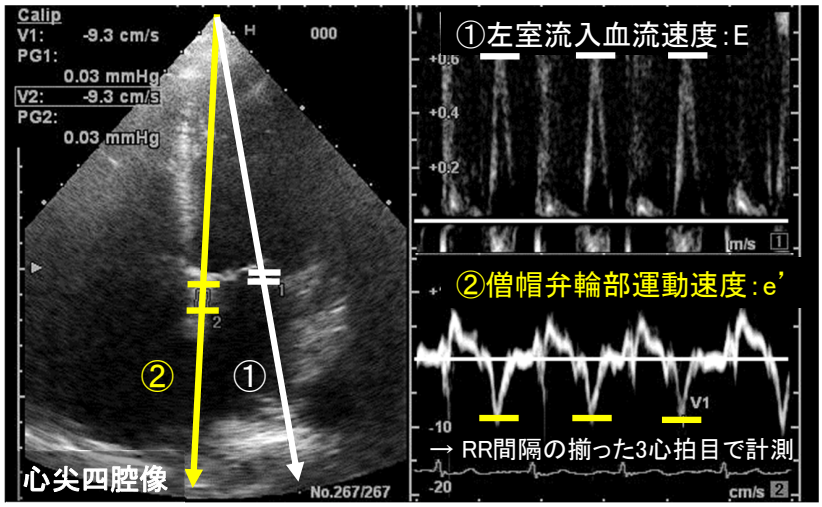
4）E/e’測定時の留意点

① dual Doppler 法の活用 ・・・ 心拍毎の計測が可能（図）

② E/e’の適応と限界

- 肺動脈楔入圧と良好な相関があるとされるが適応疾患に留意.
- EF の保たれた不全心（HFpEF）に適用（高血圧心など）.

→ 左房容積測定必須



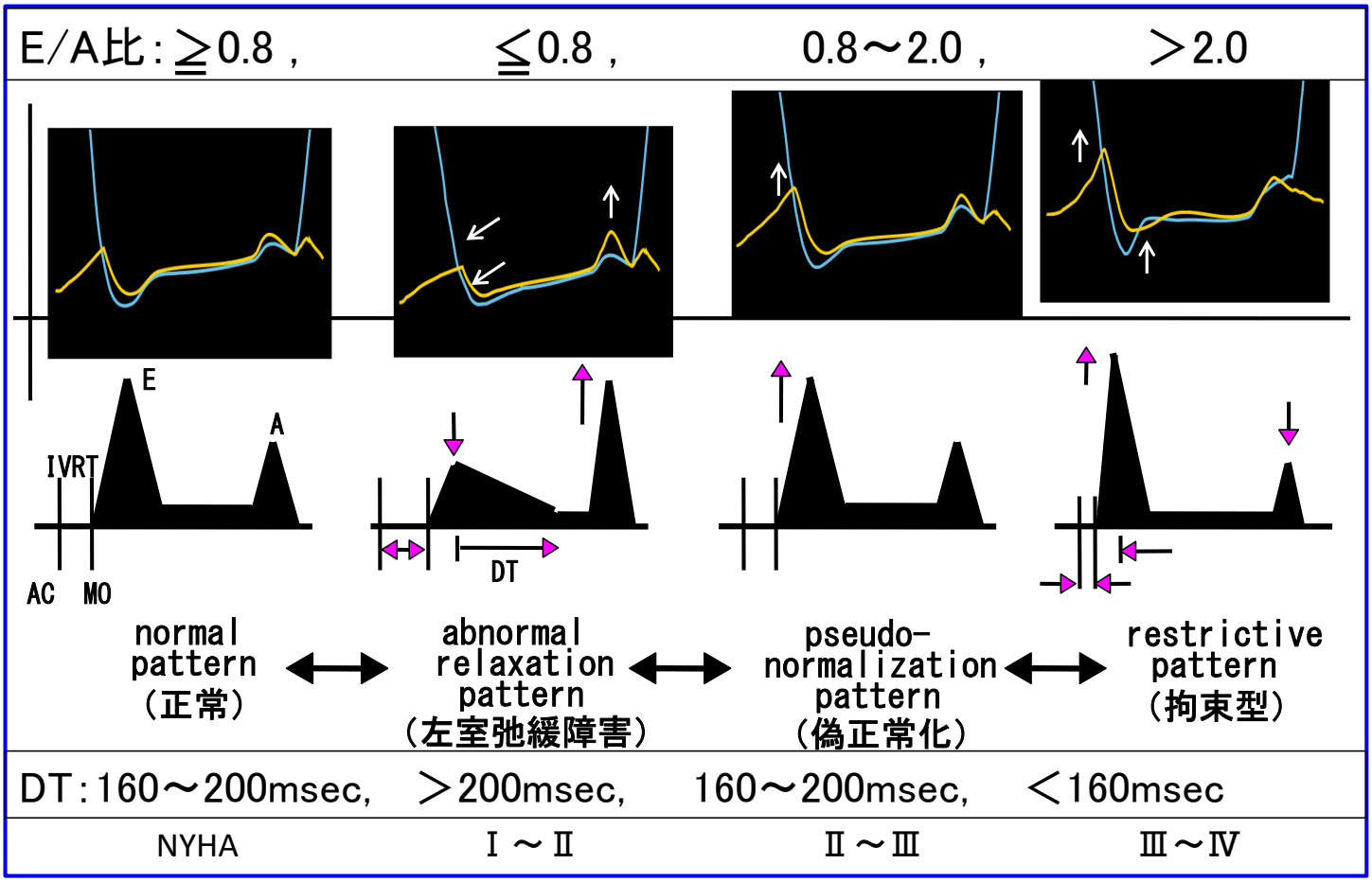
- EF の高度低下例は不適とされる（拡張型心筋症など）.

→ E波減速時間（DT）と相関

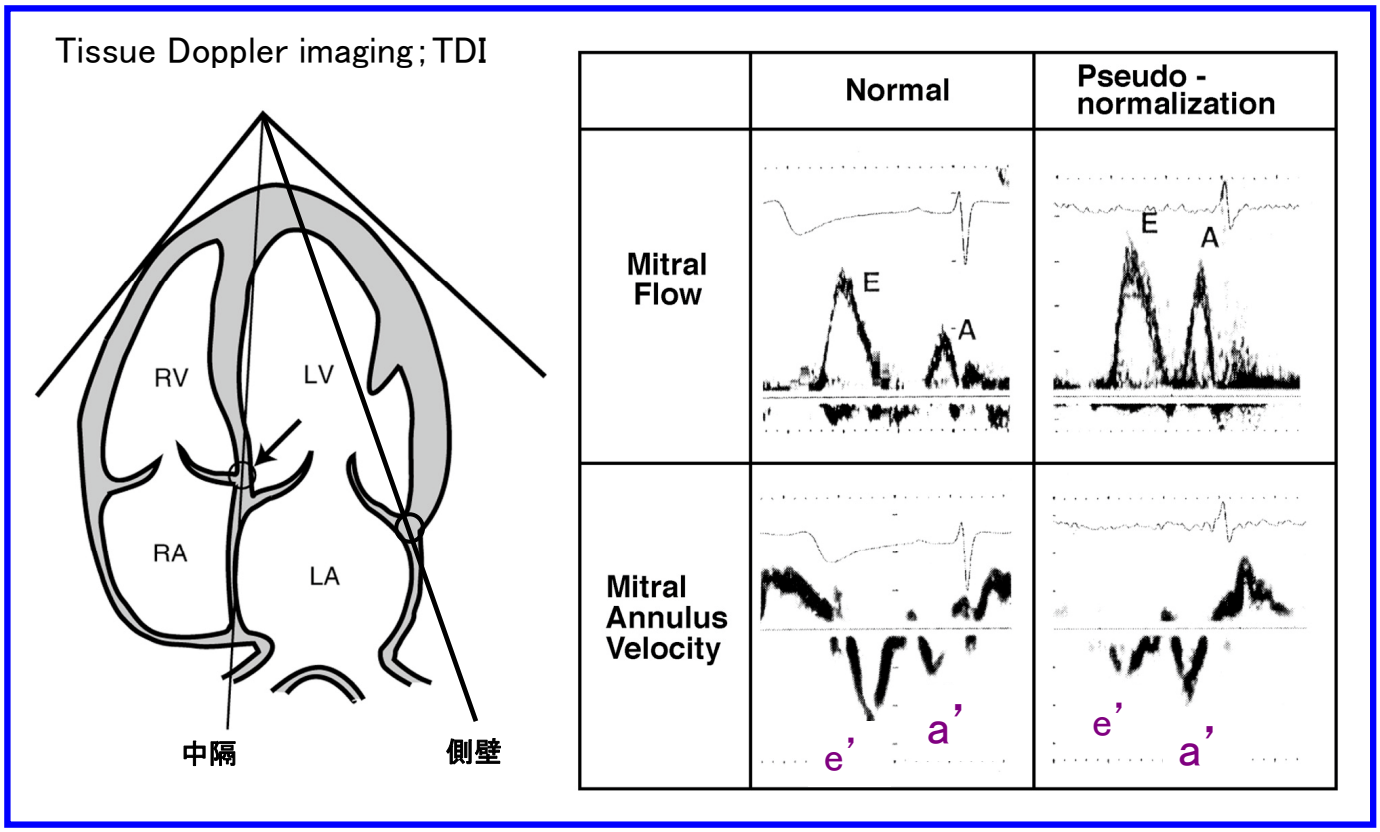
- 僧帽弁狭窄、僧帽弁輪石灰化、人工弁、人工弁輪など → 不適
- 他に重度弁逆流、局所機能異常例（虚血心、肥大型心筋症、収縮性心膜炎など）など不適とされている.

5）拡張機能評価

① 拡張不全に伴う僧帽弁口血流速度波形の変化



② パルス組織ドプラ（TDI）法による僧帽弁口血流速度波形の正常と偽正常化の鑑別[8)]



（図は Echo Manual 3rd ed. 2007 から引用改変）

基準値　：　中隔：e'≧8cm/sec.，側壁：e'≧10cm/sec.，

8) Oh JK, et al : the Echo Manual 3rd ed. : 126, 2007

③ 僧帽弁口血流速度波形 L波とは[9)]

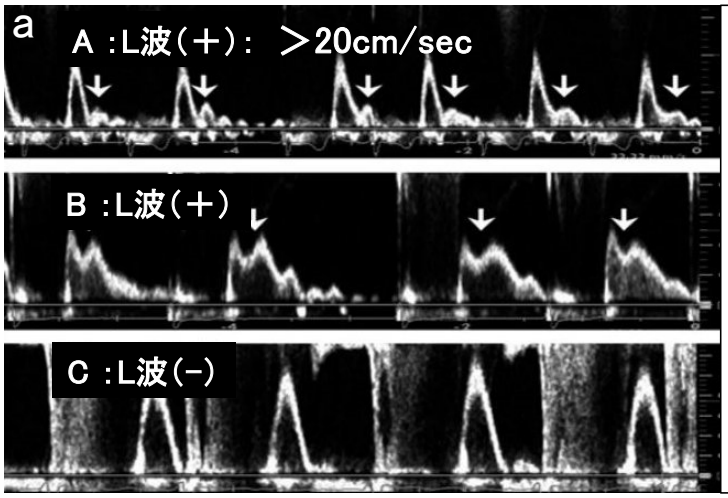
- 左室拡張障害例では、E波と A波の間に L波と呼ばれる低速の流入波形が認められる場合がある（≧20cm/s）. 左房圧上昇のサインで徐脈でより出現しやすい.
- 正常例でも徐脈で認められることがあるが、L波速度＜20cm/s と遅いので識別可.

□ 左房圧の上昇
□ 進行した弛緩障害

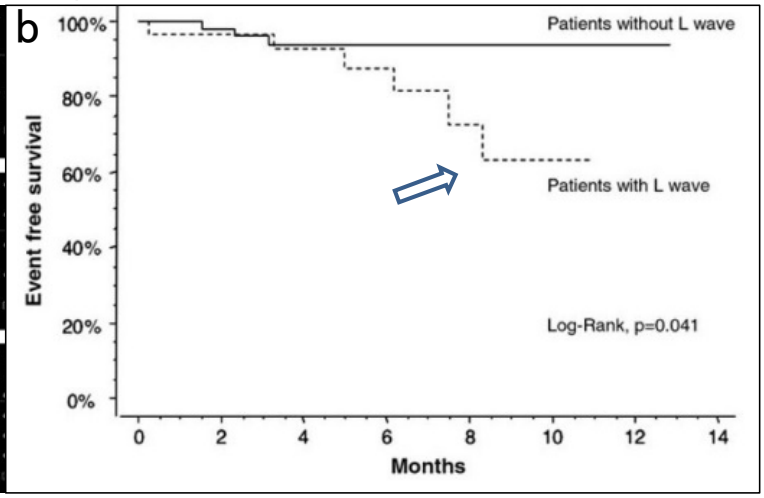
→

□ 重度拡張障害の簡便な指標（a）
□ 予後不良のサイン（b：矢印）

慢性心房細動患者



Kaplan-Meier event free survival between patients with mitral L wave and those without



（図：a, b は本文から引用一部改変）

- C に比べ A、Bでは高齢女性に多い（a）.

→ 左房容積↑、E/e'↑、BNP↑

9) NAKAI H et al : Circ J. 2007 ; 71 : 1244-1249

④ 新ガイドラインによる拡張機能評価[10)]

左室拡張機能に関する左室弛緩・充満圧と断層ドプラ指標

	正常	Grade I	Grade II	Grade III
左室弛緩	正常	障害	障害	障害
左房圧（平均）	正常	正常 or 低値	上昇	上昇
E/A比	≥0.8	≤0.8	>0.8 to <2	>2
E/e' 比（平均）	<10	<10	10–14	>14
TR 逆流最大速度 (m/sec)	<2.8	<2.8	>2.8	>2.8
左房容積係数	正常	正常 or 増加	増加	増加

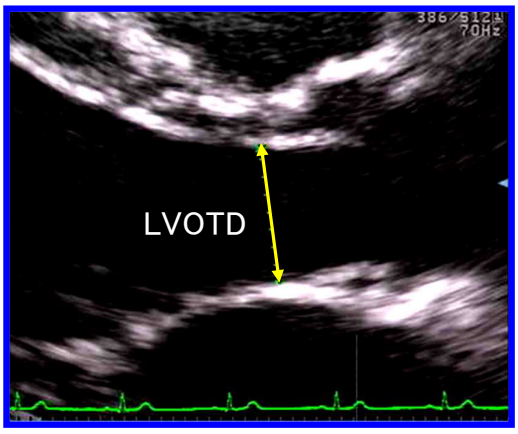
10) ASE & EACVI Guidelines 2016;29:277-314.

14. パルスドプラ法による心拍出量の測定

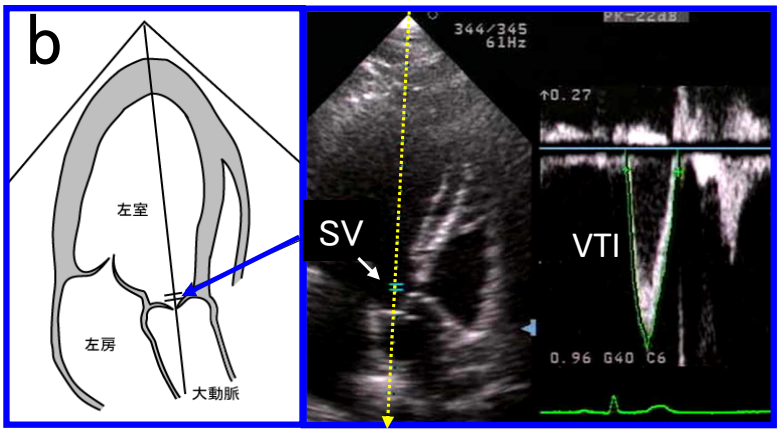
1）撮り方のポイント

① 左室流出路径（LVOTD）の計測は関心領域を拡大し、収縮中期の大動脈弁右冠尖のつけ根から弁直下までを測定する（a：矢印）.

a



b



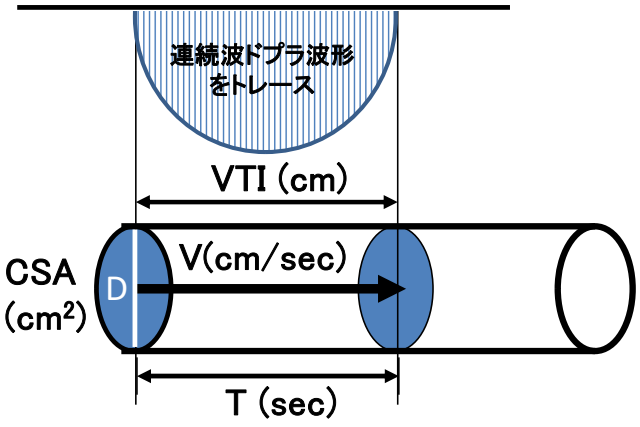
② ドプラ法による VTI（velocity time integral）測定は心尖三腔または五腔断面にて行い、ドプラビームは駆出血流方向と可及的平行になるように設定する（b：入射角度20°以内）.

③ SV（sample volume）設定位置は、収縮期時相に大動脈内に入らないように弁輪線中央やや流出路側に設置する（b：矢印）.

2）測定法の理解

- 流出路弁輪部面積（CSA）から血流 V（cm/sec）が、ある一定時間（T）に何cm進んだかが VTI（流速積分値）であり、CSA に VTI を乗じることで円柱の容積（1回拍出量：SV）が求められる（図）.

→ 左室流出路弁輪部断面の形態を正円と仮定：断面積CSA（cm^2）



$CSA(cm^2) \times VTI(cm) = SV(ml)$

$CSA = \pi r^2$

or

$CSA = 3.141 \times (D/2)^2$

or

$CSA = 0.785 \times D^2$

VTI 基準値：18cm～22cm

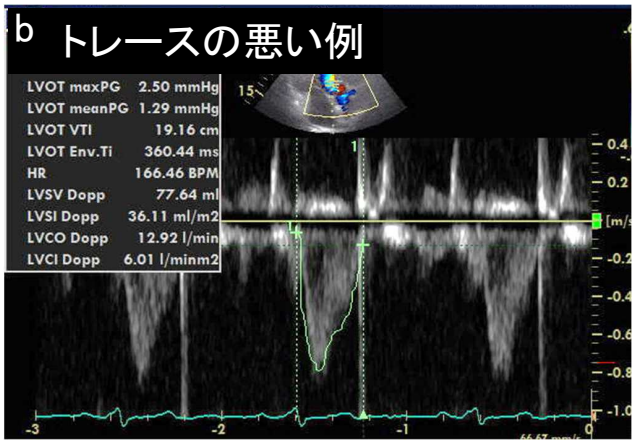
CSA : cross sectional area

心拍出量（L/min）＝CSA（cm^2）×VTI（cm）×心拍数／1000

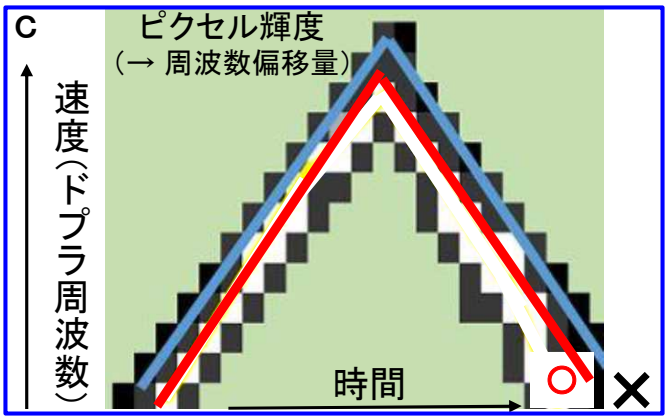
- VTI値が基準値以下（＜18cm）の場合には入射角度、左室流出路径などの計測に不備がないか再確認する.
- 中等度以上の大動脈弁逆流の存在下では CO を過大評価するので計測不可.
  → 必要ならば他部位（肺動脈 or 僧帽弁口部）で計測する.

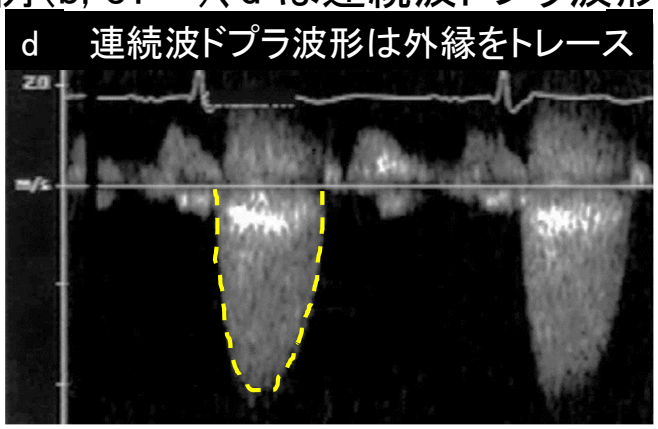
3）VTI 計測時の留意点

- 流速積分値（VTI）波形のトレースは外縁ではなく、ピクセル輝度の高い部位（周波数偏移量が大きい）のやや外側を計測する（a, c：red line）.



- トレースの良い例（a, c：○）と悪い例（b, c：×）、d は連続波ドプラ波形





15. 経大動脈弁口・肺動脈弁口血流の測定

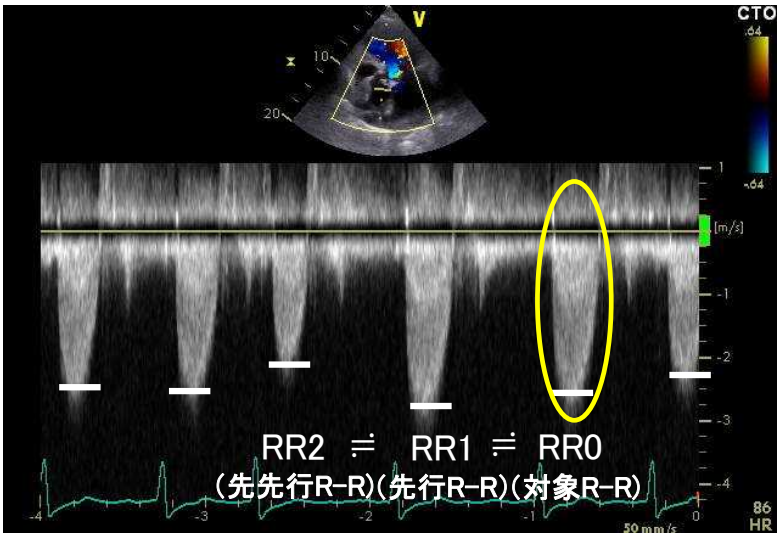
1）連続波ドプラ法による弁口血流の検出

- 超音波ビームは駆出血流方向と可及的平行に設定する.
  → 20° 以内に設定し、角度補正は行わない.
- 両弁口部とも最大血流速度が 2.0m/sec.を越えると流出路ないし弁口部の狭小化が疑われる. → 要原因精査

2）心房細動（AF）時の撮り方

- 心機能は心拍毎に変化する.
- 5心拍の平均値計測または RR0 を計測（ほぼ平均速度値）
- RR 間隔の揃った3心拍目を計測

心尖部五腔像による経大動脈弁口血流

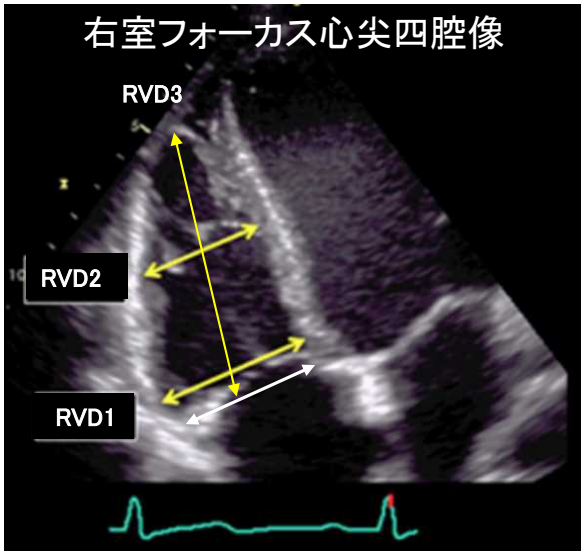


16. 右心系の精査[11)]

1）右室・右房・肺動脈径の測定

① 右室径の計測（基部短径・中部短径・長径）

- 左室心尖部をセクターの中心に描出して、基部短径RVD1が最も大きく描出された断層像を描出して計測する（右室フォーカス心尖四腔像）.
- 右室基部短径（RVD1）、右室中部短径（RVD2）、右室長径（RVD3）を拡張末期時相で計測し、RVD2は左室乳頭筋レベルで右室径が最大となる部位で計測する.
- 右室長径（RVD3）は、三尖弁輪線上から右室心尖部までの最長径を計測する.



（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用改変）

正常値
RVD1：33±4mm（範囲：25-41mm）
RVD2：27±4mm（19-35）
RVD3：71±6mm（59-83mm）

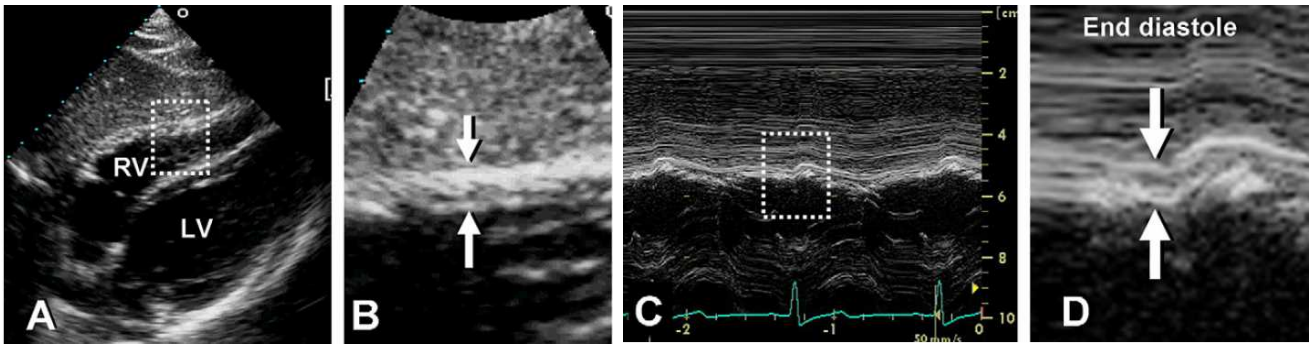
＊RV腔拡大の目安＊
RVD1 ＞41mm、RVD2 ＞35mm

② 右室径測定時の留意点

- 右室フォーカス心尖四腔像を描出し、右室基部径（RVD1）は基部1/3の中で最大の短径を計測する.
- 右室中部径は、乳頭筋レベルで右室中部1/3の短径を測定する（基部径と心尖部のほぼ中間）.
- 右室長径は、右室短径（基部・中部）のほぼ中点上を通過する三尖弁輪線上から右室心尖部までの最長径を計測する（①図）.

③ 右室壁厚の測定

（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用）



心窩部四腔像　ズーム画像　心窩部右室壁Mモード像　ズーム画像

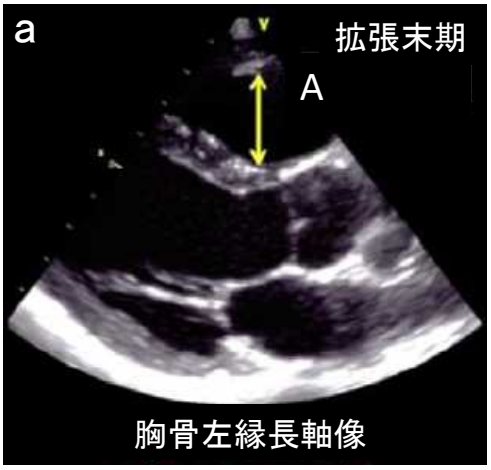
- 心窩部四腔像にて三尖弁前尖付近の右室壁厚を断層像（A、B）またはMモード像（C、D）で計測を行うが（拡張末期ズーム画像）、肉柱・乳頭筋・心外膜脂肪などを含まないように留意する.

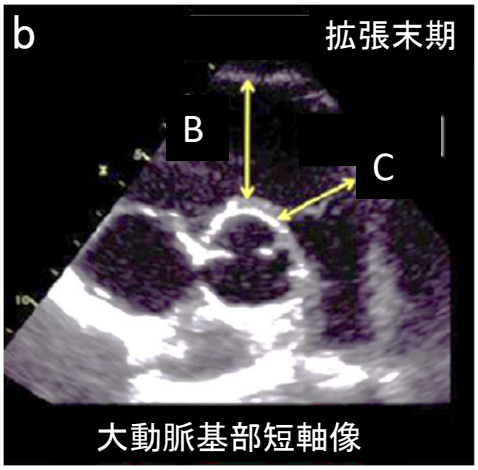
正常値　右室壁厚（RVWTh）：3±1mm（平均±標準偏差）、 1- 5mm（正常範囲）

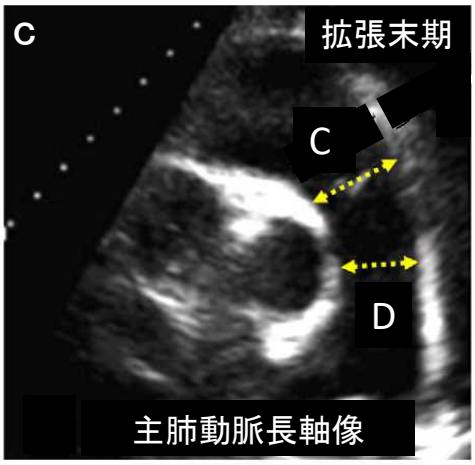
④ 右室流出路径・肺動脈径の計測

- 右室流出路近位部径（A、B）は、胸骨左縁長軸像（a）または大動脈基部短軸像（b）から拡張末期時相で計測する. また右室流出路遠位部径（C）は大動脈基部短軸像で肺動脈弁直下近位部の横径を計測する.
- 一方、主肺動脈径（D）は、主肺動脈長軸像から最大肺動脈径を拡張末期時相で計測する（c）.

（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用）





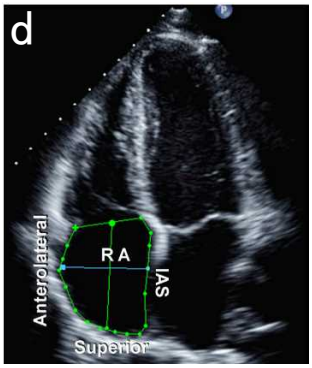


A：左室長軸右室流出路径	B：右室流出路近位部径	D：主肺動脈径
	C：右室流出路遠位部経	
正常値		D：15–21mm
A：25±2.5mm（20–30）	B：28±3.5mm（21–35）	D：＞30mm（拡大）
B：＞35mm（拡大）	C：22±2.5mm（17–27）	C：＞27mm（拡大）

⑤ 右房の計測：長径・短径、右房容積

- 右房フォーカスの心尖四腔像（d）で右房長径、短径を右房が最も大きくなる心室収縮末期時相で計測する.
- 長径は三尖弁輪線の中点から右房上部壁までを計り、短径は長軸長1/2と直交する心房中部の側壁から心房中隔までの左右横径を計測する.
- 新しいガイドラインの径計測値は BSA 補正値で求め、また可能な限り右房容積の測定（area–length 法または disk 法）を薦めている.

正常値
- 右房長径/BSA：2.4±0.3cm/m^2（男）
  ：2.5±0.3cm/m^2（女）
- 右房短径/BSA：1.9±0.3cm/m^2（男・女）
- 右房容積/BSA：25±7mL/m^2（男）
  ：21±6mL/m^2（女）



（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用）

2）右室機能の評価

① 三尖弁輪移動距離（TAPSE＊）の測定

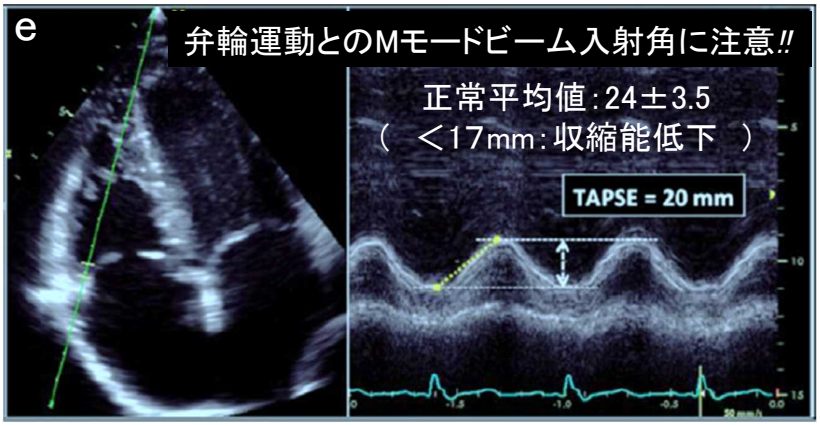
- 右室フォーカスの心尖四腔像にて弁輪運動と可及的平行となるように同部のMモード波形を描出し弁輪移動距離（振幅）を測定する（e）.

＊TAPSE: Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion

- 長軸方向の右室収縮能を表し、全体的な右室機能と相関する指標である.

② FAC（fractional area change：面積縮小率）

- 拡張期と収縮期の右室内腔（肉柱含む）をトレースして右室面積縮小率を算出する.



（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用）

- 右室収縮機能全体を表す指標である. → 35%未満で右室収縮機能低下

RV FAC（右室面積縮小率）＝{（右室拡張末期面積 － 右室収縮末期面積 ）／ 右室拡張末期面積 } × 100

③ RIMP（RV index of myocardial performance ）／ MPI（Myocardial performance index）

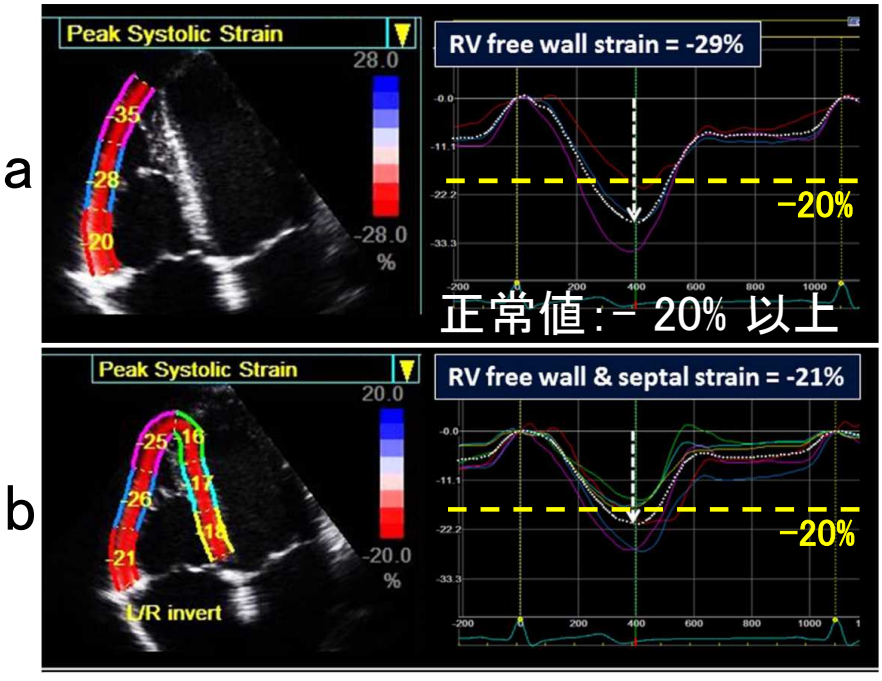
- 右室全体の機能を表す指標で、パルスドプラ法または組織ドプラ法（TDI）を用いて算出される（TEI index と同義）.
  前者は ＞0.43 、後者は ＞0.54 で右室機能低下とされる.
- パルスドプラ MPI は1心拍での測定は出来ないが、TDI 法は可能.

MPI ＝ 等容収縮時間（msec）＋ 等容拡張時間（msec）／ 駆出時間（msec）

skillup

2D スペックルトラッキングエコー法による右室収縮機能評価[11)]

- 近年、左室の GLS（global longitudinal strain）と同様に、右室の GLS が測定されるようになってきた. TAPSE よりも右室収縮機能をよく反映する指標として、また予後の予測にも有用であると報告されている.



a：右室自由壁の長軸方向ストレイン（3分画の平均）.
b：右室全体の長軸方向ストレイン（中隔を含む6分画の平均）.

- 右室自由壁のストレインの方が、自由壁と心室中隔を合わせたストレインよりも絶対値は大きい.
- 通常の検査では、a の右室自由壁の GLS が主として測定されている.

（図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用改変）

3）右室機能指標の正常値[11)]

ASE/EAC Cardiovascular Guidelines 2015

Parameter	Mean±SD	Abnormality threshold
TAPSE (mm)	24±3.5	＜17
Pulsed Doppler S wave (cm/sec)	14.1±2.3	＜9.5
Color Doppler S wave (cm/sec)	9.7±1.85	＜6.0
RVFAC (%)	49±7	＜35
RV free wall 2D strain* (%)	−29±4.5	＞−20
RV 3D EF (%)	58±6.5	＜45
Pulsed Doppler MPI	0.26±0.085	＞0.43
Tissue Doppler MPI	0.38±0.08	＞0.54
E wave deceleration time (msec)	180±31	＜119 or ＞242
E/A	1.4±0.3	＜0.8 or ＞2.0
e'/a'	1.18±0.33	＜0.52
e'	14.0±3.1	＜7.8
E/e'	4.0±1.0	＞6.0

＊ストレイン値は機械やソフトウェアにより数値が異なることがある.

TAPSE：Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion, RVFAC：RV fractional area change
MPI：Myocardial performance index

4）右心腔サイズの正常値（日本人 成人）[7)]

心尖四腔断層像	男性	女性
右室拡張末期短径（cm）	3.1±0.5	2.8±0.5
右室拡張末期面積（cm^2）＊	16±4	13±3
右室拡張末期面積/BSA（cm/m^2）＊	9.0±2.0	9.0±2.0
右室収縮末期面積（cm^2）＊	9±3	7±2
右室面積変化率（RVFAC）（%）	44±13	46±11
右房収縮末期短径（cm）	3.4±0.5	3.1±0.5
右房短径/BSA（cm/m^2）	2.0±0.3	2.1±0.3
右房収縮末期長径（cm）	4.5±0.6	4.2±0.6
右房長径/BSA（cm/m^2）	2.6±0.3	2.8±0.4

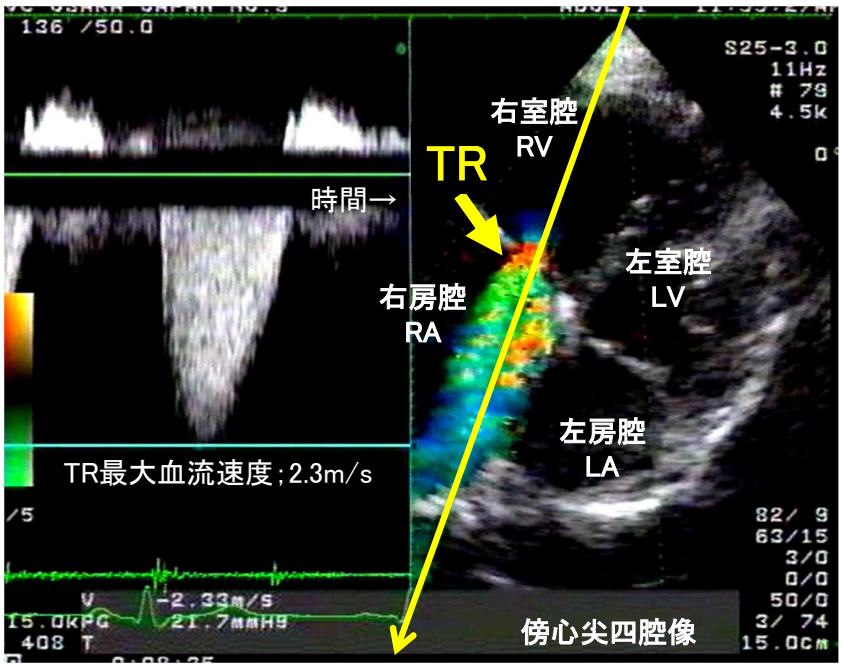
＊右室面積の計測では、右室フォーカスの心尖四腔像を描出して拡張末期、収縮末期像のそれぞれで、右室心内膜を外側三尖弁輪から自由壁を通って心尖部、中隔を経て内側三尖弁輪まで手動でなぞり、面積を測定する. なお、肉柱、乳頭筋、調節帯などは心腔内に含める.

7) Daimon, M et al : the JAMP study. Circ J 72 : 1859-1866, 2008

5）三尖弁逆流から収縮期肺動脈圧を推定

① 収縮期肺動脈圧 ＝ 4×V²（TR pV）＋推定右房圧
（SPAP：mmHg）　（m/sec）　（RAP：mmHg）

- TR 最大流速から簡易ベルヌーイ式：
  ΔP＝4･V² に推定右房圧（通常は3mmHg）を加えて SPAP を推定
  →ΔP＝4×2.3²＋3mmHg≒24mmHg（SPAP）



ΔP＝SRVP－推定RAP
SRVP＝ ΔP＋推定RAP
SRVP＝4･V²＋推定RAP
SRVP＝4･2.3²＋推定RAP
SRVP＝22＋3 （推定RAP≒3mmHg）
SRVP＝25mmHg
SRVP＝SPAP
（肺動脈弁狭窄がない場合）
SRVP：収縮期右室圧
SPAP：収縮期肺動脈圧
RAP：右房圧，TR：三尖弁逆流
TR pV：三尖弁逆流ピーク流速
ΔP＝圧較差，V=血流速度（流速）

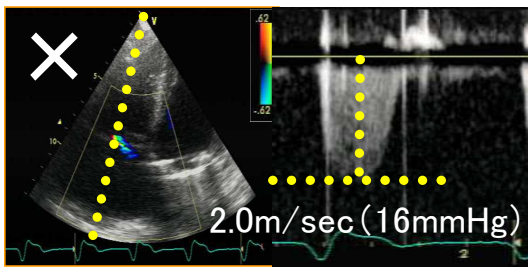
肺高血圧症（PH）の重症度

	収縮期肺動脈圧
正常	18～25mmHg
軽度	30～40mmHg
中等度	40～70mmHg
高度	＞70mmHg

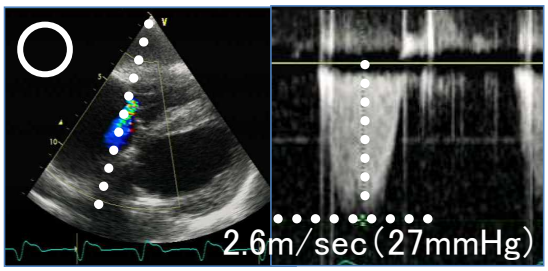
skillup

＊断面設定が重要＊

- 超音波ビームは弁逆流方向と可及的平行になるように設定.
- 弁尖上部の吸込み血流（PISA）が描出された断面で測定する.

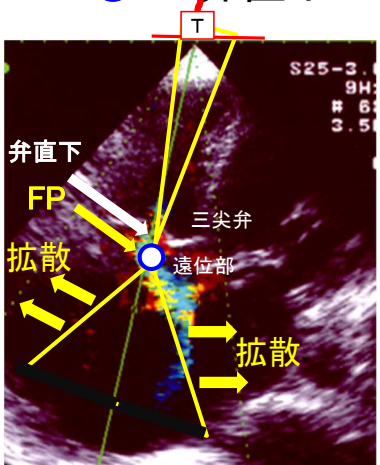


同一例



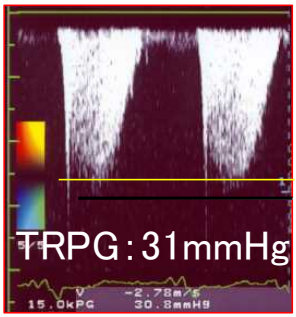
＊ドプラフォーカスポイントの設定位置が重要＊

- フォーカスポイント（FP）○を過ぎるとビームはただちに拡散する.
- FP ○ は弁直下から1cm 程度、遠位部に設定するのがコツ.

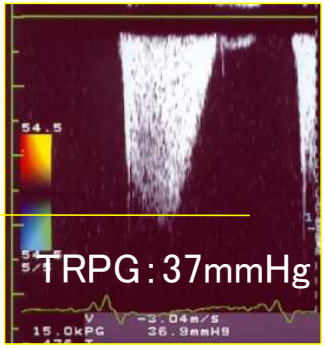


FP○を遠位部に設定

FP○を弁直下に設定



同一例

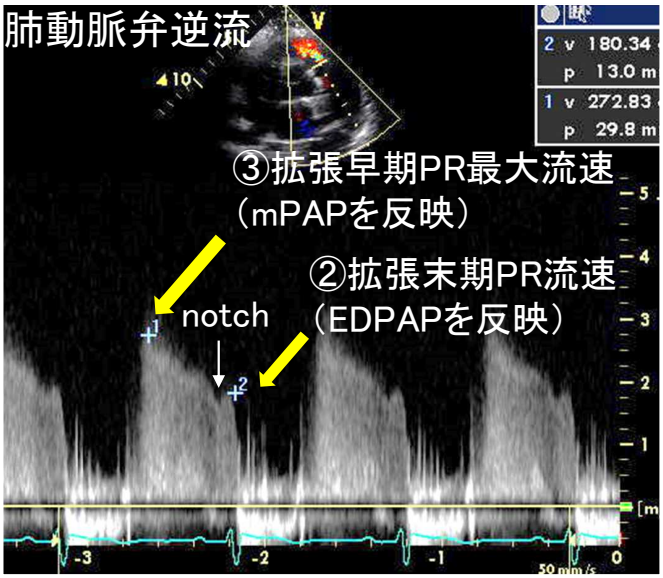


6）肺動脈弁逆流から拡張末期肺動脈圧および平均肺動脈圧を推定

① 拡張末期肺動脈圧＝4･V（拡張末期PR流速）^{2}＋推定右房圧
（EDPAP：mmHg）　（m/sec）　（RAP：mmHg）

② 平均肺動脈圧＝4･V（拡張早期PR最大流速）^{2} ＋（推定右房圧）
（mPAP：mmHg）　（m/sec）　（RAP：mmHg）

③ 平均肺動脈圧＝ EDPAP＋（収縮期肺動脈圧― EDPAP）/3
（mPAP：mmHg）　（SPAP：mmHg）

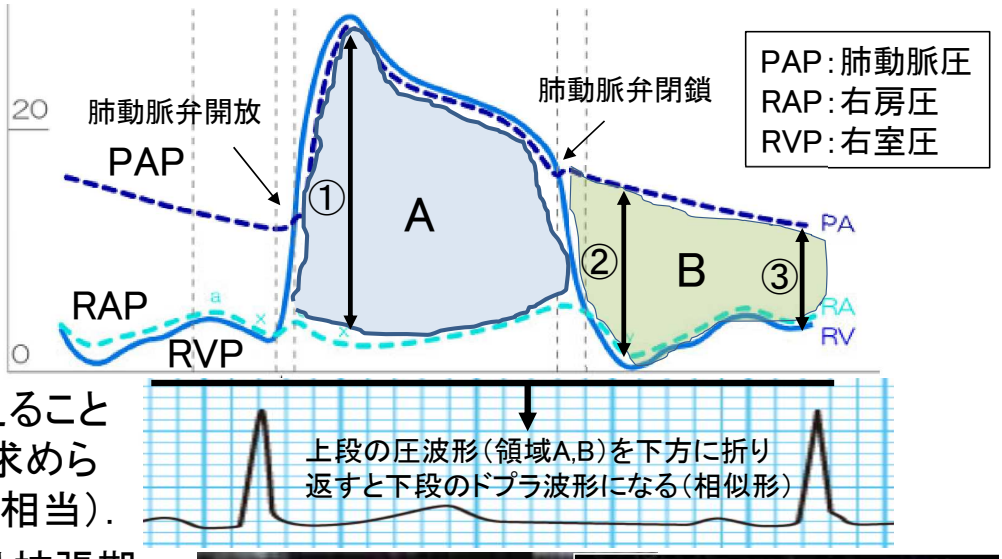


- EDPAP から 肺動脈楔入圧（PCWP）が推定できるが、肺血管抵抗が低い場合に限る.
- EDPAP ≒ PCWP ≒ 左室拡張末期圧（LVEDP）≒ 平均左房圧（mLAP）
- 左心性心疾患に伴う肺高血圧症に適用され、肺動脈性肺高血圧症など肺血管抵抗が高い例では適用不可.
- ②の計測部位は拡張末期に見られる切れ込み（notch：細矢印）の手前ではなく notch の後のピークで計測する. この notch は右房収縮による右室圧上昇に起因する. PH では notch は小さくなり、AFで消失する.

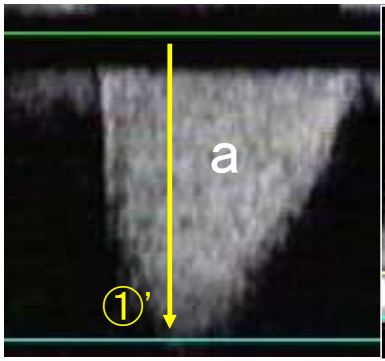
skillup

右心系圧曲線と TR & PR ドプラ波形との関連

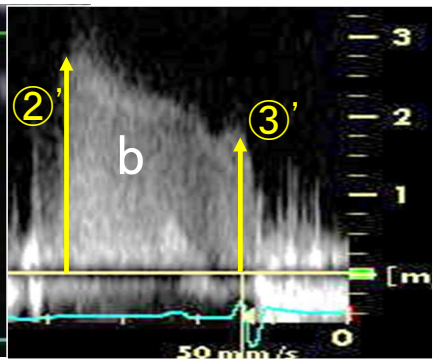
- 三尖弁逆流血流速波形（a）は収縮期における右室−右房圧較差（RVPとRAPに囲まれた領域：A）を反映し、ピーク血流速①'が圧波形の矢印①に示す圧較差（RV−RA）を反映する.
これに推定右房圧を加えることで収縮期最大右室圧が求められる（収縮期肺動脈圧に相当）.



- 肺動脈弁逆流波形（b）は拡張期における肺動脈−右室圧較差（肺動脈圧と右室圧に囲まれた領域：B）を反映し、ピーク血流速②' および拡張末期血流速③'が各々圧波形②、③矢印に示す圧較差を反映する. 各々推定右房圧を加えると②は平均肺動脈圧、③は拡張末期肺動脈圧に近い値が得られる.



三尖弁逆流血流速波形



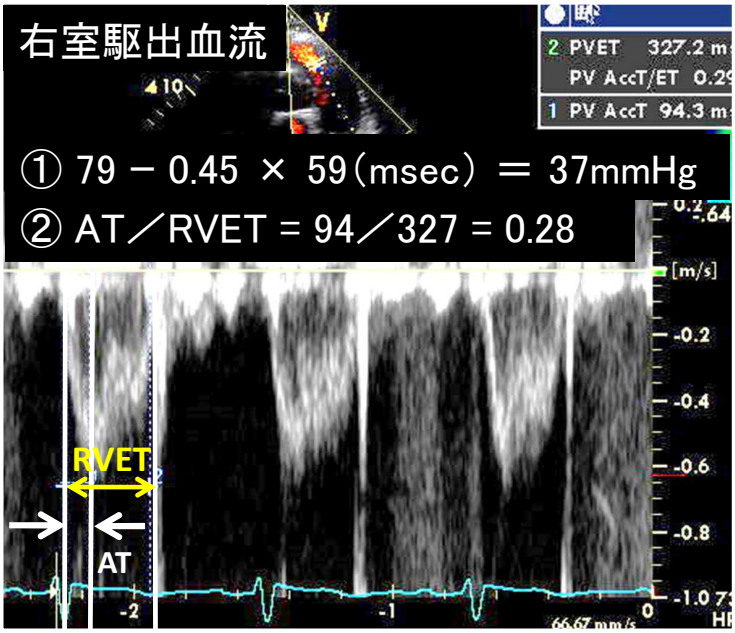
肺動脈弁逆流血流速波形

7）右室駆出血流から平均肺動脈圧を推定

① 平均肺動脈圧 ＝ 79 − 0.45 × AT（msec）･･･（HR：60～100の範囲内）
（mPAP：mmHg）

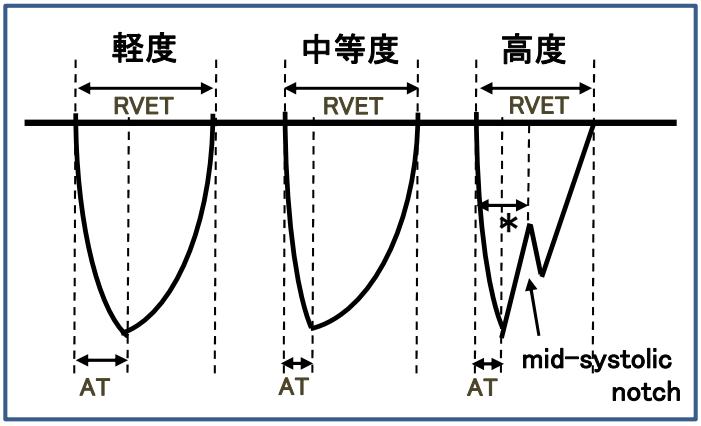
② AT（msec）／ RVET（msec）＝ ＜0.3（平均肺動脈圧 ＞30mmHg を反映）

- 右室駆出血流波形記録時にはSVの設定部位に留意 → 弁尖手前中央部に設置
- 駆出血流速度波形の立ち上がりから最大流速に達する時間（AT）と右室駆出時間（RVET）の比率が＜0.3未満の場合、平均肺動脈圧は30mmHg以上と推定される



- AcT＜105msecと短い程、また二峰性波形 mid-systolic notch を認め（矢印）、持続時間が短い程、高度PHと判定＊

AT: acceleration time, RVET: RV ejection time

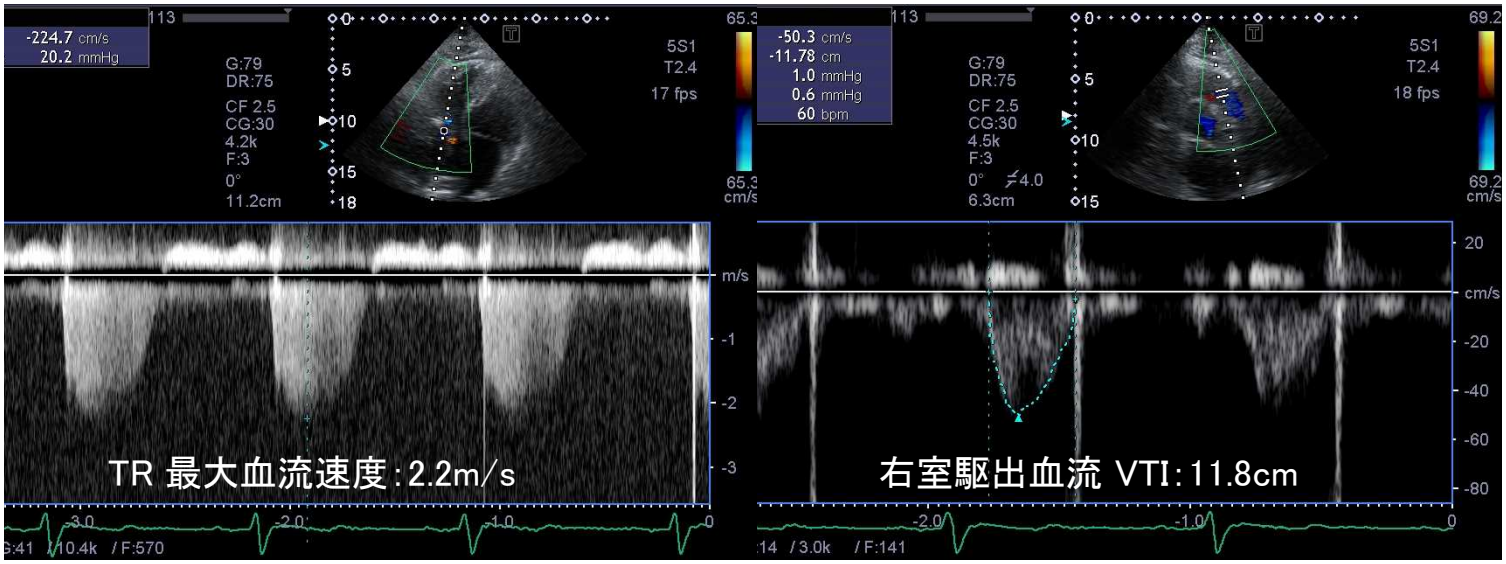


8）三尖弁逆流と右室駆出血流から肺血管抵抗（PVR）を推定[12)]

- PVR ＝ TR $pV_{(m/sec)}$ / $VTI_{RVOF(cm)}$ ×10 （Wood 単位：WU）

但し、TR pV / VTI_{RVOF} ＞0.275 の場合 PVR → ＞6WU の可能性大

その場合 PVR ＝ TR pV^2 / VTI_{RVOF} 式を採用 （TVI_{RVOF}：右室駆出血流波形の流速積分値）



PVR = TR pV / VTI_{RVOF} ×10 = 2.2m/sec /11.8cm ×10 = 1.9 WU

（正常値： ＜ 2WU）

12) Abbas,AE et al : Noninvasive Assessment of Pulmonary Vascular Resistance by Doppler Echocardiography . J Am Soc Echocardio gr. 26 : 1170-1177, 2013

資料(1)

Mモード法の応用

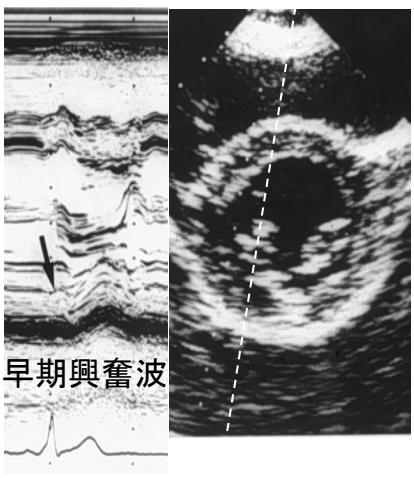
1)距離分解能に優れている. → 距離計測(内径、構造物の厚さなど)

2)時間分解能に優れている. → 時相分析(収縮期時相など)

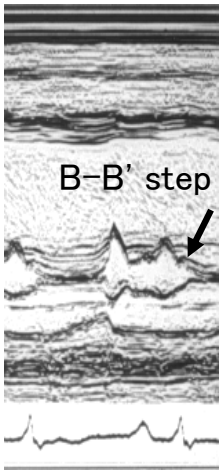
3)ワンポイント分解能に優れている(微小な動きを見逃さない).

→早期興奮波、B-B' step formation、僧帽弁早期閉鎖、僧帽弁拡張期振動など

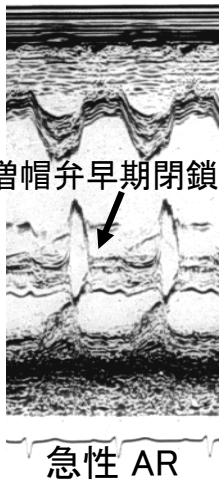
4)波形のパターン認識 → 閉塞性肥大型心筋症のSAM(矢印)など

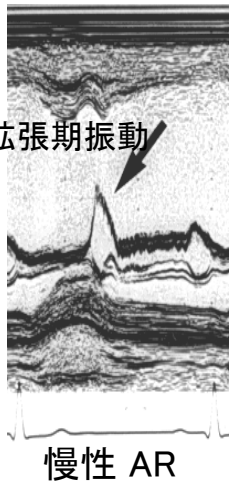


WPW 症候群



拡張型心筋症(DCM)



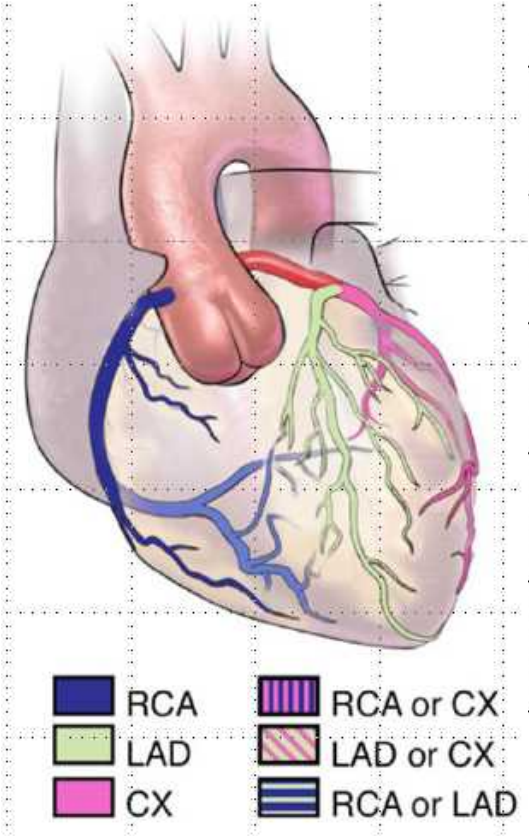


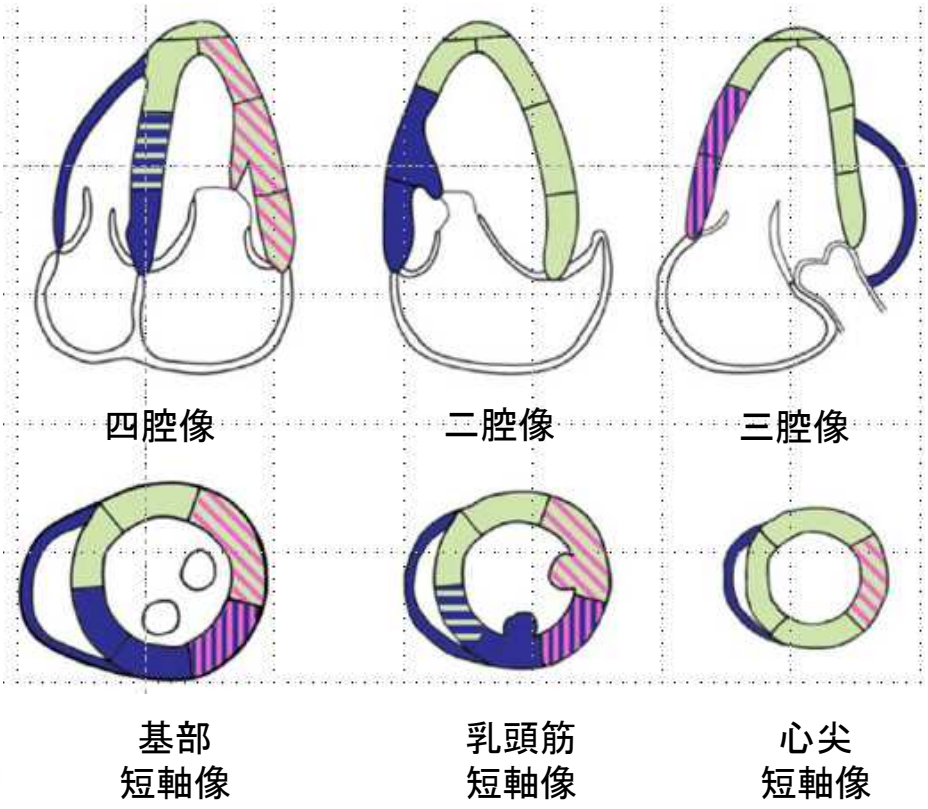
大動脈弁逆流(AR)

閉塞性肥大型心筋症

資料(2)

冠動脈の壁運動支配領域[11)]

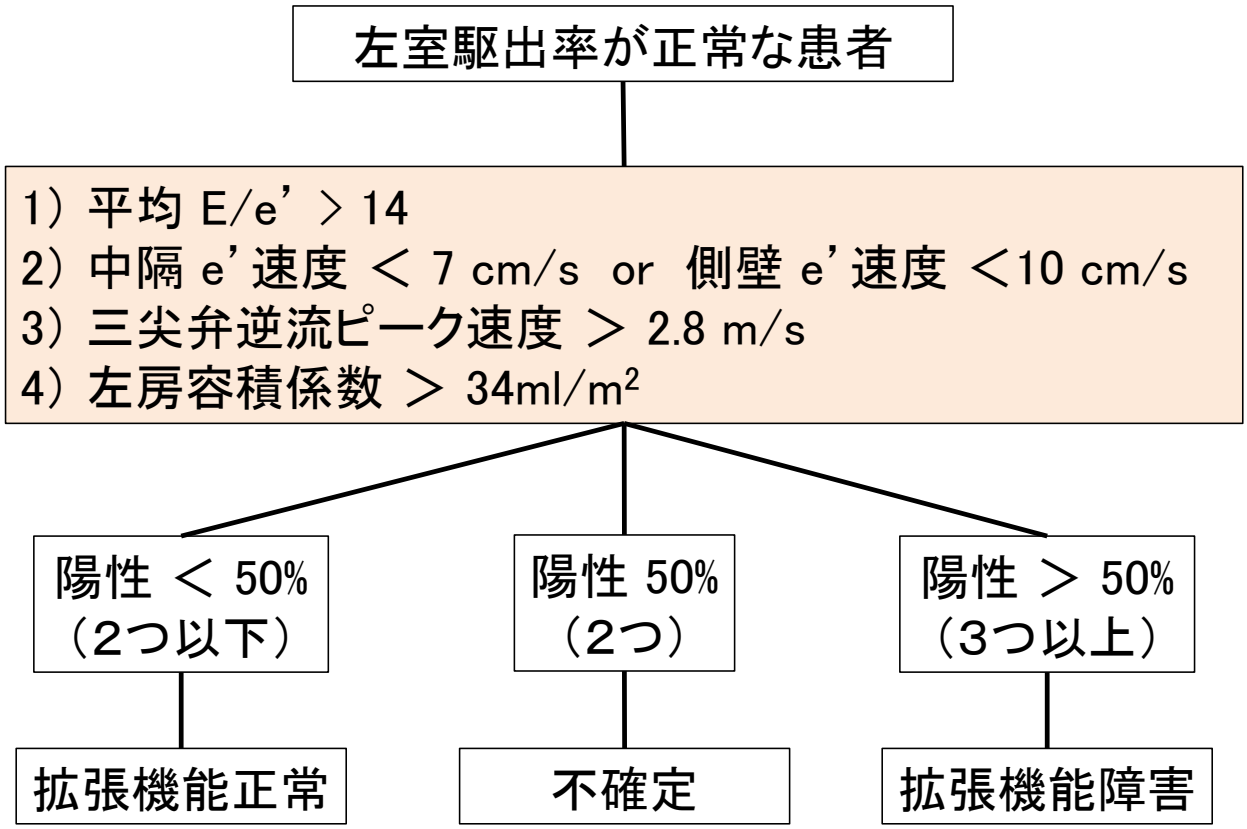




(図は ASE/EAC Guideline 2015 から引用改変)

資料(3)

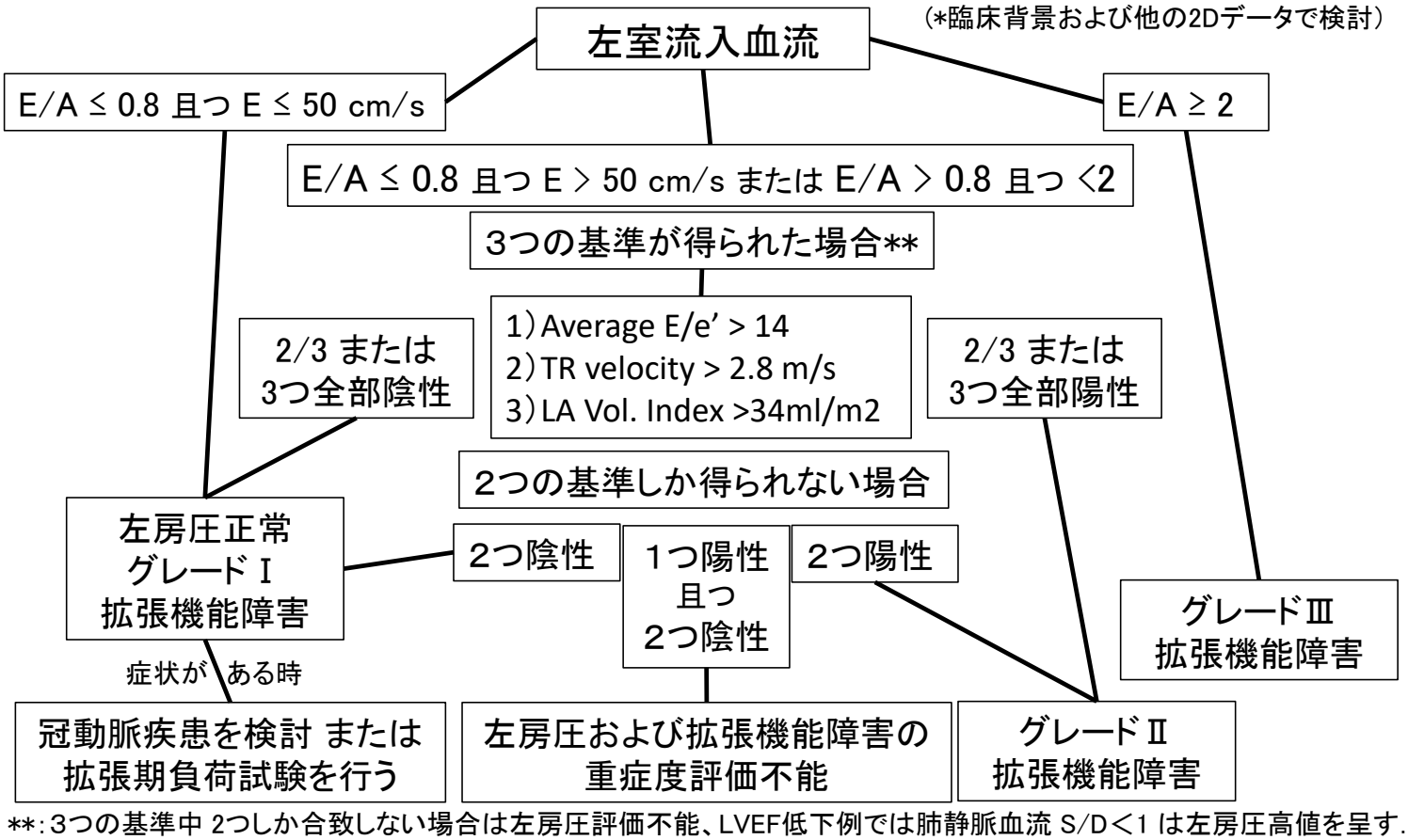
左室駆出率が正常な患者における左室拡張機能障害の診断アルゴリズム[10)14)]



資料(4)

左室充満圧の推定および左室拡張機能の重症度判定アルゴリズム[10)14)]

（LVEFが低下した正常な患者並びに心筋に異常を有するLVEFが正常な患者*が対象）



**:3つの基準中 2つしか合致しない場合は左房圧評価不能、LVEF低下例では肺静脈血流 S/D＜1 は左房圧高値を呈す.

35 資料(5)

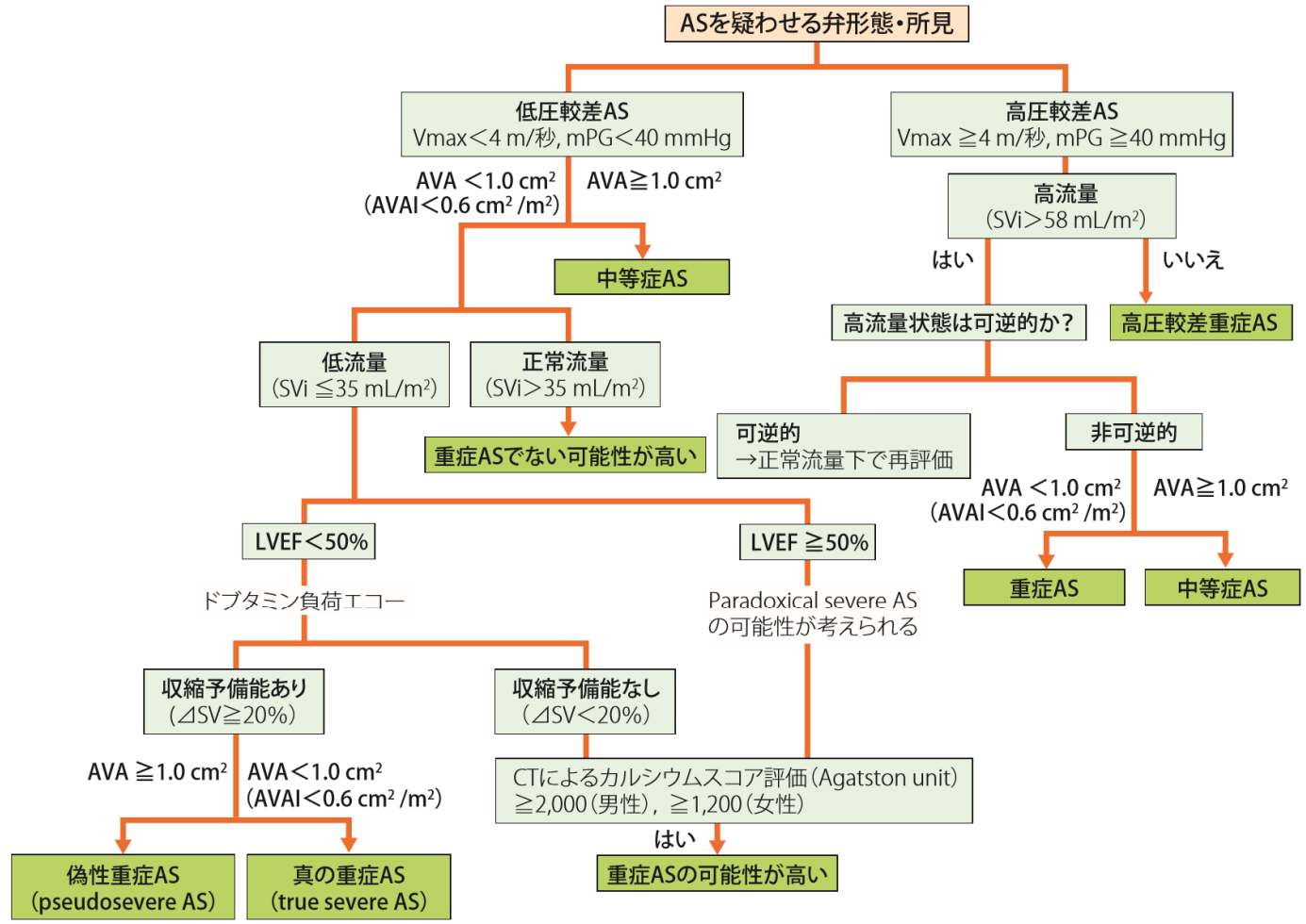
成人弁膜症の重症度評価[13)]

2020年改訂版 弁膜症治療のガイドライン

	(大動脈弁硬化) 軽症	中等症	重症 (超重症)
大動脈弁狭窄症(AS)			
最大血流速度(m/sec)	(≦2.5) 2.6 – 2.9	3.0 – 3.9	≧4.0 (≧5.0)
平均圧較差(mmHg)	<25	25 – 39	≧40 (≧60)
弁口面積(cm2)	>1.5	1.0 – 1.5	<1.0 (<0.6)
弁口面積(cm2)/m2	>0.85	0.85 – 0.6	<0.6
Velocity ratio	>0.50	0.25 – 0.5	<0.25
大動脈弁逆流(AR)			
定性評価・半定量評価			
逆流ジェット幅/左室流出路径の比(%)	<25	25 – 64	≧65
Vena contracta (mm)	<3	3 – 6	>6
定量評価			
逆流量(mL/beat):Volumetric or PISA法	<30	30 – 59	≧60
逆流率(%):Volumetric法	<30	30 – 49	≧50
逆流弁口面積(cm2):PISA法	<0.1	0.10 – 0.29	≧0.3
僧帽弁狭窄(MS)			
平均圧較差(mmHg)	<5	5 – 10	>10
弁口面積(cm2)	>1.5	1.0 – 1.5	<1.0
僧帽弁逆流(MR)			
半定量評価			
Vena contracta (mm)	<3	3 – 6.9	≧7
定量評価			
逆流量(mL/beat)	<30	30 – 59	≧60
逆流率(%)	<30	30 – 49	≧50
逆流弁口面積(cm2):PISA法	<0.20	0.20 – 0.39	≧0.4

資料(6)

AS の重症度評価[13)]



AVAI:AVA index, Vmax: 大動脈弁最大血流速度, SV:一回拍出量

心エコー図検査による TR の重症度評価[13)]

2020 年改訂版 弁膜症治療のガイドライン

	軽症	中等症	重症
定性的			
カラードプラTRシグナル	1+	2+	3+
連続波ドプラ波形			収縮早期ピーク (triangular shape)
半定量的			
カラーシグナル面積 (cm^2)	＜5	5～10	＞10
カラーシグナル/右房面積比 (%)			≧50
縮流部幅 (cm)	＜0.3	0.3～0.69	≧0.7
PISA半径 (cm)	＜0.6	0.6～0.9	＞0.9
肝静脈血流波形			収縮期逆行波
定量的			
EROA (cm^2) (PISA法)	＜0.2	0.2～0.39	≧0.4
逆流量 (mL)	＜30	30～44	≧45

参考文献

1) Rudski LG, et al. Guidelines for the Echocardiographic assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American society Echocardiography: J Am Soc Echocardiogr 2010; 23: 685-713
2) 増田喜一 : 術後収縮性心膜炎. 心エコー 9(2) : 184-189, 2008
3) 西 etal : 心エコー図検査を用いた心房中隔瘤頻度の検討 J Med Ultrasonics 25:787－794, 1998
4) Cabanes L et al : Atrial septal aneurysm and patent foramen ovale as risk factors for cryptogenic stroke in patients less than 55 years of age : A study using transesophageal echocardiography. Stroke 1993 ; 24 : 1865-1873
5) Lichtenstein DA, Mezière GA.:.Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. Chest. 2008 Jul;134(1):117-25
6) Iida N, et al : Clinical Implications of Intrarenal Hemodynamic Evaluation by Doppler Ultrasonography in Heart Failure : JACC Heart Fail., 4(8), 674-682, 2016
7) Daimon M, et al : Normal values of echocardiographic parameters relation to age in a healthy Japanese population : the JAMP study. Circ J 72 : 1859-1866, 2008
8) Oh JK, et al : the Echo Manual 3rd ed. : 126, 2007
9) NAKAI H, et al : Circ J. 2007 ; 71 : 1244-1249
10) Nagueh SF, et al Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography:An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging : J Am Soc Echocardiogr 2016;29:277-314.
11) Roberto ML, et al : Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the ASE/EAC 2015
12) Abbas,AE et al : Noninvasive Assessment of Pulmonary Vascular Resistance by Doppler Echocardiography . J Am Soc Echocardiogr. 26 : 1170-1177, 2013
13) Izumi.C, et al., 2020年改訂版 弁膜症治療のガイドライン JCS/JATS/JSVS/JSCS Guideline on the Management of Valvular Heart Disease
14) 日本心エコー図学会ガイドライン作成委員会 訳:心エコーによる左室拡張機能評価のための勧告:アメリカ心エコー図学会およびヨーロッパ心血管画像学会による改訂(上記10 が原文)

Written by Yoshikazu Masuda (JRDCS)
Cooperators : I. Nakasone (JRDCS), S. Hashimoto (JRDCS)