

## 第39回広島県医学検査学会 症例検討会 Spin-off

### 症例②

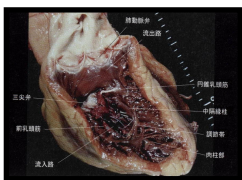
### 本日の内容

- 心エコー検査での右室機能評価
- 右心負荷疾患について  
～心電図と心エコー～
- 下肢静脈エコーについて  
～検査の進め方、ポイント～

時間があれば・・・  
なかったら重要なポイントのみ

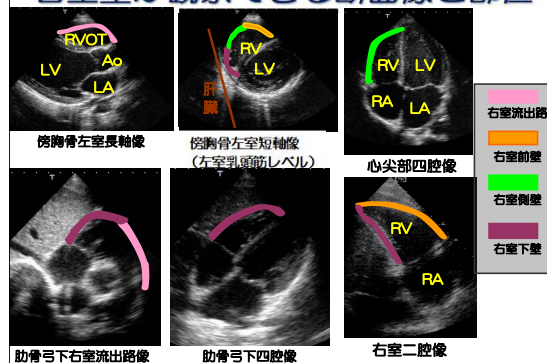
### 右室の解剖、形態

- 心臓の前面を形成、左室の前内側部の上方に位置
- 複雑な形態で、側面から見ると三角形、短軸断面では半月形である
- 内側の壁は厚い心室中隔、外側は薄い右室自由壁からなる
- 右室流出路の漏斗部も構造的 / 機能的にも右室の一部



ほぼ対称な形態をしている左室に比べ、壁運動の評価が難しい！

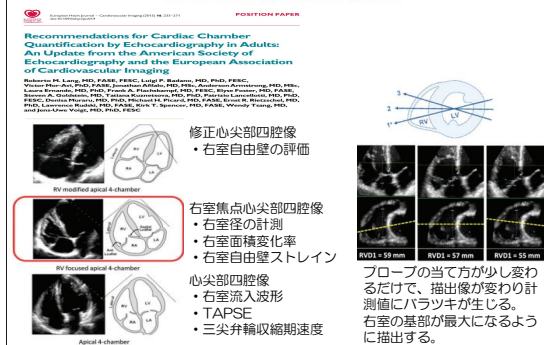
### 右室壁が観察できる断面像と部位



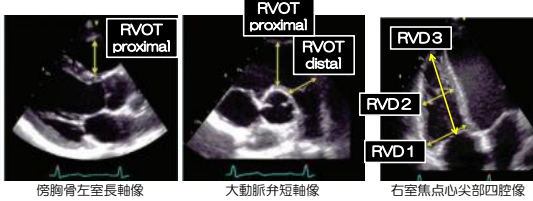
### 右室機能の評価方法

- 1) 右室拡大の指標
- 2) 右室肥大の評価
- 3) 右室収縮能の評価
- 4) 右室後負荷の評価
- 5) 総合的な右室機能評価

### 右室の評価断面



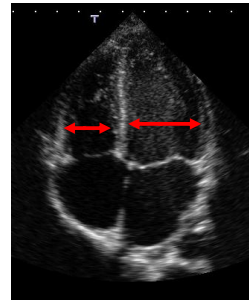
### 1) 右室拡大の評価



計測部位	ASE2015
傍胸骨左室長軸像	RVOT proximal 20~30mm
大動脈弁短軸像	RVOT proximal 21~35mm RVOT distal 17~27mm
右室焦点心尖部四腔像	RV D1 (右室基部) 25~41mm RV D2 (右室中部) 19~35mm RV D3 (右室長軸) 59~83mm

ASE2015のデータを日本人にあてはめてOK?  
JUMP studyのデータは右室焦点心尖部四腔で計測していない

### 1) 右室拡大の評価



**簡易的な評価方法**  
心尖部四腔像にて  
LVよりRVが大きい  
(直径比がRV/LV=1以上は確実に右室拡大)

### 2) 右室肥大の評価

- 右室自由壁の壁厚正常値は1~4mm  
5mm以上あれば右室肥大 (RVH) と判定できる。
- RVHは慢性的な右室圧負荷で、時には左室壁と同等の壁厚になることもある。



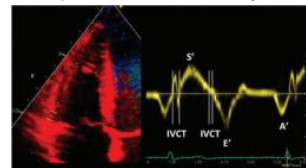
RVHを起こす



先天性心疾患  
原発性肺高血圧  
慢性肺塞栓症など

### 3) 右室収縮能の評価

三尖弁収縮期移動速度  
(Tricuspid annular motion-systolic velocity : TAM- s<sup>-1</sup>)



基準値 <9.5cm/s  
(ASEガイドライン2015)

利点

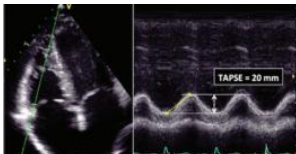
- 簡便である
- 再現性が高い
- 右室内膜の描出が不良でも評価可能

問題点

- 角度依存性の問題
- 開心術の癒着の影響

### 3) 右室収縮能の評価

三尖弁輪収縮期移動距離  
(Tricuspid annular plane systolic excursion : TAPSE)



基準値 <17mm  
(ASEガイドライン2015)

利点

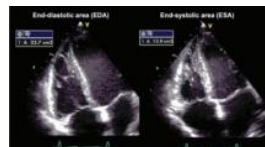
- 簡便である
- 右室駆出率やRVFACと相関が良い
- 右室内膜の描出が不良でも評価可能

問題点

- 角度依存性の問題
- 容量依存性の問題 (右室拡大では過大評価)
- 開心術後の癒着の影響

### 3) 右室収縮能の評価

右室面積変化率  
(Right ventricular fractional area change : RVFAC)



基準値 <35%  
(ASEガイドライン2015)

利点

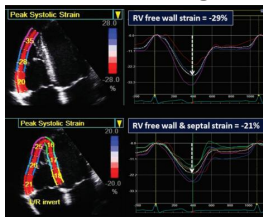
- 右室全体の収縮能を反映 (長軸方向、内腔方向)
- 予後との関連が確立している

問題点

- 右室流出路の収縮を無視 (肉柱や腱索を含まずに計測出来ている?)
- 右室の最大面積が描出できているか?
- 再現性に乏しい

### 3) 右室収縮能の評価

長軸方向ストレイン  
(Global longitudinal strain : GLS)



基準値  
-20%以下が正常?  
明確なエビデンスがない

利点

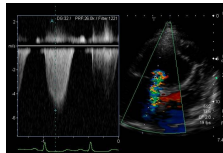
- 他の右室収縮能指標よりも優れているとの報告あり

問題点

- 中隔を含めるかどうかで値が変わる
- 基準や方法論が確立されていない
- 装置や手法によって値が変わる

### 4) 右室後負荷の評価

まずは、肺動脈狭窄や右室流出路狭窄がないかを確認する！  
TR最大流速より収縮期最大右房右室圧較差を求め、  
算出された圧較差に推定右房圧 (RAP) を加えると、  
収縮期肺動脈圧が推定される。



三尖弁収縮期逆流波形

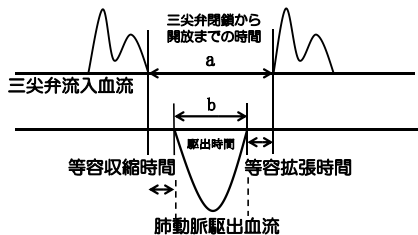
- 多断面 (大動脈短軸像、心尖部四腔像、右室二腔像) で記録
- 逆流と連続波ビームが平行になるように計測 (ドプラ入射角度)
- ノイズをとらないように
- 三尖弁が離開していると圧較差は正しく計測できない (右心系が著明に拡大した場合は注意)

下大動脈径	収縮期の逆流の程度	推定右房圧
脱氷・尖山によるシャック (≦5 mm)	虚脱する	< 3 mmHg
正常幅 (12~21 mm)	> 50 %	3 mmHg (0~5)
	< 50 %	8 mmHg
拡大 (> 21 mm)	> 50 %	15 mmHg (5~10)
	< 50 %	10 mmHg (10~20)

### 5) 総合的な右室機能評価

心室の収縮機能と拡張機能を総合した機能を表す指標として "Tei index" が提唱されている

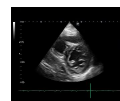
RV Tei Index 0.40以下は正常



### 主な右心負荷疾患

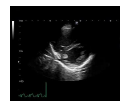
右室固有の収縮能が低下する疾患

- 右室梗塞
- 不整脈源性右室心筋症 (ARVC) など



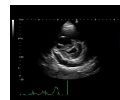
右室容量負荷疾患

- 心房中隔欠損症
- 重症三尖弁閉鎖不全症 (エプスタイン奇形)
- 部分肺静脈還流異常など

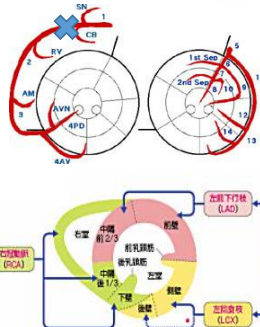


右室圧負荷疾患

- 肺塞栓症
- 肺動脈性肺高血圧
- 肺動脈弁狭窄など



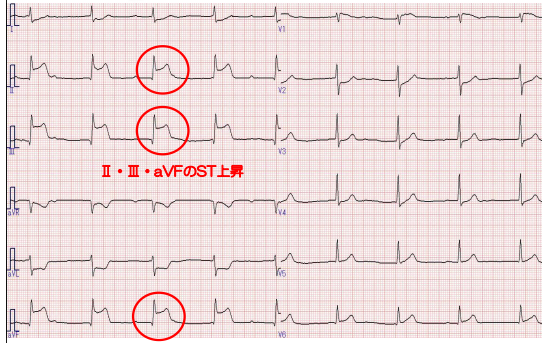
### 右室梗塞



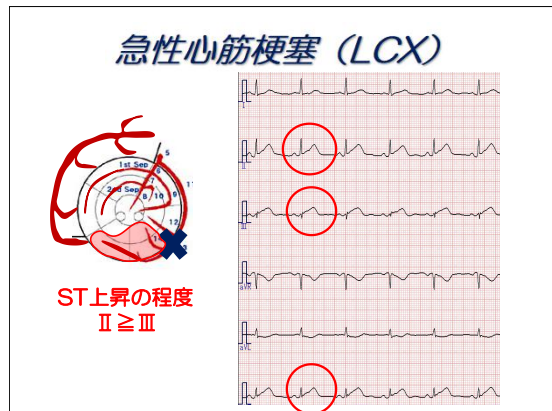
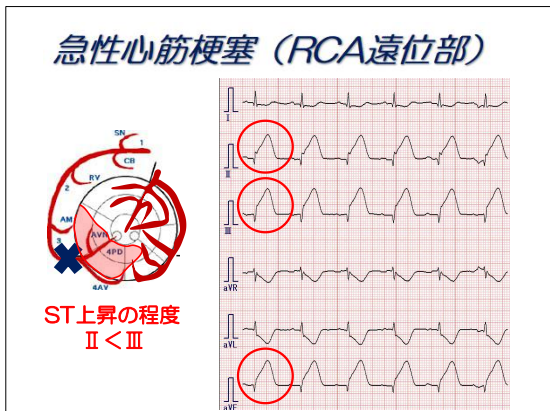
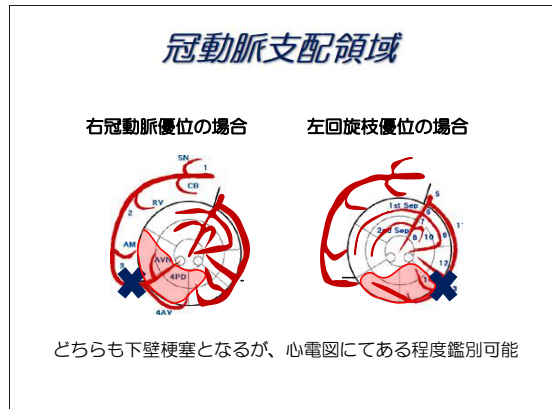
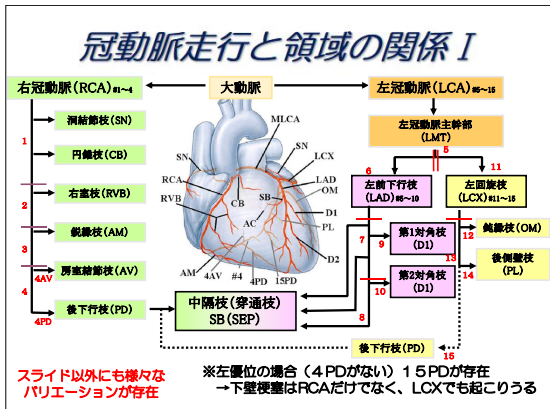
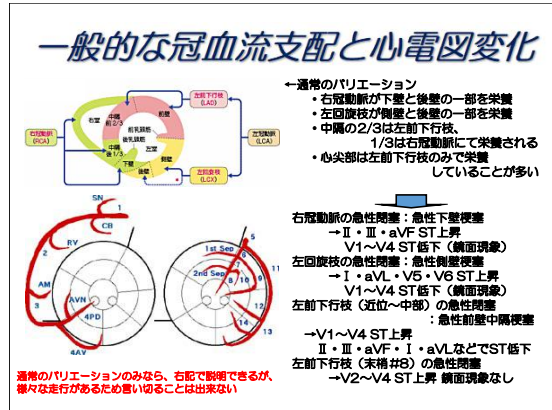
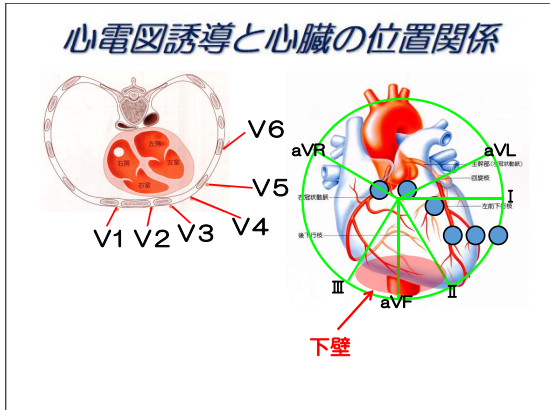
右冠動脈は右室への灌流だけでなく、左室の下壁も灌流していることが多い

右冠動脈起始部閉塞で起こる右室梗塞は、下壁梗塞を伴うことが多い

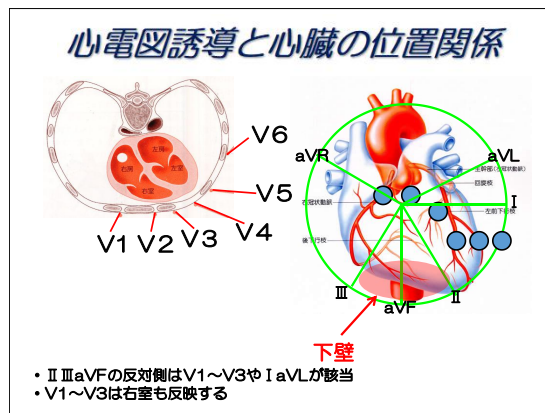
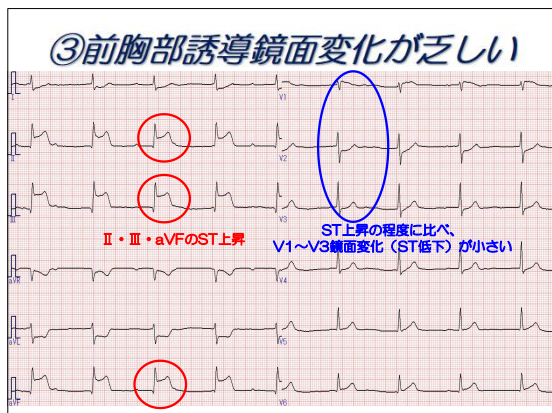
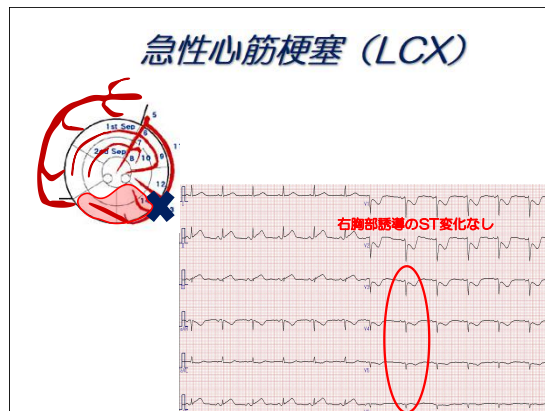
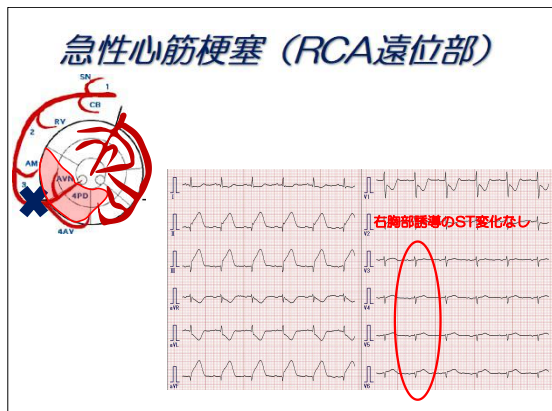
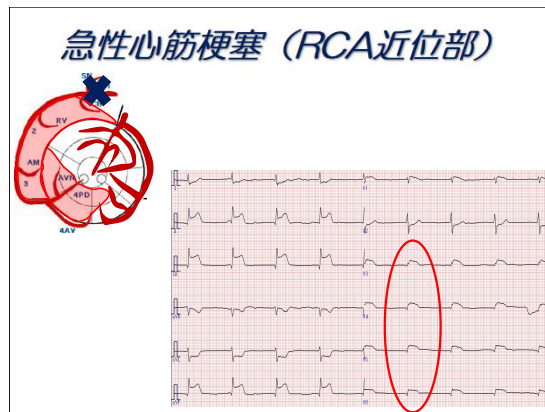
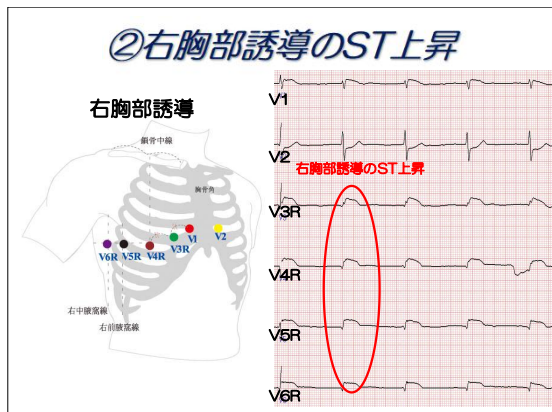
### ① II III aVFのST上昇

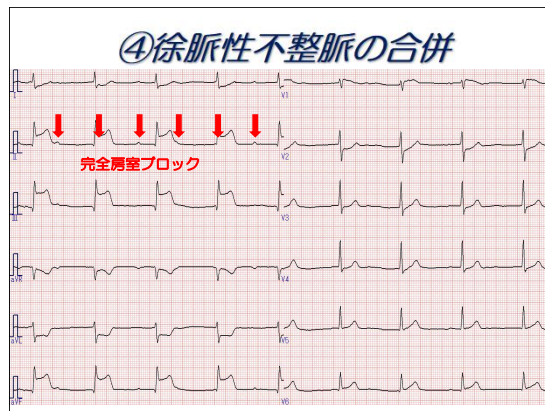
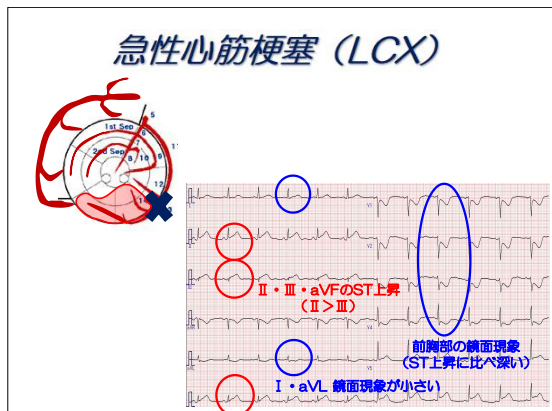
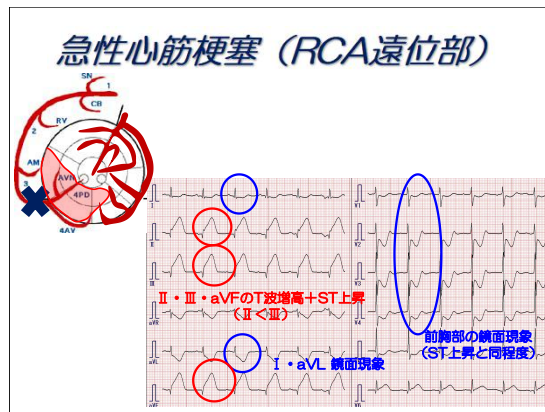
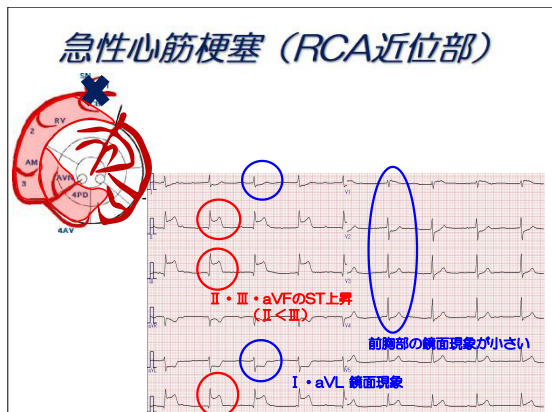












### 刺激伝導系の血流支配

右冠動脈は洞結節 (約60%) や房室結節 (約90%)  
左冠動脈は脚の主動脈となっているケースが多い

- 右冠動脈の虚血は徐脈性不整脈の合併が多くなる
- 左冠動脈の虚血は脚ブロックの合併が多くなる

### 右室梗塞：心エコー

- ・左室下壁領域の壁運動異常の有無 (右冠動脈が小さく下壁まで灌流していない場合は、右室のみ壁運動異常を認める)
- ・右室拡大
- ・右室壁運動の低下 (全体、局所もありうる)
- ・TRPGは上昇しないことが多い



### 右室の血流支配

円錐枝 (CB) : 流出路  
 右室枝 (RVB) : 前壁  
 鋭縁枝 (AM) : 側壁  
 後下行枝 (PD) : 下壁

傍胸骨左室長軸像  
 心尖部四腔像  
 右室二腔像

### 右心負荷疾患

右室固有の収縮能が低下する疾患

- 右室梗塞
- 不整脈源性右室心筋症 (ARVC) など

右室容量負荷疾患

- 心房中隔欠損症
- 重症三尖弁閉鎖不全症 (エプスタイン奇形)
- 部分肺静脈還流異常など

右室圧負荷疾患

- 肺塞栓症
- 肺動脈性肺高血圧
- 肺動脈弁狭窄など

### 不整脈源性右室心筋症 : ARVC

- 右室心筋を中心とした脂肪浸潤と線維化により、主に右室の拡大と機能低下および右室起源の心室性不整脈を特徴とする心筋症である
- 病変は右室自由壁心外膜側から始まり、右室流出路や心尖部に拡がる
- 若年者の突然死の原因となることがあるため、早期診断と適切な治療が重要である
- ARVCで見られる  $\epsilon$  波は右側前胸部誘導 (V1~V3) においてQRS波終末とT波の間に再現性をもって認められる低電位波形で、右室の伝導遅延を反映している
- ARVC患者における  $\epsilon$  波の検出率は約30%

Nogami A, JPN. J. ELECTROCARDIOLOGY, 2014

### ARVC診断基準

	大項目	小項目
1	機能的異常および形態的異常	右室拡大かつ壁運動異常 / 軽度の右室拡大かつ壁運動異常
2	組織所見	残像心筋が60%未満 / 残像心筋が60-70%
3	再分極異常	V1-V3で陰性T波 / V1-V2 あるいは V4-V6で陰性T波
4	脱分極・伝導異常	V1-V3で $\epsilon$ 波 / LP陽性
5	不整脈	左脚ブロック型・上方軸のVT / 左脚ブロック型・下方軸ないしは不定軸のVT Holter心電図で500回/24時間以上のPVC
6	家族歴	本診断基準でARVCと診断された1親等親族 / 本診断基準を満たすことのできないARVCを疑う1親等親族

ESC/ISFC Task Force Criteria 2010 を改変

### ARVC : 心電図

$\epsilon$ 波 : V1~V3のQRS終末部にみられるnotchでARVCの約3割に認める (脱分極異常)

V1~V3の連続した陰性T波 (再分極異常) 完全右脚ブロックや14歳以下の場合は基準を満たさない

### ARVC診断の問題点 (心電図)

- $\epsilon$  波はARVC診断基準の大項目の1つであるため、診断する上で  $\epsilon$  波を検出することは重要である
- $\epsilon$  波は低電位の波形であるため、診断医によって有無の判定が異なることがある

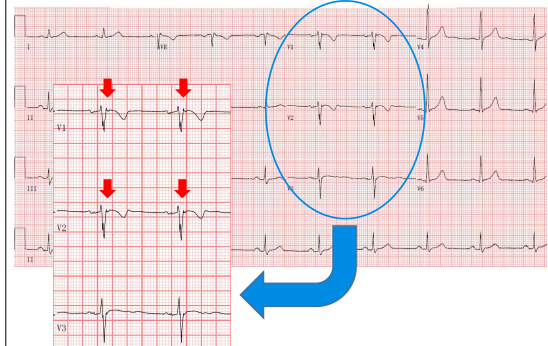
Platonov G, Pet al. Heart Rhythm, 2016

- F-ECGは右室の直上で記録する双極誘導であり、S-ECGのV1-V3誘導で見られるnotchをF-ECGで確認することは、 $\epsilon$  波を確定するのに役立つ
- 標準12誘導心電図 (S-ECG) に加えて、胸骨柄、剣状突起、V4電極位置の三角形で構成される双極3誘導 (F-ECG) を用いることで  $\epsilon$  波の検出感度が上がった

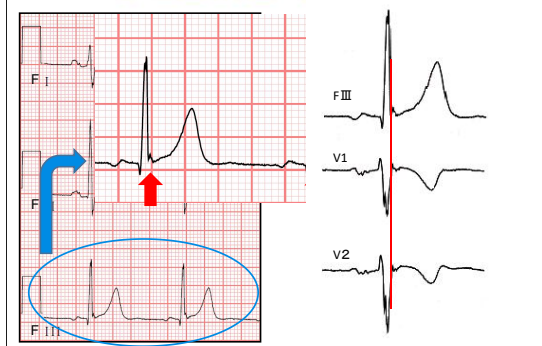
Wang J, et al, Texas Heart Institute Journal, 2010



## 心電図検査 (S-ECG)



## 心電図検査 (F-ECG)



## ARVC : 心エコー

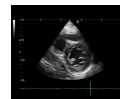


- ・ 右室の拡大 (右室流出路)
- ・ 右室心尖部が瘤化することもある  
(心尖部四腔像で右室が左室の前面にのりだす)
- ・ 右室壁運動異常 (局所的なこともある)  
最初は右室自由壁その後心尖部や流出路に進行する
- ・ TRPGは上昇しない

## 右心負荷疾患

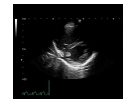
右室固有の収縮能が低下する疾患

- ・ 右室梗塞
- ・ 不整脈源性右室心筋症 (ARVC) など



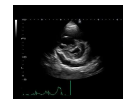
右室容量負荷疾患

- ・ 心房中隔欠損症
- ・ 重症三尖弁閉鎖不全症  
(エプスタイン奇形)
- ・ 部分肺静脈還流異常など

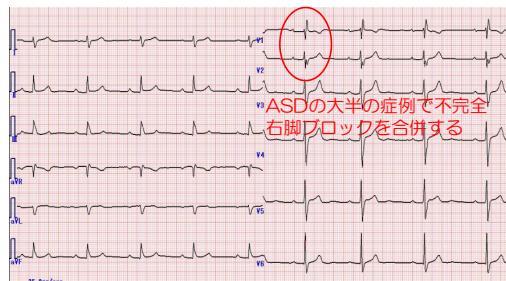


右室圧負荷疾患

- ・ 肺塞栓症
- ・ 肺動脈性肺高血圧
- ・ 肺動脈弁狭窄など



## 心房中隔欠損症 : ASD (心電図)



## ASD : 心エコー



- ・ 右室の拡大あり
- ・ TRPGは上昇しない (慢性的に肺動脈への負荷がかかれば上昇)
- ・ 拡張期のみ左室を圧排
- ・ 容量が増える要因 (心房レベルにL-Rシャントが存在する)

### ASDの分類

二次孔欠損 (卵形孔)  
一次孔欠損 (洞中隔の連続不全)  
肺動脈弁の閉鎖不全による右室拡大  
房室中隔欠損

### 右心負荷疾患

右室固有の収縮能が低下する疾患

- 右室梗塞
- 不整脈源性右室心筋症 (ARVC) など

右室容量負荷疾患

- 心房中隔欠損症
- 重症三尖弁閉鎖不全症 (エプスタイン奇形)
- 部分肺静脈還流異常など

右室圧負荷疾患

- 肺塞栓症
- 肺動脈性肺高血圧
- 肺動脈弁狭窄など

### Ebstein奇形：心電図

約3割にB型WPWを合併する

B型

### Ebstein奇形 (心エコー)

- 三尖弁の中隔尖と後尖が心尖部側へ偏移
- TRは高度で心尖部寄りから逆流 (TRPGは上昇しない)
- 右室は拡大
- 左室は拡張期のみ圧排される

### 三尖弁の付着部

三尖弁前尖 (AL)  
三尖弁中隔尖 (SL)  
三尖弁後尖 (PL)

※三尖弁前尖 (AL) or 三尖弁後尖 (PL)

心尖部四腔像      右室二腔像      大動脈弁短軸像

※大動脈弁が近い位置 (五腔像寄りの四腔像) であれば、自由壁側の弁は前尖冠静脈洞 (CS) が近い位置であれば自由壁の弁は後尖と判断できる

### Ebstein奇形

小児で 15mm  
成人で 20mm  
ASDの合併は稀ではない

### 右心負荷疾患

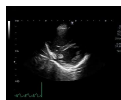
右室固有の収縮能が低下する疾患

- ・ 右室梗塞
- ・ 不整脈源性右室心筋症 (ARVC) など



右室容量負荷疾患

- ・ 心房中隔欠損症
- ・ 重症三尖弁閉鎖不全症 (エプスタイン奇形)
- ・ 部分肺静脈還流異常など

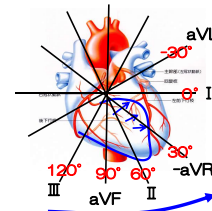
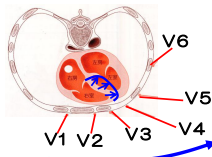
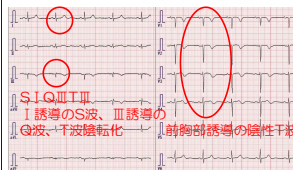


右室圧負荷疾患

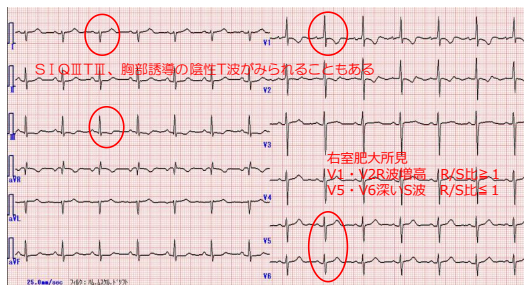
- ・ 肺塞栓症
- ・ 肺動脈性肺高血圧
- ・ 肺動脈弁狭窄など



### 肺塞栓症：心電図



### 肺動脈性肺高血圧：心電図



### 肺塞栓症（心エコー）



- ・ 右室拡大
- ・ 左室を収縮期拡張期通じて圧排
- ・ TRPGが高い
- ・ 壁運動は低下していることが多い
- ・ 肺動脈内の血栓



### 急性と慢性の肺塞栓を鑑別

① 右室壁運動による違い

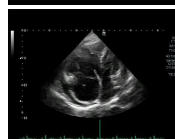
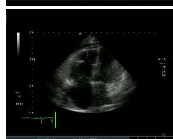
急性肺塞栓症

慢性肺塞栓症

傍胸骨左室短軸像



心尖部四腔像

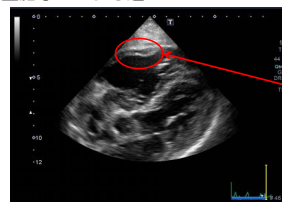


心尖部のみ可動性保持 (McConnell徴候)

代償機能により一部motion保持

### 急性と慢性のエコーでの区別

② 壁肥厚による違い



5mm以上であれば肥厚有り  
慢性では肥厚を認める

③ 三尖弁逆流による収縮期推定肺動脈（右室圧）による違い

- ・ 急性は慢性肺塞栓と比較し、TRPGが高くならない
- ・ 一般的にはTRのPSVが3.5m/s (50mmHg程度)
- ・ 慢性であれば80mmHg以上となることもしばしば



### 右室負荷疾患鑑別

	主な疾患	心電図	心エコー
右室固有の収縮能が低下する疾患	右室梗塞	II, III, aVFのST上昇 (下壁梗塞の合併) 前胸部のQ波変化が少ない	左室下壁領域の壁運動低下 右室の拡大と壁運動低下 TRPGは上昇しないことが多い
	不整脈源性 右室心筋症	ε波 前胸部の陰性T波	右室の拡大と壁運動低下 右室心尖部の瘤化 TRPGは上昇しない
右室容量負荷疾患	心両中隔欠損症	不完全右脚ブロックの合併	右室の拡大 拡張期のみ左室の圧排 TRPGは高くならない 心房レベルのL-Rシャント
	Ebstein奇形	WPW症候群や不完全右脚ブロックの合併	右室の拡大 拡張期のみ左室の圧排 TRPGは高くならない 三尖弁の偏移、TR高度
右室圧負荷疾患	急性肺塞栓症	SI, QIII, TIII 前胸部の陰性T波 III誘導とV1誘導の陰性T波	右室の拡大と壁運動低下 McConnell徴候 収縮期拡張期を通じて左室の圧排 TRPG上昇 (50mmHg程度)
	慢性肺塞栓症 肺動脈性 肺高血圧症	右室肥大パターン SI, QIII, TIII	右室の拡大と壁運動低下 右室の壁肥厚 収縮期拡張期を通じて左室の圧排 TRPG上昇

### 下腿浮腫の特徴

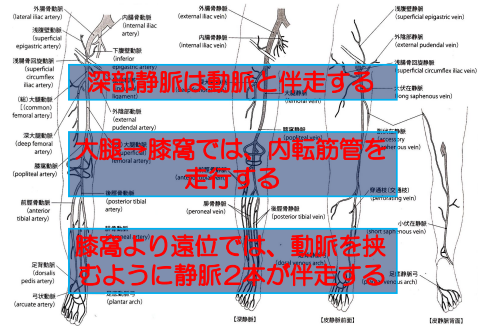
- 深部静脈血栓症
  - 左右非対称性、赤っぽい、硬めの浮腫、圧痛あり
  - 表在静脈の拡張 (DVTに伴うVarix形成)
  - ※壁在血栓や下腿部血栓では浮腫は起こらない
- リンパ浮腫
  - 左右非対称性、白っぽい、軟らかい (慢性期では硬くなる)
- 蜂窩織炎
  - 左右非対称性、熱感
- 廃用性浮腫
  - 左右対称性、白っぽい

### 下腿浮腫の特徴

深部静脈血栓症      リンパ浮腫      蜂窩織炎      廃用性浮腫



### 下肢血管の解剖



### 静脈の評価方法

#### <直接法>

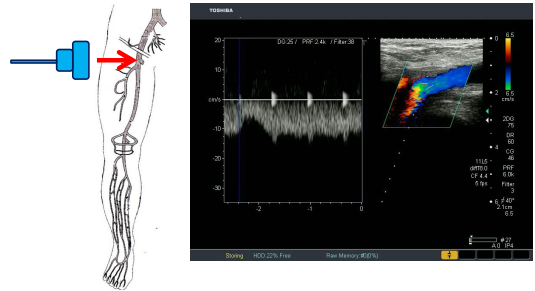
- 血栓エコーの確認
- 圧迫による内腔消失確認

#### <間接法>

- 血流の呼吸性変動
- 下腿部ミルキングによる血流の増加

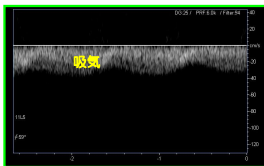
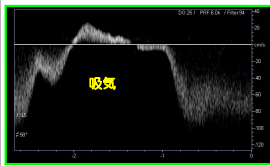
### 静脈の評価方法 I

#### <大腿静脈での血流の呼吸変動を確認>



### 呼吸性変動の確認

	胸腔内圧	心臓への還流	腹腔内圧	下肢静脈還流
呼気	↑	↓	↓	↑
吸気	↓	↑	↑	↓



### 静脈の評価方法II

<呼吸変動低下の場合 → 腸骨静脈確認>

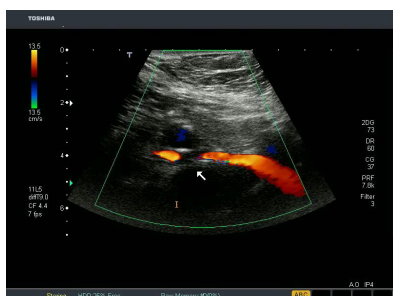


×腹式呼吸での評価

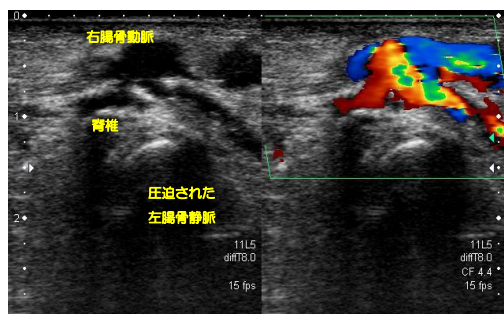
○ミルクングでの評価

### 静脈の評価方法III

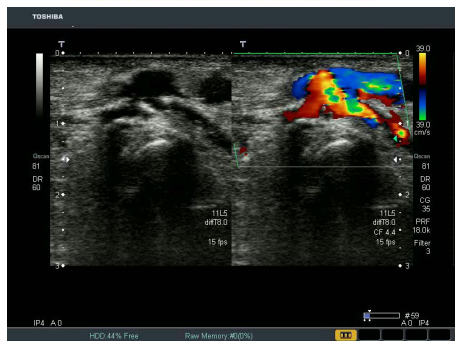
<下大静脈～腸骨静脈移行部の評価>



### 腸骨静脈圧迫症候群

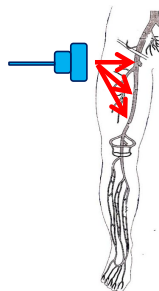


### 腸骨静脈圧迫症候群



### 静脈の評価方法IV

<大腿静脈の圧迫法での評価>



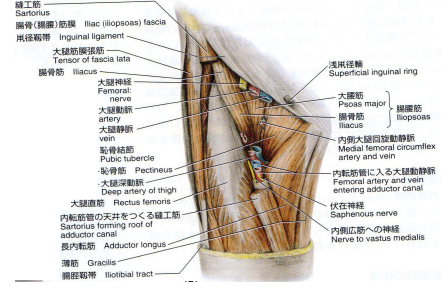
### 静脈の評価方法 V

<大腿静脈遠位部のミルキング血流評価>



### 内転筋腱裂孔

回転を含めた多方向からの圧力がかかる

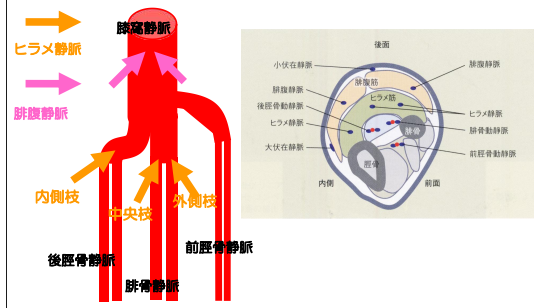


### 静脈の評価方法 VI

<大腿静脈～膝窩静脈の圧迫法評価>

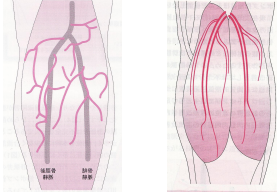


### 下腿部静脈の解剖



### ヒラメ静脈と腓腹静脈

	ヒラメ静脈	腓腹静脈
弁	一尖弁が多い	二尖弁
走行	筋膜に沿って複雑に走行	筋肉ほぼ中央を走行
収縮	立位における持続的な収縮	膝・足関節の運動で収縮



### 静脈の評価方法 VII

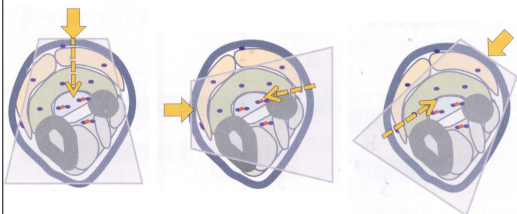
<下腿部の圧迫法による評価（座位）>





## 下腿部 多方向アプローチ

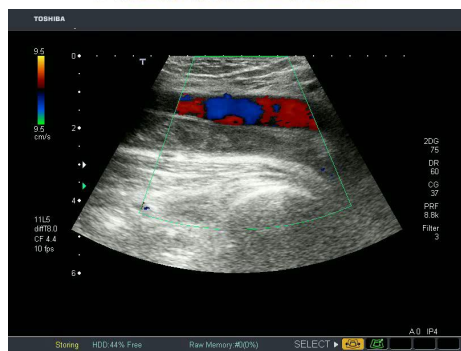
多方向からアプローチを行うことで、  
見落としも少なくなる



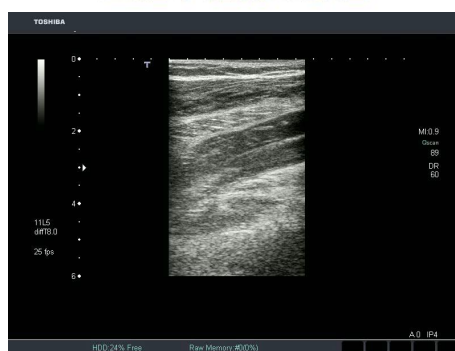
## 血栓が存在した場合

- 1) 血栓のサイズ（進展度）
- 2) 血栓の性状（輝度、可動性、完全閉塞、浮遊、壁在、索状化など）  
※特に血栓中枢側の評価が重要  
合流部に血栓が飛び出していないか
- 3) 側副血行路の有無
- 4) 腸骨静脈圧迫症候群や内転筋腱裂孔、腫瘍など原因となる存在の有無

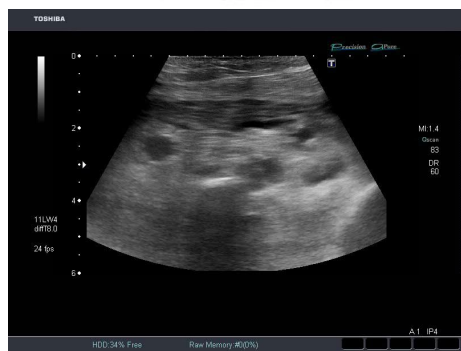
## 大腿静脈完全閉塞



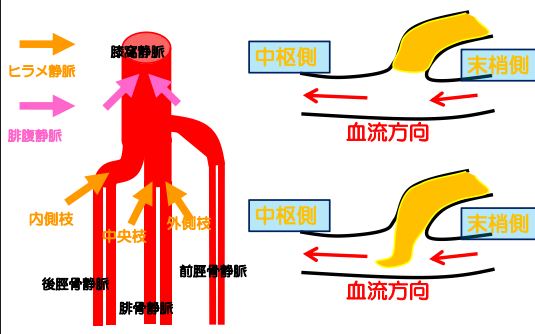
## 血栓中枢側の評価



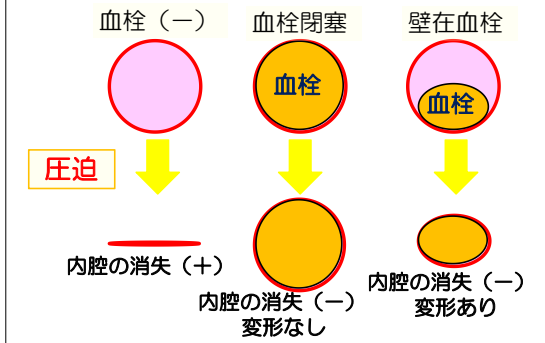
## ヒラメ静脈血栓



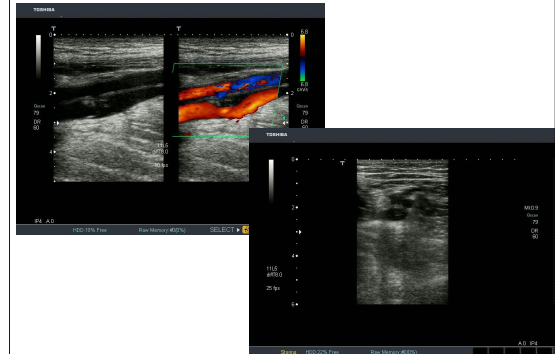
## 合流部の評価



## 静脈圧迫による血管内腔の変化



## 壁血栓



## Take Home Message

- 右室の形態は複雑であるため、それぞれの計測の利点欠点も把握しながら総合的な判断が必要である。
- 右室の計測は描出によってバラツキが大きい為、適切な断面で計測することが重要である。

## Take Home Message

- 浅い血管走行の静脈は直接法にて評価  
深い血管走行の静脈は間接法にて評価  
間接法にて異常血流波形を認めた場合、直接法にて精査を行う。
- 血栓を認めた場合、塞栓源となりうるか否か（可動性、周囲血流など）を中心に詳細な評価を行う。