Veterinary Cardio Night Live 2026
Day 1

心エコーハンズオンセミナー

肺高血圧症の評価で用いる指標を丁寧に解説します

どうぶつの総合病院 専門医療＆救急センター【循環器科】
DVM, PhD, DAiCVIM (Cardiology)
髙野 裕史　Hiroshi Takano

肺高血圧症の定義

2018年のニース
第６回肺高血圧症
世界大会で提案がなされる

- 肺高血圧症の定義
  - 平均肺動脈圧 mPAP ＞ 25 mmHg
    ⇒　2022年のガイドライン 安静時mPAP＞ 20 mmHg
- 正常な肺動脈圧
  人：平均PAP 14±3mm Hg、上限は20mm Hg
  犬：収縮期 15-30 mmHg / 拡張期 5-15 mmHg
  （平均 8-20 mmHg）

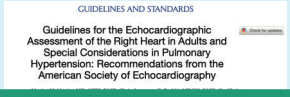
本来確定診断は右心カテーテル検査であるが、
実際の犬猫の診療においては、
心エコー検査を診断ツールとして用いている

心エコー検査

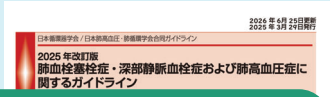
- 獣医療においては肺高血圧症の重要な診断ツール
  - 肺高血圧の可能性の高さを評価
  - 原因疾患の特定
    （先天性短絡性心疾患、左心性心疾患、肺血栓塞栓症、フィラリア症、心臓腫瘍など）
- 心機能、うっ血所見の評価も可能
- 治療反応性の評価も臨床徴候とともに心エコー検査に依存

人医療における肺高血圧症のアップデート

ASEガイドライン改訂版 (2025)

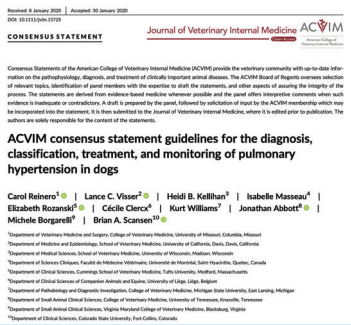

GUIDELINES AND STANDARDS
Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography

日本循環器学会ガイドライン改訂版 (2025)


2026 年 6月 25日更新
2025 年 3月 29日発行
日本循環器学会／日本肺高血圧・肺循環学会合同ガイドライン
2025 年改訂版
肺血栓塞栓症・深部静脈血栓症および肺高血圧症に関するガイドライン

- 肺高血圧症の定義が平均肺動脈圧(mPAP) >20mmHgに引き下げられているが、心エコー検査によるスクリーニングにおける推定肺動脈圧の閾値に変更はない
- 右心系の各指標における正常値と重症度分類をが全面的に更新
- 3Dエコー方やSTEEが日常臨床で不可欠な評価方法として位置付けられた
- 右室-肺動脈カップリングの概念が重視

犬の肺高血圧ガイドライン2020


Received: 8 January 2020 | Accepted: 30 January 2020
DOI: 10.1111/jvim.15729
CONSENSUS STATEMENT
Journal of Veterinary Internal Medicine ACVIM

Consensus Statements of the American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM) provide the veterinary community with up-to-date information on the pathophysiology, diagnosis, and treatment of clinically important animal diseases. The ACVIM Board of Regents oversees selection of relevant topics, identification of panel members with the expertise to draft the statements, and other aspects of assuring the integrity of the process. The statements are derived from evidence-based medicine whenever possible and the panel offers interpretive comments when such evidence is inadequate or contradictory. A draft is prepared by the panel, followed by solicitation of input by the ACVIM membership which may be incorporated into the statement. It is then submitted to the Journal of Veterinary Internal Medicine, where it is edited prior to publication. The authors are solely responsible for the content of the statements.

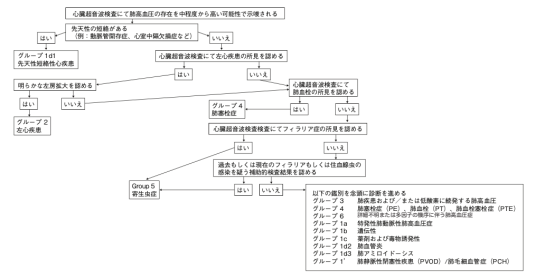
ACVIM consensus statement guidelines for the diagnosis, classification, treatment, and monitoring of pulmonary hypertension in dogs

Carol Reinero[1] | Lance C. Visser[2] | Heidi B. Kellihan[3] | Isabelle Masseau[4] | Elizabeth Rozanski[5] | Cécile Clercx[6] | Kurt Williams[7] | Jonathan Abbott[8] | Michele Borgarelli[9] | Brian A. Scansen[10]

[1]Department of Veterinary Medicine and Surgery, College of Veterinary Medicine, University of Missouri, Columbia, Missouri
[2]Department of Medicine and Epidemiology, School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, Davis, California
[3]Department of Medical Sciences, School of Veterinary Medicine, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin
[4]Department of Sciences Cliniques, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, Quebec, Canada
[5]Department of Clinical Sciences, Cummings School of Veterinary Medicine, Tufts University, Medford, Massachusetts
[6]Department of Clinical Sciences of Companion Animals and Equine, University of Liège, Liège, Belgium
[7]Department of Pathobiology and Diagnostic Investigation, College of Veterinary Medicine, Michigan State University, East Lansing, Michigan
[8]Department of Small Animal Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee
[9]Department of Small Animal Clinical Sciences, Virginia Maryland College of Veterinary Medicine, Blacksburg, Virginia
[10]Department of Clinical Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado

Carol Reinero et al. JVIM. 2020;1-25

心エコー検査によるPH臨床分類の手順



Carol Reinero et al. ACVIM consensus statement guideline. JVIM. 2020;1-25

犬の肺高血圧ガイドライン2020

- 肺高血圧(PH)を疑う所見がどの程度あるか？

三尖弁逆流速度 (m/sec)	PHの所見を認めた解剖学的部位の数*	PHの可能性
≦3.0 or 測定できず	0 or 1	低
≦3.0 or 測定できず	2	中程度
3.0 - 3.4	0 or 1	中程度
≧ 3.4	0	中程度
≦3.0 or 測定できず	3	高
3.0 - 3.4	≧2	高
≧ 3.4	≧1	高

＊次項に詳細を記載

Carol Reinero et al. JVIM. 2020;1-25

犬の肺高血圧ガイドライン2020

- 解剖学的部位ごとの肺高血圧を疑う所見

Site 1 心室	Site 2 肺動脈	Site 3 右房＆後大静脈
心室中隔の扁平化（特に収縮期）	主肺動脈の拡張（PA/Ao >1.0）	右房拡大
小さな左室内径（充満不足）	肺動脈逆流 拡張早期のピーク流速 > 2.5m/sec	後大静脈の拡張
右室肥大（壁の肥厚、内腔の拡大、もしくはその両方）	RPAD index（右肺動脈伸展指数） <30%	
右室収縮機能障害	右室流出路血流速 加速時間(<52-58ms) or AT/ET (<0.30) 収縮期のノッチ（偽陽性の可能性もあり）	

Carol Reinero et al. JVIM. 2020;1-25

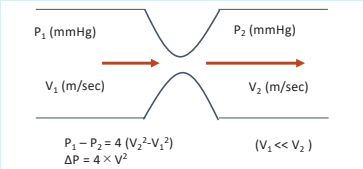
① 三尖弁逆流速を用いた圧較差の算出

三尖弁逆流速を用いた推定圧較差の算出

- 簡易ベルヌーイの式
  - 弁狭窄を通過する最大血流速度から狭窄部前後の圧較差を求める方法
  - 連続波ドプラ(CW)法を用いる

ΔP (mmHg) = 4 × V (m/sec)^2

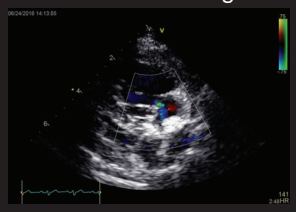
狭窄部位での圧較差(ΔP)
狭窄後の血流速度(V)

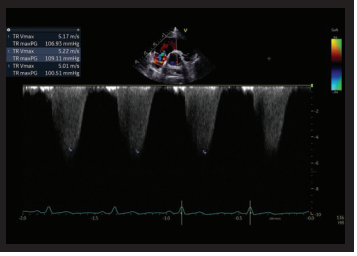


三尖弁逆流速を用いた推定圧較差の算出

- 三尖弁逆流の最大血流速が5.2m/sec
  簡易ベルヌーイの式より推定圧較差は...

$4 \times 5.2^2 = 108$ mmHg





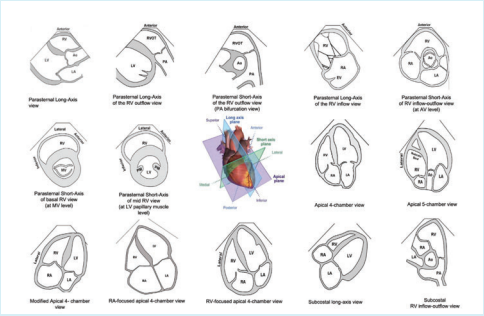
指標の意味と測定時の注意点

【指標の意味】
- 推定圧較差と右房圧を足すことで右室収縮期圧を推測
- 収縮期肺動脈圧 ＝ 右室収縮期圧

【測定時の注意点】
- 肺動脈狭窄がないことが前提
- 右室収縮性の低下や重度の三尖弁逆流で過小評価
- 三尖弁逆流なし/軽度 ＝肺高血圧症なし/軽度 ではない

- 心拍数の変動（洞不整や心房細動）で誤差大
- 三尖弁逆流波形のエンベロープが綺麗に描出されていないと過小評価
- エンベロープの濃い部分のピーク値を計測
- 逆流方向とドプラビームの角度がずれると誤差大（<20°）

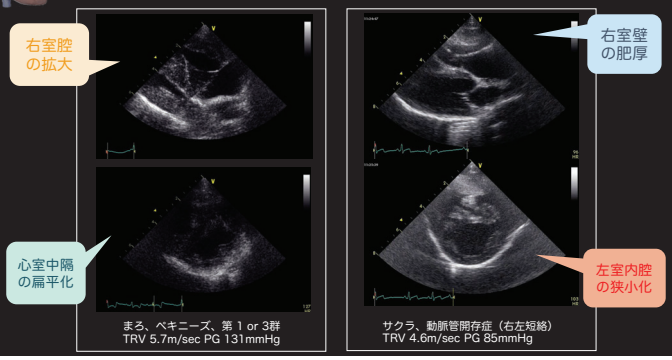
どの断面像で三尖弁逆流速を測定可能か？



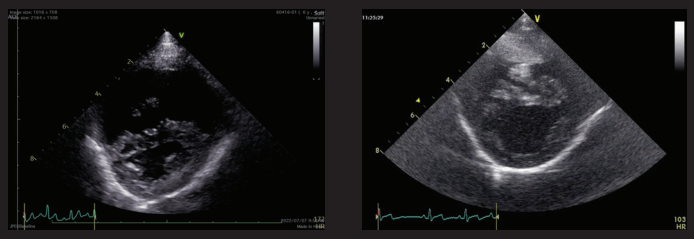
2025年 ASEガイドライン

② 右室肥大&心室中隔の扁平化

右室の評価



右室の形態変化 急性 vs 慢性

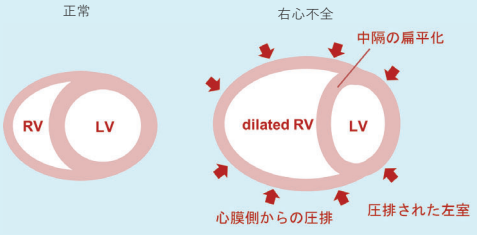


急性PTE

アイゼンメンジャー化した
動脈管開存症

心室間相互作用

- Ventricular interdependence
  - 拡張した右室と心膜側からの圧排により左室は圧排される



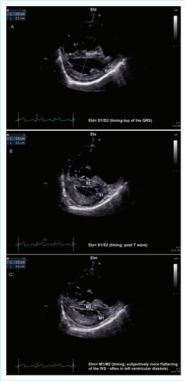
指標の意味と測定時の注意点

【指標の意味】
- 右室肥大＝右室圧の慢性的な上昇を意味
- 心室中隔の扁平化
  - 収縮期（＋拡張期）・・・圧負荷
  - 拡張期　・・・容量負荷
- LV eccentricity index (LVEI)　偏心度の指数
  - LVEI = D1/D2

Table 3 Sensitivity, specificity, and Youden index of different cutoff point of Eld, Els, Elm to predict moderate and severe pulmonary hypertension.

Variable	AUC	95%CI	P	Cutoff	Se	Sp	Y Index
Eld	0.78	0.69–0.87	P < 0.0001	>1.24	0.59	0.90	0.73
				0.94	1	0.02	
				1.30	0.49	1	
Els	0.87	0.80–0.94	P < 0.0001	>1.34	0.67	0.95	0.79
				0.92	1	0.02	
				1.38	0.56	1	
Elm	0.86	0.79–0.93	P < 0.0001	>1.37	0.76	0.83	0.79
				0.99	1	0.02	
				1.99	0.8	1	

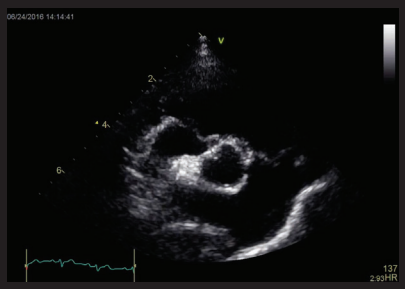
AUC: area under the curve; CI: confidence interval; Eld: left ventricular eccentricity index measured at end-diastole; Elm: left ventricular eccentricity index measured at maximal septal flattening; Els: left ventricular eccentricity index measured at end-systole; Se: sensitivity; Sp: specificity; Y index: Youden index.



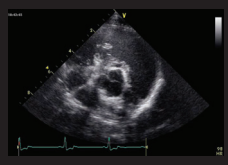
M.Lekane et al. JVC (2024)51, 220-231

③ 肺動脈の拡張

肺動脈の拡張



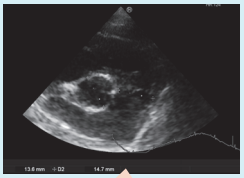
TRV 4.7m/sec PG 88mmHg



正常犬

主肺動脈の拡張

- 主肺動脈 / 大動脈径比（MPA/Ao）
  - 収縮中期で測定
  - 健常犬では0.9
  - ガイドラインでは1.0をカットオフ値とする



MPA/Ao = 1.08

Bモード法およびドプラ法を用いた肺高血圧症の診断

	Cut-off値	AUC	感度	特異度	P値
MPA/Ao[1)]	>0.98	0.830	0.73	0.76	<0.001

1) Francois Serres et al. JVIM, 2007, n=105

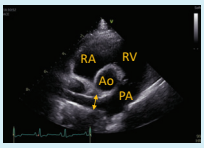
指標の意味と測定時の注意点

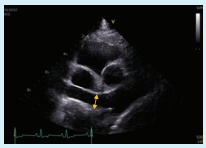
【指標の意味】
- 肺動脈圧の上昇を示唆

【測定時の注意点】
- 非特異的な所見
- 慢性肺疾患、結合組織疾患、肺塞栓症、短絡性心疾患における肺血流増加によっても拡張
- 大動脈径の描出がしっかりできているかに注意

右肺動脈伸展指数

- 右肺動脈伸展指数（RPAD index）





RPAD index =
（収縮期最大径 - 拡張期最小径
/ 収縮期最大径）× 100

– 三尖弁逆流から推測した圧較差 >50mmHgの肺高血圧症を診断する際の感度・特異度
  - Cutoff値 29.5% → 感度：0.84、特異度：0.95

L.C.Visser et al JVIM. 2016;30:543-552

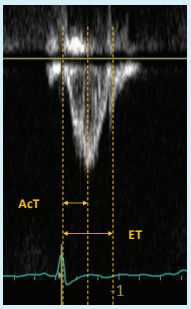
– ガイドラインでは 30%を目安にすることを推奨

④ 肺動脈血流波形

肺動脈血流波形

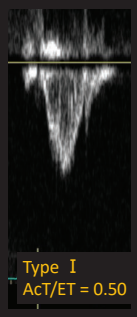
- AcT/ET
  - 肺動脈血流波形を用いての測定
  - 加速時間(msec)：AccT、駆出時間(msec)：ET
  - ガイドラインでは、<0.3でAccT/ETの短縮と判断

- 肺高血圧の重症度に関連した波形の変化
  - Type Ⅰ：正常波形
  - Type Ⅱ：肺動脈圧の上昇により加速時間が短縮
  - Type Ⅲ：加速時間に短縮に続き、減衰時間が延長し、収縮中期にノッチが出現

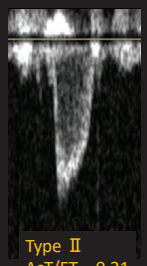


Lynelle Johnson et al. JVIM 1999,13:440-447

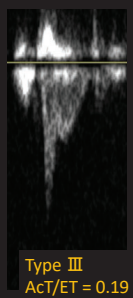
肺動脈血流波形



Type Ⅰ
AcT/ET = 0.50



Type Ⅱ
AcT/ET = 0.21



Type Ⅲ
AcT/ET = 0.19

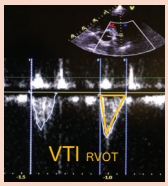
指標の意味と測定時の注意点

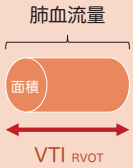
【指標の意味】
- 肺血管抵抗の上昇を示唆

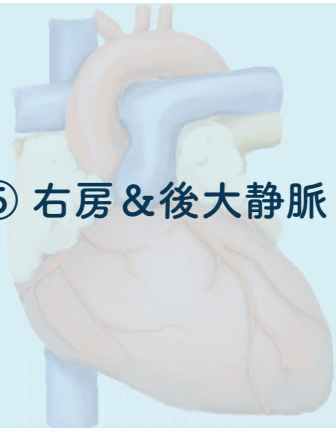
【測定時の注意点】
- 適切な部位で波形の描出を行う
- 心拍数、心拍出量、右室機能、描出法（検者の技量）に影響を受ける
- 単独での評価は避ける

肺動脈血流波形

- 速度時間積分値 (Velocity time integral, VTI)
  - 心拍出量　＝　一回心拍出量 × 心拍数
  - 肺血流量　＝VTI_{RVOT} × 肺動脈断面積



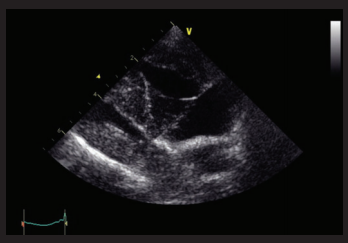




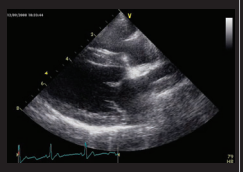
⑤ 右房＆後大静脈

右房 & 後大静脈

- 右房拡大



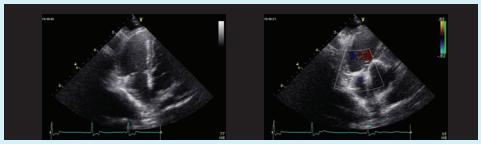
まろ、ペキニーズ、肺高血圧（原因不明）
うっ血性右心不全　TRV 5.7m/sec PG 131mmHg



正常犬

右房面積による評価

- 犬の肺高血圧症において、右房面積/BSAはうっ血性右心不全の予測因子になる可能性
  - Cutoff値 12.3cm²/m²
    →感度 100%、特異度 89.5%で右心不全を検出. Vezzosi et al. JVIM 2018;32:42-47
- 右房サイズの測定には"RV-focused view"を使用
  - 左傍胸骨心尖四腔像→右室基部が最大になるように描出
  - 三尖弁逆流速、右室面積、右房面積などの測定に有用



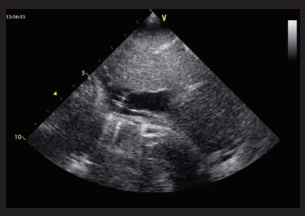
指標の意味と測定時の注意点

【指標の意味】
- 右房圧の上昇を示唆
- うっ血性右心不全リスクを反映

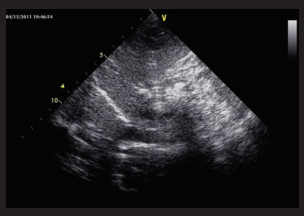
【測定時の注意点】
- 右房フォーカス心尖四腔断面で測定
- 心室の収縮末期（右房が最も大きくなるタイミングで測定）

右房 & 後大静脈

- 後大静脈の怒張・呼吸性変動



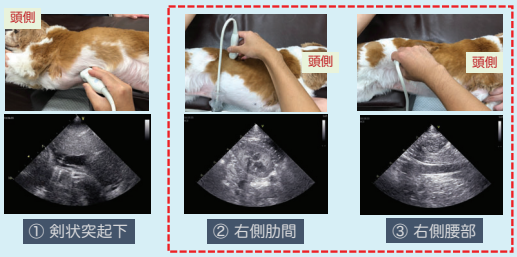
腹水あり



腹水なし

後大静脈の評価

①剣状突起（胸骨）下、②右側肋間、③右側腰部の３つ測定場所での比較
→直径と面積の算出では、②と③で良好な再現性



Elodie Darnis ew al. JVIM 2018;32:1308-1318

右房圧の推定

後大静脈のうっ滞所見
- 後大静脈のサイズ、呼吸性変動の程度

下大静脈からの右房圧推定（ヒト）

下大静脈	径の呼吸性変動	推定右房圧(mmHg)
縮小	虚脱	0 - 5
正常	50%以上の縮小	5 - 10
拡張	50%以下の縮小	10 - 15
下大静脈および肝静脈の拡張	変化なし	>20

参照：超音波エキスパート　心機能評価の考え方と進め方

右房圧の推定

後大静脈のうっ滞所見
- 拡大と呼吸変動の有無

【私案】後大静脈の所見からの右房圧推定

後大静脈の拡張	呼吸性変動	評価
縮小	あり	循環血液量減少？
正常	あり	正常
拡張	あり	右房圧上昇？
拡張	低下	右心不全注意
拡張 (肝静脈も拡張)	なし	右心不全徴候出現間近

半定量的な評価でも非常に有用

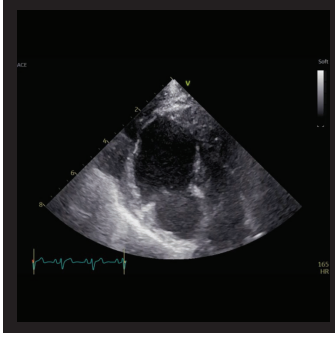
指標の意味と測定時の注意点

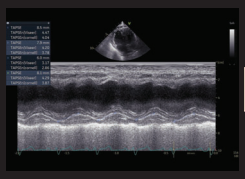
【指標の意味】
- 右房圧の推定

【測定時の注意点】
- 腹腔内（肝臓内）で評価
- 呼吸の状態に影響（人では鼻をすする呼吸動作時に評価, sniffing）
- 循環血液量にも影響を受ける
- 後大静脈の最大径を描出できているか？

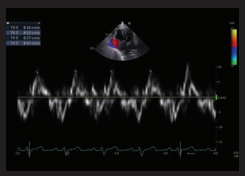
⑥ 右室収縮性

右室収縮性の評価





TAPSE
三尖弁収縮期移動距離



RV S'
組織ドプラ法
三尖弁輪移動速度

右室収縮性

Received: 4 December 2019 | Accepted: 20 May 2020
DOI: 10.1111/jvim.15826

STANDARD ARTICLE

Journal of Veterinary Internal Medicine

Survival characteristics and prognostic importance of echocardiographic measurements of right heart size and function in dogs with pulmonary hypertension

Lance C. Visser | James E. Wood | Lynelle R. Johnson

Department of Medicine and Epidemiology, School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, Davis, California

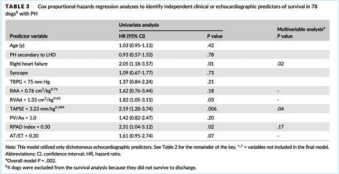


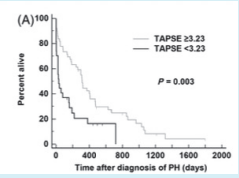
TABLE 3 Cox proportional-hazards regression analyses to identify independent clinical or echocardiographic predictors of survival in 78 dogs[a] with PH

	Univariate analysis		Multivariable analysis[b]
Predictor variable	HR (95% CI)	*P* value	*P* value
Age (y)	1.03 (0.95-1.12)	.42	
PH secondary to LHD	0.93 (0.37-1.53)	.78	
Right-heart failure	2.04 (1.19-3.57)	.01	.02
Syncope	1.09 (0.67-1.77)	.73	
TRPG > 75 mm Hg	1.37 (0.84-2.24)	.21	
RAA > 0.76 cm²/kg$^{0.75}$	1.62 (0.76-3.44)	.18	-
RVAd > 1.33 cm²/kg$^{0.42}$	1.82 (1.05-3.15)	.03	-
TAPSE < 3.23 mm/kg$^{0.284}$	2.19 (1.28-3.74)	.006	.04
PV/Ao > 1.0	1.42 (0.82-2.47)	.20	
RPAD index < 0.30	2.31 (1.04-5.12)	.02	.17
AT/ET < 0.30	1.61 (0.95-2.74)	.07	-

Note: This model utilized only dichotomous echocardiographic predictors. See Table 2 for the remainder of the key. [a,b] = variables not included in the final model.
Abbreviations: CI, confidence interval; HR, hazard ratio.
[a]Overall model *P* = .002.
[b]6 dogs were excluded from the survival analysis because they did not survive to discharge.

TAPSE (mm/kg$^{0.284}$)は、
犬の肺高血圧症における予後指標

- 左心性心疾患による肺高血圧症例で、
  そうでない症例よりもTAPSEは高い傾向



指標の意味と測定時の注意点

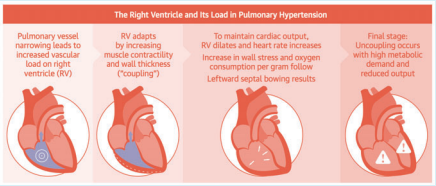
【指標の意味】
- 右室収縮性の評価

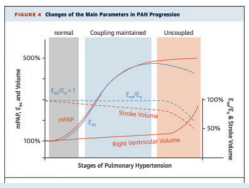
【測定時の注意点】
- 適切な断面像（右室フォーカス心尖四腔断面）で行う
- 角度依存性がある
  - 心筋ストレインの有用性？
- 容量負荷により過大評価の可能性

- 三次元構造を持つ右室全体の機能を代表していない可能性
- 高度の三尖弁逆流や肺動脈弁逆流で過大評価の可能性
- 手術後や収縮性心膜炎などで評価は不正確に

右室-肺動脈カップリング

- 右室の収縮力と後負荷の関係性を示す指標
- 肺高血圧が進行し、右室-肺動脈カップリングが破綻すると右室機能障害と右心不全に進行する
- カテーテル検査によって算出したEes/Eaがゴールドスタンダードの指標であるが、心エコーによって算出するTAPSE/PASPなども相関を示す





Vonk Noordegraaf A et al. JACC. 2017;69:236-243.

肺高血圧に対する治療効果判定を考える

肺高血圧の軽減

- 右室圧負荷所見の軽減
- TRの流速低下（＊拍出改善により低下しない可能性も）

血圧 = 血管抵抗 × 心拍出量

右室負荷・右心不全の緩和

- 三尖弁逆流（右室容量負荷）の軽減
- 腹水貯留の消失（改善）

臨床徴候の消失

- 呼吸様式、失神・虚脱、活動性の改善

酸素化の改善

- PaO2やSpO2の改善

Questions?

VSEC循環器科 cardiology@vsec.jp