

topics vol.124

イヌ肺高血圧症と心エコー評価法

鳥取大学獣医内科学教育研究分野 教授 日笠 喜朗

肺高血圧症(PH)はきわめて予後が悪く、イヌの生存期間中央値はその原因により異なるが診断 から3~91日、イヌの左心疾患の僧帽弁閉鎖不全ACVIMステージCに続発するPHでは中央 値 281~368 日との報告がある。 犬の PH 分類のガイドライン(J Vet Intern Med, 2020; 34: 549-573)では、グループ 1: 肺動脈性 PH、グループ 2: 左心疾患、グループ 3: 呼吸器疾患/ 低酸素症、グループ4: 肺塞栓/肺血栓症、グループ5: 寄生虫疾患(イヌ糸状虫、住血線虫)、グ ループ 6: 多因子疾患またはメカニズム不明なものに臨床分類される。PH の組織学的変化は、 肺動脈性 PH では肺細動脈に中膜肥厚、内膜肥厚、外膜肥厚、血栓および叢状病変などを認める。 興味深いことに、いずれの分類でも叢状病変以外は肺動脈性 PH と同様の血管変化などを認める と報告されている。つまり、左房圧や肺静脈圧が上昇し、一見肺動脈とは無縁と思われる左心疾 患の僧帽弁閉鎖不全症などによる PH においても、肺小動脈内腔の狭窄・閉塞(リモデリング)が 起こることが明らかになっている。肺および心臓を直接の原因としないその他の PH において も、上記の組織変化や血栓を含め、何らかの肺細動脈の組織変化が起こっている。一方、血行動 態による PH の分類では、肺毛細管を中心として、それより前に原因があるものは前毛細管性 PH、後に原因があるものは後毛細管性 PH と呼ばれ、前毛細管性 PH は肺動脈性 PH、肺疾患に よる PH、血栓塞栓症による PH およびその他の PH が相当し、後毛細管性 PH は左心疾患によ る PH が相当する。左心疾患による PH は受動型と反応型に分けられ、反応型 PH は、受動型 PH より重度に肺細動脈リモデリングが生じるため PH はさらに進行し、従来の左心不全治療で は反応性が悪いこともわかっている。このようなより重度の PH は、左心疾患や肺疾患の病因い かんに関わらず、肺動脈性 PH の特異的治療薬の使用が前向きに検討される。今回、犬の心不全 およびPHを診断する上での一般的な心エコー評価法を概説する。

【イヌ肺高血圧症の分類案】 J Vet Intern Med 2020: 34: 549-573

- 1. 肺動脈性肺高血圧症
 - 1a. 特発性(IPAH)
 - 1b. 遺伝性
 - 1c. 薬物・毒物による
 - 1d. 関連性 (APAH)
 - 1d1. 先天性心臓シャント
 - 1d2. 肺血管炎
 - 1d3. 肺血管アミロイド沈着症
 - 1' 肺静脈閉塞性疾患 (PVOD) または肺毛細血管腫症 (PCH)
- 2. 左心疾患による肺高血圧症
 - 2a. 左心室機能不全
 - 2a1. 犬の拡張型心筋症
 - 2a2. 心筋炎
 - 2b. 弁膜症
 - 2b1. 後天性
 - 2b1a. 粘液腫性僧帽弁疾患
 - 2b1b. 弁膜症性心内膜炎
 - 2c1. 先天性/後天性左心流入·流出路閉塞症、先天性心筋症
 - 2c1a. 僧帽弁形成不全
 - 2c2a. 僧帽弁狭窄症
 - 2c3a. 大動脈弁狭窄症

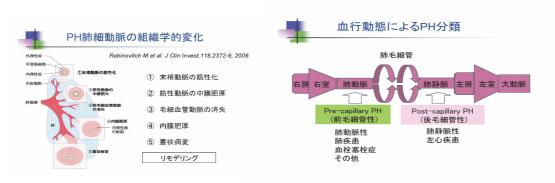
3. 呼吸器疾患、低酸素症またはその両方に起因する二次的な肺高血圧症

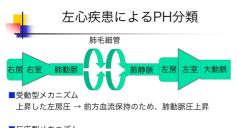
- 3a. 慢性閉塞性気道傷害
 - 3a1. 気管または主気管支の虚脱
 - 3a2. 気管支軟化症
- 3b. 原発性肺実質疾患
 - 3b1. 間質性肺疾患
 - 3b1a. 線維性肺疾患
 - 3b1b. 特発性器質化肺炎/二次性器質化肺炎
 - 3b1c. 肺胞蛋白症
 - 3b1d. 分類不能の間質性肺疾患 (ILD)
 - 3b1e. 好酸球性肺炎/好酸球性気管支肺腫症
 - 3b2. 感染性肺炎: ニューモシスチス: エールリヒア?
 - 3b3. びまん性肺腫瘍
- 3c. 閉塞性睡眠時無呼吸症候群/睡眠呼吸傷害
- 3d. 高所への慢性暴露
- 3e. 先天性肺疾患
- 3f. その他: 気管支の疾患、気管支拡張症、肺気腫、肺切除術
- 4. 肺塞栓症/血栓症/血栓塞栓症(PE/PT/PTE)
 - 4a. 急性 PE/PT/PTE

(右室機能傷害を伴う大きな PE/PT/PTE または右室機能傷害を伴わない小さな PE/PT/PTE)

- 4b. 慢性 PE/PT/PTE
- 5. 寄生虫疾患 (イヌ糸状虫症、住血線虫感染症)
- 6. 多因子性またはメカニズムが不明な PH
 - 6a. グループ 1~5 の PH 病態の明確な証拠がある疾患が 2 つまたはそれ以上に合併しているもの
 - 6b. 肺動脈を圧迫する腫瘤 (例:腫瘍、真菌性肉芽腫など)。
 - 6c. その他の機序が不明確な疾患

【PH の組織変化、血行動態分類、イヌで多い PH の原因】





■反応型メカニズム

肺細動脈リモデリング→動脈抵抗増加→肺毛細管血液流入防 御→右室圧上昇→右室肥大・右室拡張→右心不全

Table 2 Diseases associated with canine pulmonary hypertension in clinical canine populations (references noted)					
	Johnson 1999 ³ N = 53	Pyle 2004 ⁶ N = 54	Bach 2006 ⁴ N = 13	Kellum 2007 ¹ N = 22	Serres 2007 ¹³ N = 60
Left-sided heart disease	23 (43%)	24 (44%)	1 (8%)	9 (41%)	51 (85%)
Pulmonary disease	12 (23%)	22 (41%)	5 (38%)	11 (50%)	7 (12%)
Pulmonary overcirculation (ie, left to right cardiovascular shunts)	2 (4%)	1 (2%)	1 (8%)	2 (9%)	0
Heartworm disease	5 (9%)	3 (6%)	0	0	0
Pulmonary thromboembolism	5 (9%)	2 (4%)	1 (8%)	0	1 (2%)
Miscellaneous	6 (11%)	2 (4%)	5 (38%)	0	1 (2%)

【心エコー評価法】

心臓用プローブを用いて、心臓の形態観察を行い、心臓計測、パルスドプラ (PW)法、連続波ドプラ (CW)法、 組織ドプラ (TDI) 法を用いて心機能パラメータを計測します。以下にその基本的な計測法の一部を示します。

左側短軸断面像 (右心拡張・中隔壁平坦化)

P:100% MI 0.6

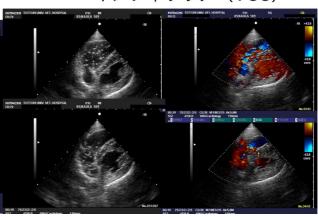
肺高血圧症(右心肥大と中隔壁の平坦化)



三尖弁逆流による右房内モザイクパター



イヌフィラリア(VCS)



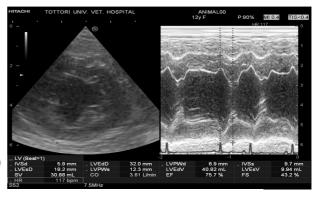
心エコーによる各種心機能パラメータ

- ■LA/Ao:左心房径大動脈径比 ■Em:僧帽弁輪部拡張早期波
- ■FS:左室内径短縮率
- ■EF:左室駆出率
- ■IVSd:拡張末期中隔壁厚
- ■LVIDd:拡張末期左室内径
- ■IVSs:収縮末期中隔壁厚 ■LVIDs:収縮末期左室内径
- ■LVPWs:収縮末期左室自由壁厚 ■CSA:左室流出路断面積
- ■**E波**:拡張早期波
- ■A波:心房収縮期波
- ■E/A:E波とA波の比
- ■DecT:E波減速時間
- ■左室 Tei index
- ■右室 Tei index

- ■Am:僧帽弁輪部心房収縮期波
- ■E/Em:E波とEmの比
- ■MVGs:収縮中期心筋速度勾配
- ■MVGe:拡張早期心筋速度勾配
- ■LVPWd:拡張末期左室自由壁厚 ■MVGa:心房収縮期心筋速度勾配
 - ■Vend-Vepi:心内膜と心外膜の速度差
 - ■CO:心拍出量

 - ■AEV:大動脈血流速
 - ■VTI:流速積分值
 - ■SV: 1 回拍出量
 - ■MRmax:僧帽弁最高逆流速
 - ■TRmax:三尖弁最高逆流速
 - ■SPA: 収縮期肺動脈圧 (簡易ベイヌーイ式より)
- ■PRmax:肺動脈弁最高逆流速 ■TAPSE:三尖弁輪収縮期移動距離

各種心機能の評価 (左室系)



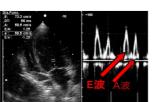
パルスドプラ法 (PW)

- ■特定部位の血流速度を測定する方法
- ■血流波形から血流方向と時相、血管断面積と併せて血流量を算出
- ■血流の定量的評価による心機能の評価

左室流入血流速(E波、A波)

大動脈血流速 肺動脈血流速

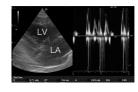
Tei index など



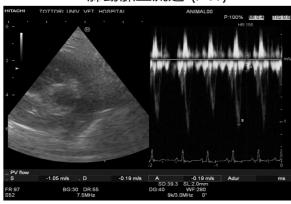
拡張早期波/心房収縮期波

(E/A)

- ■正常 E/A > 1
- ■拡張障害:拘束パターン
- ●E波低下・DecT延長 ●E/A <
- ●E波とA波の間の時間(IVRT)延長
- ■拡張障害の悪化:左房圧上昇 ●E波上昇・ DecT短縮
- \bullet E/A > 1
- ●IVRT短縮
- ●偽正常化 ■さらなる拡張障害の進行
- E/A > 2



肺動脈血流速 (PW)



肺高血圧症の肺動脈血流波形 Kellihan & Stepien: J Vet Cardiol 14, 149-164, 2012 |型 Ⅱ型 Ⅲ型 (ドーム様) (急加速) (ノッチ) 軽度PH 中等度PH 重度PH 正常 TRmax (m/s) < 2.8 2.8-3.4 3.5-4.3 > 4.3

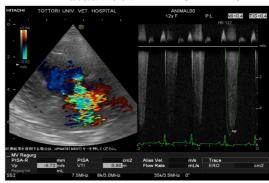
連続波ドプラ法 (CW)

- ■パルスドプラで測定できない高速異常血流計測
- ■心臓弁の逆流速度
- ■狭窄部位の血流速度
- ■逆流および狭窄部分の圧較差を推定
- ■弁口面積を推定

僧帽弁最高逆流速(MRmax)

50-75

31.4-49



推定収縮期肺動脈圧 (sPA)

■三尖弁逆流速 (TRmax)から算出 (CW) $sPA=4\times(TRmax)^2+右房圧=4x4^2+15=79$



ベルヌーイの簡易式 圧較差= 4x血流速度(m/s)2

推定平均肺動脈圧

■肺動脈弁逆流速(PR)から算出(CW) 平均肺動脈圧 = 4×(拡張早期PR)2 $= 4 \times 3.35^2 = 45$

sPA (mmHg) < 31.4



推定拡張末期肺動脈圧

> 75

■肺動脈弁逆流速(PR)から算出(CW) 拡張末期肺動脈圧 = 4x(拡張末期PR)² +右房圧 = 4 x 2.29² + 10 = 31 mmHg

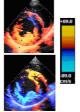


組織ドプラ法(TDI)

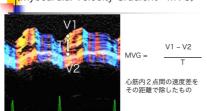
ある点からみた組織の運動速度を評価

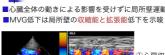


心筋壁運動速度 のカラー画像化



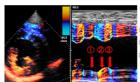
心筋速度勾配 (Myocardial Velocity Gradient : MVG)





■心臓全体の動きによる影響を受けずに局所壁運動の評価が可能

MVG

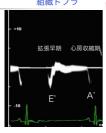


①心房収縮期: MVGa ②収縮期:MVGs ③拡張早期: MVGe

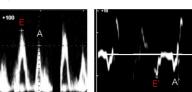
僧帽弁輪後退速度

左室の長軸方向の伸び縮みが分かる





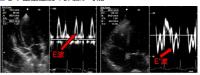
拡張早期波/僧帽弁輪部拡張早期波 (E/Em)



左室流入血流速 僧帽弁輪後退速度

E/E'による評価

- ■僧帽弁血流波形 (E波・A波)の偽正常波形を鑑別 ■左室拡張末期圧(LVEDP)と相関、左房圧の推定
- ■上昇は心室拡張能の低下を示す
- ■心不全重症度の評価が可能



Tei index <PW法による左室流入血流速および流出路血流速波形> b時間 間

a時間:左室流入血流の終了 から再開始までの時間 b時間、ET:駆出時

ICT : 等容性収縮時間 IRT : 等容性拡張時間

Tei index = (a-b)/b = (ICT + IRT)/ET

Tei indexによる評価 収縮機能低下→ ICT↑、ET↓ 心疾患 🗪 拡張機能低下→ IRT↑ Tei index ↑

収縮能と拡張能の両方の総合的な心機能指標

年齢、体重、血圧 などに比較的影響されない イヌ参照値: 左室 0.38 ± 0.10 (J.Vet.Med.Sci. 2007) 右室 0.17 ± 0.10 (J.Vet.Med.Sci. 2006)

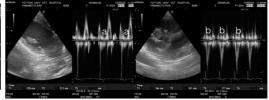
右室Tei index

三尖弁流入波形終了から流入開始するまで(a時間) 肺動脈駆出時間(b時間) Tei index = (a-b) / b



左室Tei index

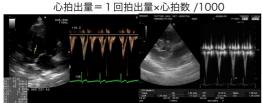
左室流入波形終了から流入開始するまで (a時間) 大動脈駆出時間(b時間) Tei index = (a-b) / b





心拍出量の測定 (PW法)

TVI:左室駆出血流時間積分值 CSA:左室流出路断面積 1回拍出量=TVI×CSA



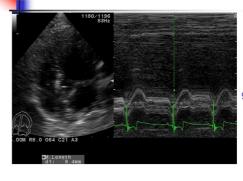
三尖弁輪部収縮期移動距離 (TAPSE)

- ■右室収縮能の評価
- ■心尖部四腔断面
- ■カーソル位置:右室自由壁三尖弁輪部
- ■Mモード
- ■収縮期:三尖弁輪部の心尖部方向への移動距離
- ■ヒトPAH患者死亡率

18 mm未満はそれ以上に比べ約4倍高い

Am J Cardiol 110: S16-24 (2012)

TAPSE



9.4 mm

TAPSE (正常犬)

