

令和 4年6月17日(金)  
午後 9時30分～11時30分頃  
場所 ZOOM会議

## 志学会 6月・月例会

演題 『血ガスセミナー呼吸困難編』

講師 TRVA夜間救急動物医療センター  
院長 塗木 貴臣 先生

もっと臨床をおもしろく！

# 0から始める 血ガスセミナー

第1弾 呼吸困難編

TRVA夜間救急動物医療センター 漆木 真臣



1

数値から動物が想像できますか？

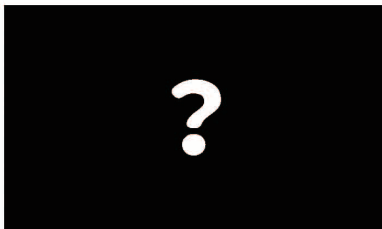
猫 6y ぐったり  
BUN 140≦  
Cre 18.5  
K 10.7



2

数値から動物が想像できますか？

犬 8y ぐったり  
pH 6.96  
PvCO<sub>2</sub> 66mmHg  
BE -17.1  
Lac 8.3mmol/L



3

皆さんが血ガスを小難しく感じてしまう理由

血ガスに 馴染みがない から

4



## 血液ガスってなんだ？

5

“秒”でER人格になるための“たった2つ”のステップ

救急診療に来院する症例  
呼吸不全/虚脱/意識障害/発作  
危険がわかりやすい症状

1つめ

どんな状態が、わかりやすく!?  
生命にかかわる危険な状態なのか?  
を理解すること

多少、大雑把でも、  
最短距離で、状況を把握する

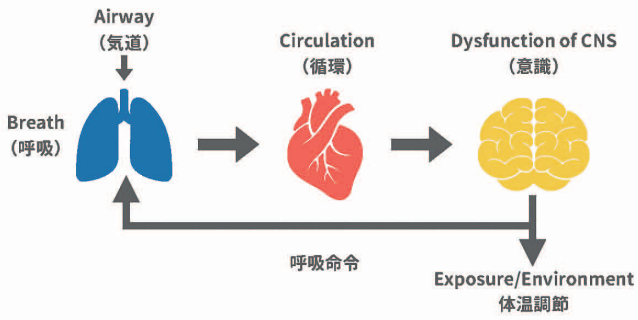
2つめ

どうすれば、最短距離で!  
状況を把握することができるのか?  
(原因)  
を理解すること

生命維持に関わる  
問題を突きとめつつ、治療を並走。

6

救急/集中治療で最重要 生命の輪



7

つまり、重症例とは？

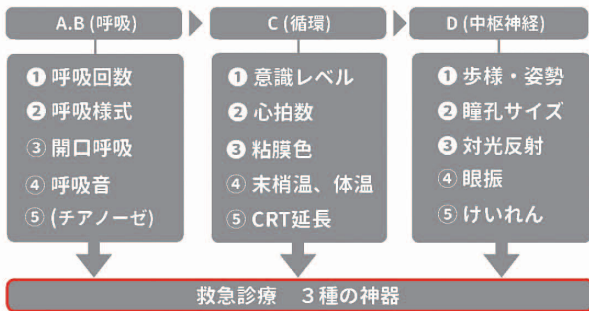
生命維持に関わる異常をきたしている状態



- 呼吸 (A,B)
- 循環 (C)
- 中枢神経 (D)
- 代謝 (E) など

8

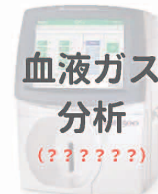
特に重症例では、**結論**の情報が必要となる！



9

救急/集中治療に欠かせない 重症度評価

客観性の高い (≒精度の高い) 情報 を与えてくれるデバイス

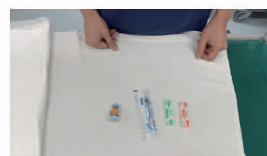


10



11

採血前



測定前

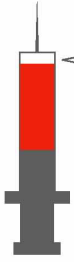


ヘパリンフラッシュ

気泡除去 攪拌

12

## 血ガス測定時の注意点



空気中の酸素分圧  
**160**mmHg  
空気中の二酸化炭素分圧  
ほぼ **0**mmHg

1. 過剰なヘパリンを避ける
2. 気泡は必ず抜きましょう
3. しっかりと攪拌しましょう
4. 採取後はすぐに測定しましょう

13

## PaO<sub>2</sub>

① ② ③

- ① P: 分圧 S: 飽和度  
② a: 動脈 v: 静脈 p: 脈波  
③ ガスの種類

Q1. PvCO<sub>2</sub>

静脈血 二酸化炭素 分圧

Q2. SpO<sub>2</sub>

脈波 酸素 飽和度

14

## 犬猫の正常値（動脈）

| 動脈                                     | 犬                   | 猫                   |
|--|---------------------|---------------------|
| pH                                     | 7.41<br>(7.35-7.46) | 7.39<br>(7.31-7.46) |
| PaCO <sub>2</sub> (mmHg)               | 37<br>(32-43)       | 31<br>(26-36)       |
| PaO <sub>2</sub> (mmHg)                | 92<br>(80-105)      | 107<br>(95-115)     |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L) | 22<br>(18-26)       | 18<br>(14-22)       |
| B.E (mmol/L)                           | -2<br>(+1~-5)       | -5<br>(-2~-8)       |

© Statens Serum Institut, Copenhagen, Denmark

15

## 犬猫の正常値（静脈）

| 静脈                                     | 犬         | 猫         |
|--|-----------|-----------|
| pH                                     | 7.33~7.42 | 7.33~7.48 |
| PvCO <sub>2</sub> (mmHg)               | 36~44     | 32~38     |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L) | 20~24     | 18~23     |
| B.E (mmol/L)                           | -4 ~ -1   | -5 ~ 0    |

© Statens Serum Institut, Copenhagen, Denmark

16

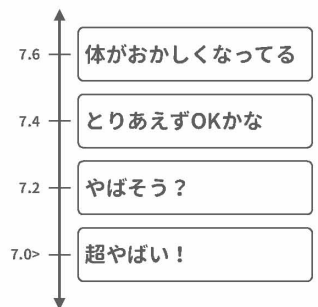
## 血液ガスでしか測れないもの

- ① 酸 - 塩基のバランス **pH** 乱れたらダメ  
(≒生命の恒常性) PCO<sub>2</sub> HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- ② 酸素化の指標 **PO<sub>2</sub>** 下がったらダメ
- ③ 換気の指標 **PCO<sub>2</sub>** 上がったらダメ

17



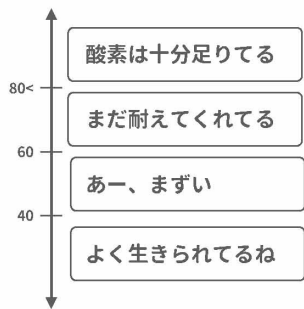
**pH 6.98**  
(正常値 7.35-7.46)



18



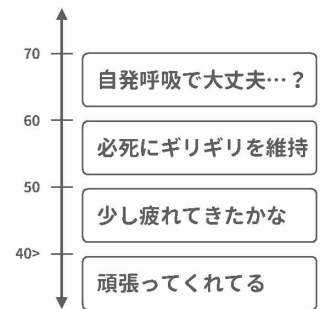
**PO<sub>2</sub> 42mmHg**  
(正常値 80-105)



19



**PCO<sub>2</sub> 72mmHg**  
(正常値 32-43)



20

さらに！！

- PCV ⇒ **貧血** では生きられない
- 電解質 ⇒ **高カリウム** では生きられない
- Glu ⇒ **低血糖** では生きられない
- Ca<sup>2+</sup> ⇒ **低Ca** では生きられない
- Lac ⇒ **低循環** では生きられない

21

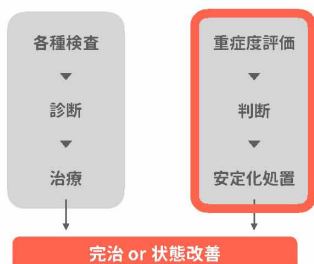
つまり、血液ガスが僕らに教えてくれること



しかも、これら情報が短時間で手に入る！

22

救急で大事！重症なほど同時進行すべし



すばやく、正しく、  
重症度と病態を掴む

23

救急現場における

血液ガス分析 最大の利点

迅速に、客観的に、状態評価



次の臨床アクションにつながる

24

## 血液ガスってなんだ？ まとめ

- ✓ 生命の輪を意識した診療こそ救急診療
- ✓ 血ガスは救急3種の神器の1つ
- ✓ 死に向かっているかを客観的に評価できる
- ✓ 次の臨床的手段へ繋がることも魅力

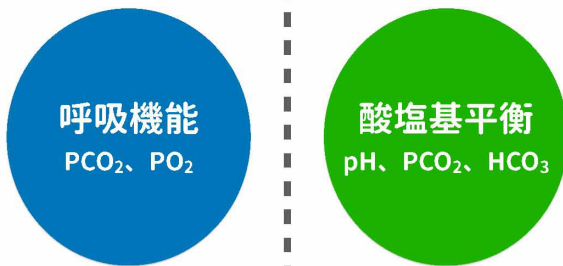
25



## 呼吸困難と血液ガス

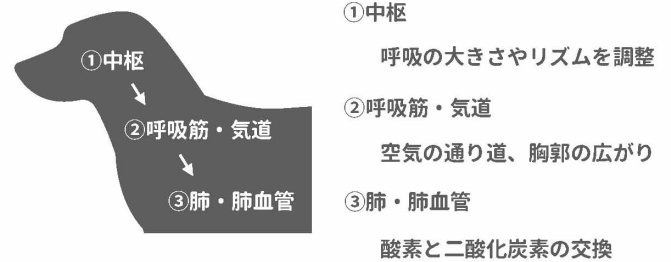
26

## 血ガスで読むのは2つだけ



27

## O<sub>2</sub> を取り入れて (酸素化) CO<sub>2</sub> を排出する (換気)



28

## 呼吸器疾患から死へ

呼吸メカニズムの異常

呼吸機能の低下

ここで重症度が分かる！

恒常性の破綻

死亡

29

## 呼吸機能を知るにはどうしたら!?



30

## 呼吸不全とは、命に関わる低酸素のこと



チアノーゼ=超低酸素

室内酸素条件下

$\text{PaO}_2$ : **60** mmHg 以下

$\text{SpO}_2$ : **90**% 以下

31



ソファから落下し、起立困難

32

## バイタルサインと救急エコー

T : 37.0°C    P : 92/分    R : 30/分

BP : 129/90 (104)    粘膜色 : 軽度チアノーゼ

$\text{SpO}_2$  : 100% (マスク 5L/min)

意識レベル : 軽度低下    対光反射 : 正常    四肢CP : 0

救急エコー (肺/心臓/体腔) : 異常なし

33

## 室内気 (O<sub>2</sub> 21%)

pH    7.16

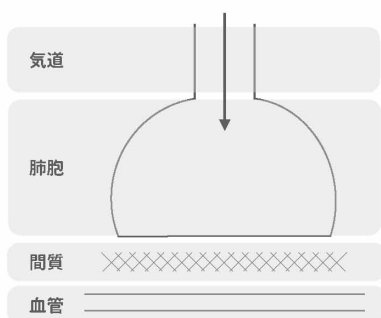
$\text{PaCO}_2$     72    mmHg

$\text{PaO}_2$     54    mmHg

$\text{HCO}_3$     25.7    mmol/L

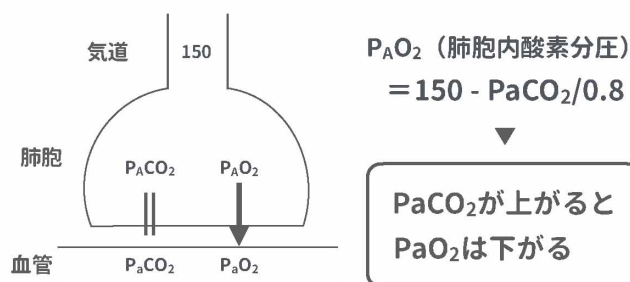
34

## 模式図の解説



35

## 臨床的にCO<sub>2</sub>も重要な理由



36

## PCO<sub>2</sub>が上がるって？



呼吸が少ない or 不規則だから  
**CO<sub>2</sub>上昇**



一生懸命だけど気道が狭すぎて  
**CO<sub>2</sub>上昇**

37

## CO<sub>2</sub>が溜まるって身体はキツイんですよ

呼吸が弱い/少ない 息が吸いづらい/吐きづらい 胸郭が広がらない



空気の入れ替えが不十分 = CO<sub>2</sub>が貯留



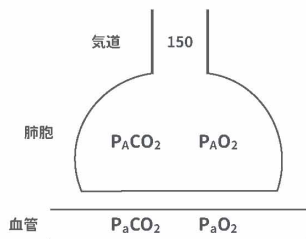
意識障害 (脳圧亢進)  
など



アシデミア (pH↓)

38

症例 PaCO<sub>2</sub> 72 PaO<sub>2</sub> 54



$$P_{A}O_2 = 150 - P_{a}CO_2 / 0.8$$

CO<sub>2</sub>の溜まりすぎで  
O<sub>2</sub>が入らない  
(= 2型呼吸不全)

39

仮診断

次に行うべき検査/処置は？

40

## CO<sub>2</sub>を減らすには？

換気 = 1回換気量 × 呼吸数



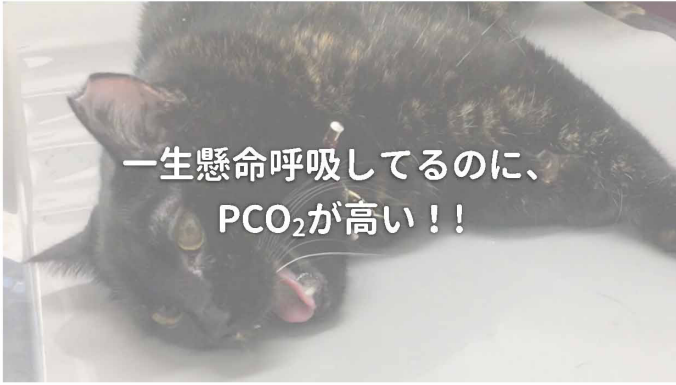
1. 原因疾患の改善
2. 気管挿管 / 人工呼吸器

41

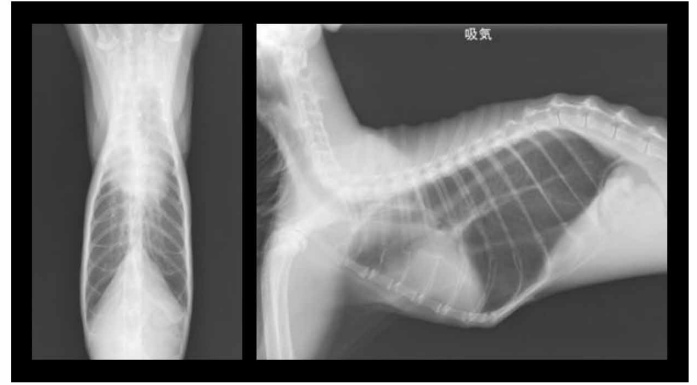


42





43



44

### 仮診断

猫喘息の急性増悪（下部気道の閉塞）

次に行うべき検査/処置は？

内科治療でICU管理（治療反応をモニター）

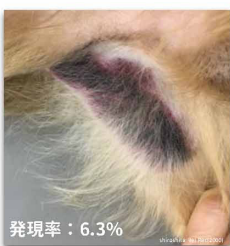
45

### 血液ガスにおける採血方法



46

### 動脈から採血する デメリット



- ① 採血技術が必要  
= しっかりとした保定が必要
- ② 持続的な出血を起こす  
= ちゃんとした止血が必要

47

### 正常犬での動脈と静脈

| 犬                                      | 動脈            | 静脈（頸）           |
|--|---------------|-----------------|
| pH                                     | 7.395 ± 0.028 | 7.352 ± 0.023 ○ |
| PaCO <sub>2</sub> (mmHg)               | 36.8 ± 2.7    | 42.1 ± 4.4 △    |
| PaO <sub>2</sub> (mmHg)                | 102.1 ± 6.8   | 55.0 ± 9.6 ×    |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L) | 21.4 ± 1.6    | 22.1 ± 2.0 ○    |
| B.E (mmol/L)                           | -1.8 ± 1.6    | -2.1 ± 1.7 ○    |

Photo Courtesy: Vet and Dog Owner's Club Animal Practice (Shizuoka City)

48

シーズー 5歳  
誤嚥性肺炎



**静脈** PCO<sub>2</sub> : 32mmHg  
SpO<sub>2</sub> : 測定不可

**動脈** PCO<sub>2</sub> : 24mmHg  
PO<sub>2</sub> : 77mmHg

PCO<sub>2</sub> : 静脈で正常値 = 動脈でも正常値

49

パグ 11歳  
頭蓋内疾患、上気道閉塞、誤嚥性肺炎



**静脈** PCO<sub>2</sub> : 65mmHg  
SpO<sub>2</sub> : 90%

**動脈** PCO<sub>2</sub> : 45mmHg  
PO<sub>2</sub> : 55mmHg

PvCO<sub>2</sub>が高い = 重症の可能性が高い

50



昨夜から努力呼吸が続いている

51

T : 37.1°C P : 108/分 R : 132/分

BP : 163/92 (118) CRT : 正常

SpO<sub>2</sub> : 測定できず 粘膜色 : チアノーゼ

意識レベル : 軽度低下

問診 : 外傷や吸引はない



52

pH 7.33

PaCO<sub>2</sub> 22 mmHg

PaO<sub>2</sub> 41 mmHg

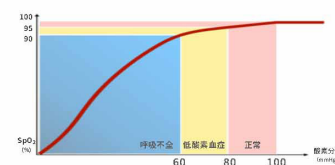
HCO<sub>3</sub> 11.6 mmol/L

53

SpO<sub>2</sub>で酸素化を評価する



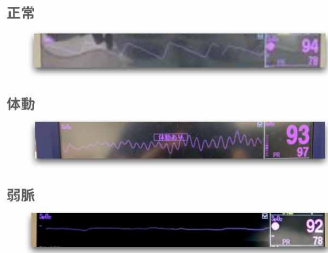
正常値 : 95-100%



呼吸状態と環境を踏まえて評価する

54

## SpO<sub>2</sub>で酸素化を評価する？

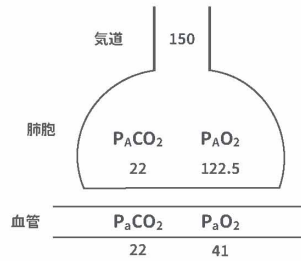


- 簡単
- 侵襲性なし
- 連続的に測定可能

- アーチファクトに弱い
- オペ室にしかない

55

症例 PaCO<sub>2</sub> 22 PaO<sub>2</sub> 41

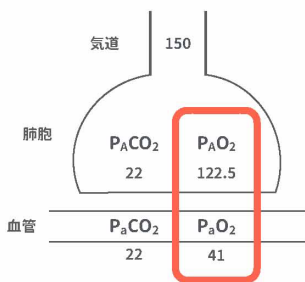


$$P_{A}O_2 = 150 - P_{A}CO_2 / 0.8$$

ガス交換がうまくいかず  
O<sub>2</sub>が入らない  
(= 1型呼吸不全)

56

## ガス交換が上手くいかない≡肺疾患



room airでのみ適応

$$A-a DO_2 = P_{A}O_2 - P_{a}O_2$$

$$(150 - P_{CO_2} / 0.8)$$

| A-a DO <sub>2</sub> | 肺内要因         |
|---------------------|--------------|
| < 20 mmHg           | なし           |
| 20-30 mmHg          | 可能性を考慮       |
| > 30 mmHg           | 重症度により関大悪化あり |

57

## 仮診断

次に行うべき検査/処置は？

58

## 呼吸不全には2パターンある

### 1型呼吸不全

肺でのガス交換が  
できないから  
CO<sub>2</sub> ↓ O<sub>2</sub> ↓

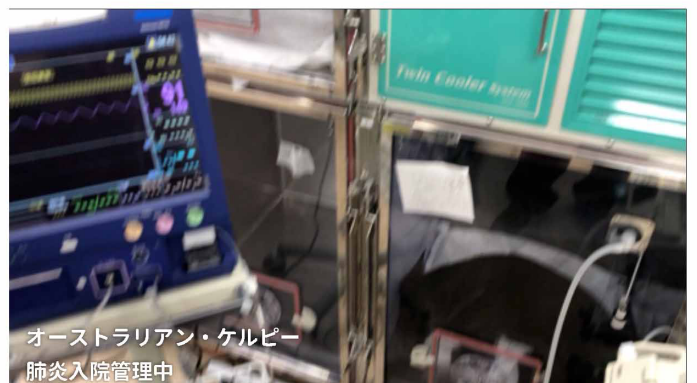
肺の病気

### 2型呼吸不全

換気ができなくて  
CO<sub>2</sub>が溜まりすぎたから  
CO<sub>2</sub> ↑ O<sub>2</sub> ↓

肺以外の病気

59

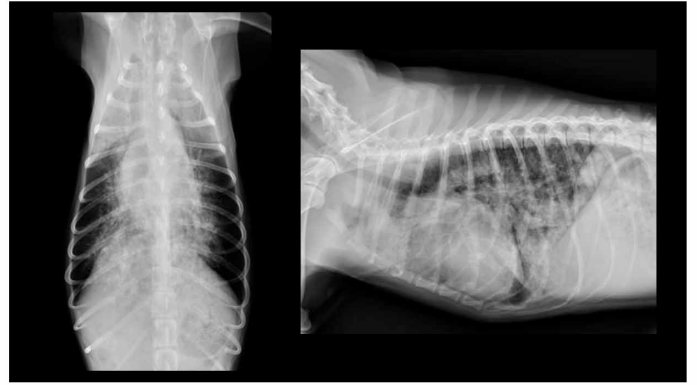


オーストラリアン・ケルピー  
肺炎入院管理中

60

T : 39.2    P : 150/分    R : 120/分  
 BP : 129/64(82)    SpO2 : 88-90% (ICU 60%)  
 粘膜色 : ICU外に5分出すとチアノーゼ  
 意識レベル : 低下

61



62

|              |                   |    |      |                       |
|--------------|-------------------|----|------|-----------------------|
| 来院時          | PaCO <sub>2</sub> | 22 | mmHg | 意識鮮明<br>活動性あり<br>頻呼吸  |
|              | PaO <sub>2</sub>  | 50 | mmHg |                       |
| ▼            |                   |    |      |                       |
| 入院中<br>(3日目) | PaCO <sub>2</sub> | 62 | mmHg | 意識障害<br>活動性低下<br>超頻呼吸 |
|              | PaO <sub>2</sub>  | 45 | mmHg |                       |

63

### 肺疾患がたどる末路…



肺疾患 (軽度~中等度)

低酸素で一生涯懸命に呼吸するから

**CO<sub>2</sub>低下**



肺疾患 (重症)

一生涯懸命に呼吸していても

**CO<sub>2</sub>上昇**

64

### 肺疾患末期ではPCO<sub>2</sub>までもが上がる



- 肺内シャントの増加
- V/Qミスマッチの悪化
- 呼吸筋疲労
- 気道液による気流制限

65

### 仮診断

次に行うべき検査/処置は？

66

## 人工呼吸管理の目的

自発呼吸では生きられない患者に対する生命維持



- ① 気道確保
- ② 換気 の改善
- ③ 酸素化 の改善
- ④ 呼吸仕事量 の改善

67

## 人工呼吸管理 を決断する

(TRVAでの判断基準)

循環不全

治療抵抗性

気道閉塞・気道液の喀出

低換気・意識障害 ( $\text{PaCO}_2$  60mmHg<)

酸素投与下でも呼吸不全 ( $\text{PaO}_2$  60mmHg> or  $\text{SpO}_2$  90%>)

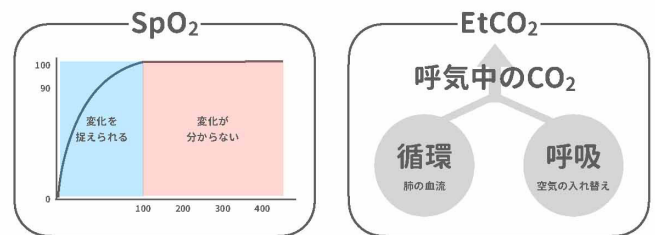


68



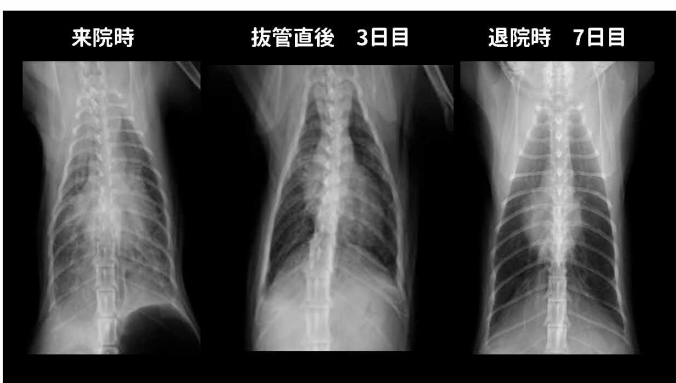
69

$\text{SpO}_2$ も $\text{EtCO}_2$ も、限界がある



モニターと生体内でズレが生まれるかも

70



71

## 呼吸困難と血ガス まとめ

- $\text{PO}_2$  (酸素化) と  $\text{PCO}_2$  (換気) で評価
- 2つの呼吸不全と呼吸メカニズム
- 肺疾患の末期では $\text{PCO}_2$ までもが増加する
- 緊急時こそ静脈血液ガスを上手に使う

72