



VetAgro Sup

Campus Vétérinaire
de Lyon

Siamu

酸素療法とアセスメント

Céline Pouzot-Nevoret

Professor, Dip ECVECC

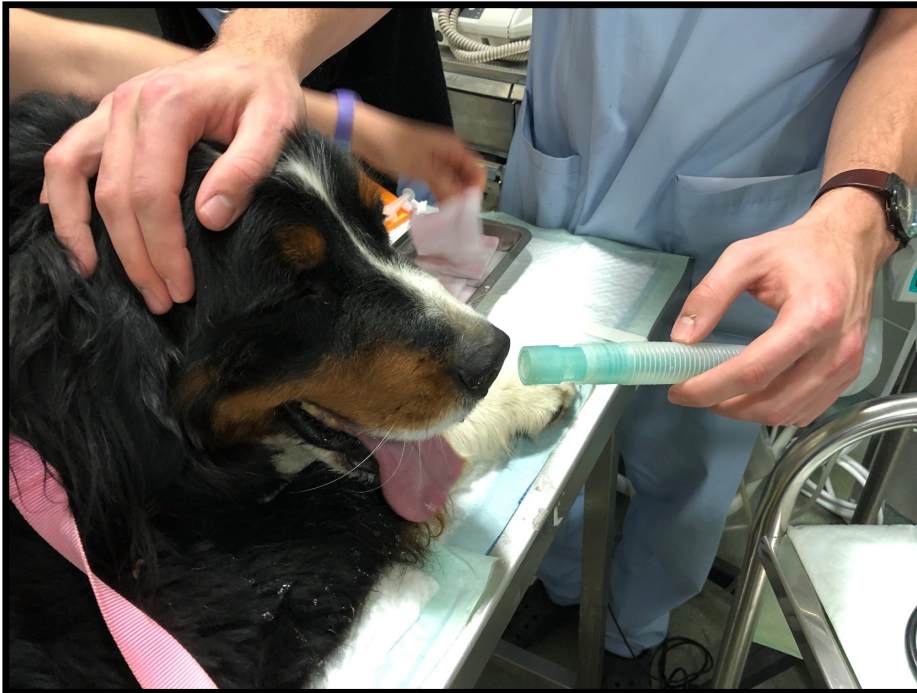
SIAMU - LYON - FRANCE

酸素療法



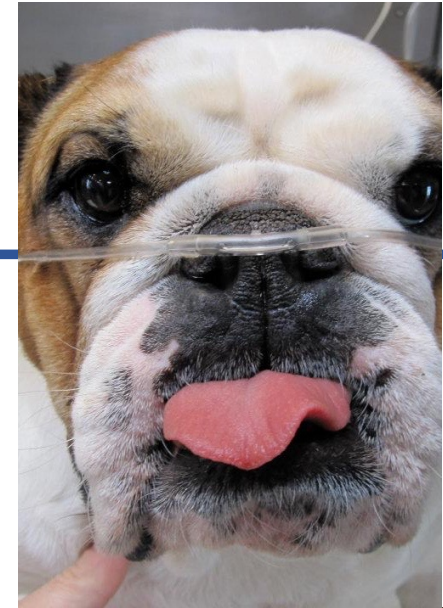
- 呼吸困難の患者に対する第一選択
- 目的
 - 酸素化の改善 (吸入酸素濃度の増加)
 - 努力呼吸の軽減(呼吸サポートの増加)

酸素療法の方法



選択

- 以下に基づいて選択
 - 呼吸困難の原因
 - 予測される酸素療法の実施期間
 - 患者のストレスと性格
 - 有用性/トレーニング



アウトライン



- 様々な酸素療法の概要と適応
- 低酸素血症の診断
- 酸素療法に対する評価と解釈

Eymie



- 6才の避妊メス・ダックスフント 呼吸困難で来院
- 2日前からの活動性低下、嘔吐
- 1日前から咳嗽
- 呼吸困難の悪化



来院時



- 衰弱
- 循環血液量の減少
- T: 39.5°C





フローバイ



- 利用しやすい
 - 素早く実施可能
 - 吸入酸素濃度 25-40%, 流量: 2-3L/min
 - 酸素療法の第一選択
-
- 酸素の無駄が多い
 - 吸入酸素濃度の上昇はマイルド
 - 短期間の使用向き



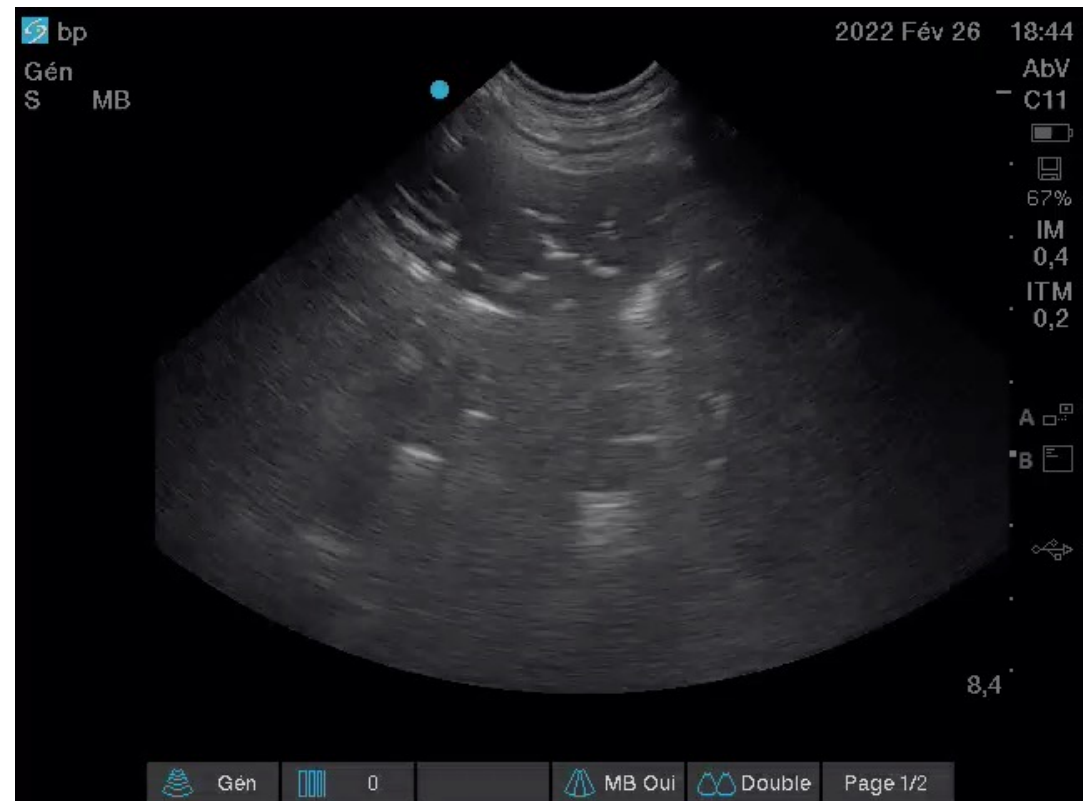
Eymie 初期安定化



- フローバイによる酸素吸入
- ブトルファノール (0.3 mg/kg SC)
- 輸液
- マロピタント
- アンピシリンスルバクタム

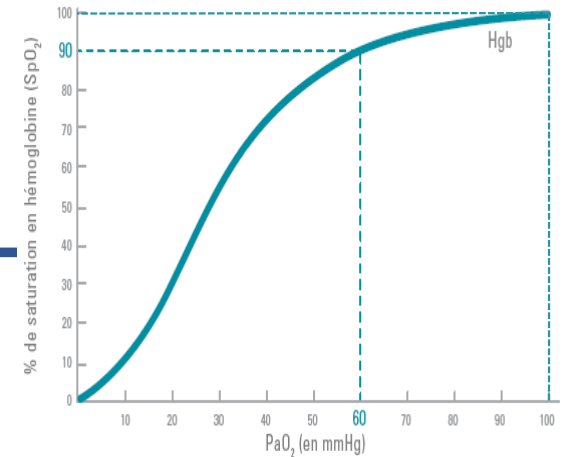
治療の効果は？

誤嚥性肺炎

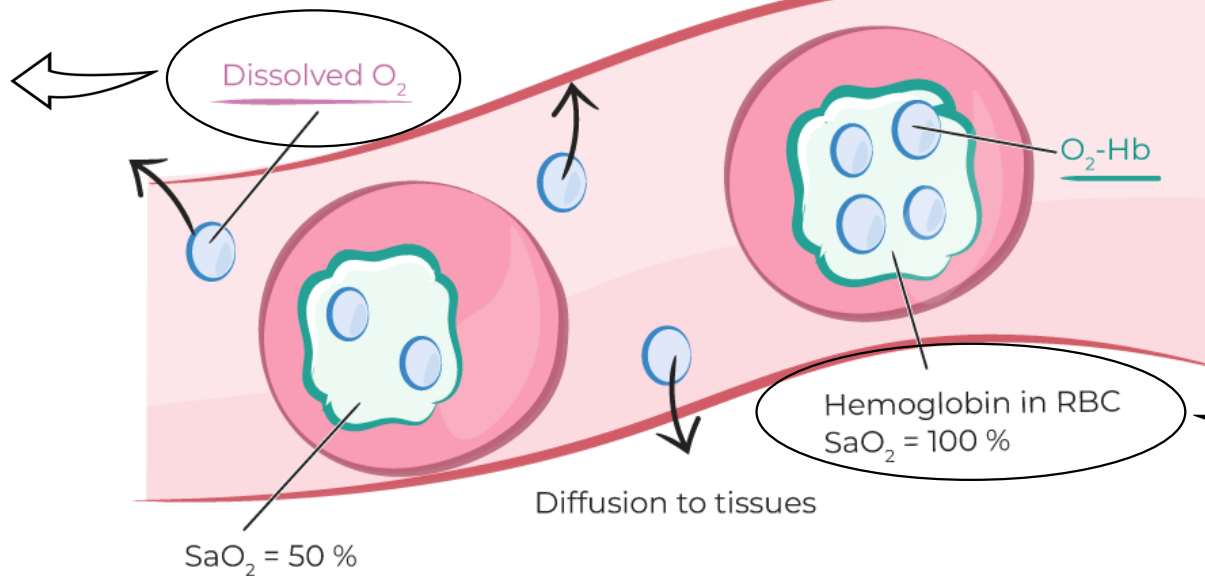


酸素化の評価

$$\text{O}_2 \text{ Delivery} = \text{CO} * \text{O}_2 \text{ Content}$$



PaO₂
血液ガス



パルスオキシメトリー



- 非侵襲的に酸素化の評価が可能
- 継続的なモニタリング
- 使用しやすい
- PaO₂の代替

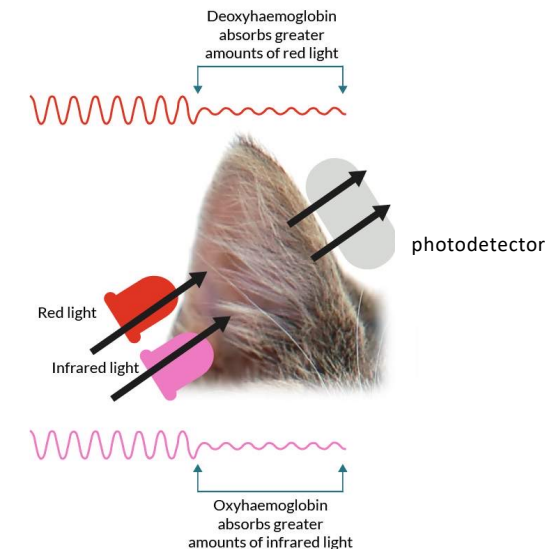
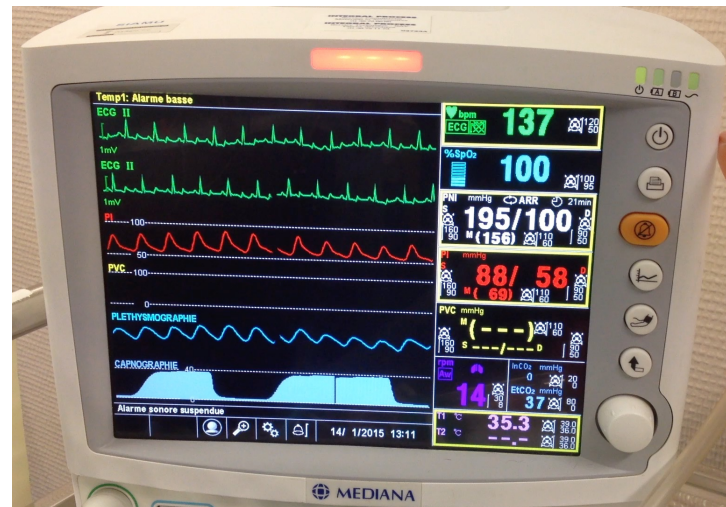
パルスオキシメトリー



- 2つの異なる波長の光を利用してオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンを識別する

プレチスモグラフ

グラフィック波形







使用例と評価



- 使用例
 - トリアージ/来院時
 - 麻酔時
 - 入院中
- 正常 $\text{SpO}_2 = 95\text{-}100\%$
- 低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 95\%$
- 重度低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 90\%$

制限



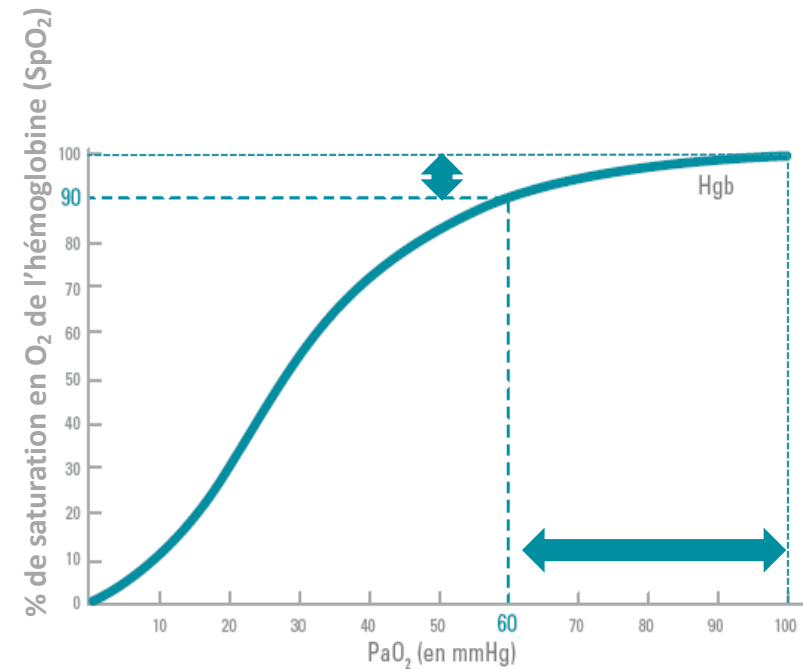
- 正常: $\text{SpO}_2 = 95\text{-}100\%$
- 低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 95\%$
- 重度低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 90\%$

酸素飽和度はわずかな変動しかない

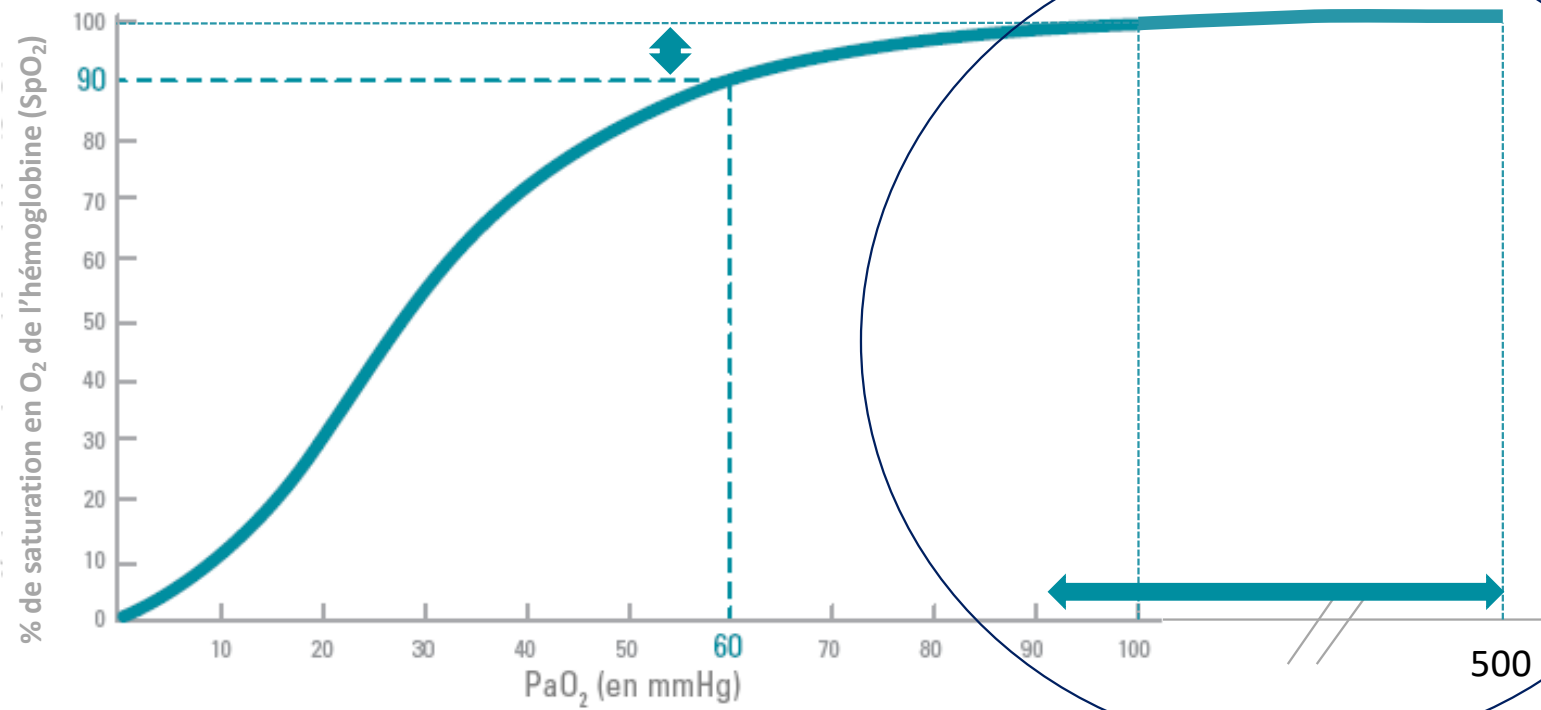
制限



- 正常: $\text{SpO}_2 = 95\text{-}100\%$
- 低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 95\%$
- 重度低酸素血症: $\text{SpO}_2 < 90\%$



制限



技術的な問題



- 皮膚の色素
 - 体動によるアーチファクト
 - 異常ヘモグロビン血症
 - 低灌流
 - 低体温
 - 重度の貧血
-
- ... それでも、酸素評価に役立つ非侵襲的なツール

Eymie初期安定化



- フローバイによる酸素吸入
- ブトルファノール
- 輸液
- マロピタント
- アンピシリンスルバクタム

$\text{SpO}_2 = 90\text{-}98\%$

治療の効果は？

経鼻的酸素療法



- 利用しやすく耐用性がある
 - 吸入酸素濃度30-60%
 - 患者への設置が容易
 - 酸素濃度の調整が可能で無駄が少ない
 - 長期的な酸素投与が可能
-
- 顔面や頭部外傷の患者
 - 鼻出血がある場合
 - 患者が受け入れられない場合

テクニック

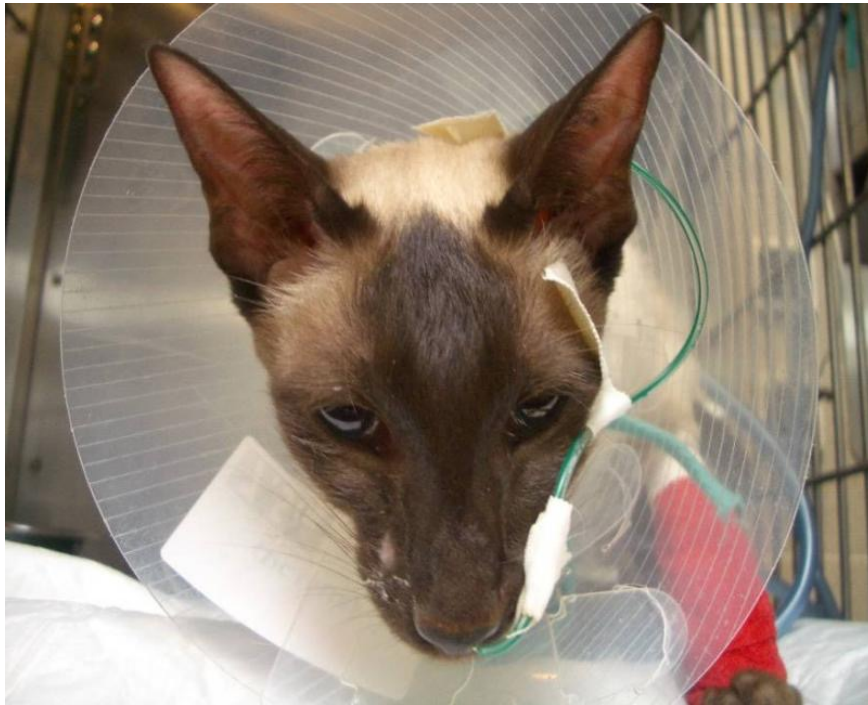








酸素流量の微調整



流量
100-150 ml/kg/min





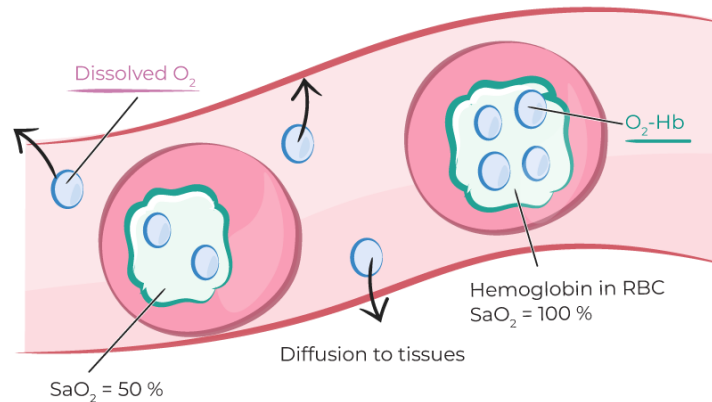
酸素室



- 利用しやすく耐用性がある
- 長期間の酸素療法に適している
- 酸素濃度の調節が可能
- 患者へのアクセスが制限される
- 酸素の無駄が多い
- 乾燥による角膜潰瘍のリスク
- 二酸化炭素の再呼吸のリスク
- 高体温リスク



- 経鼻酸素投与で初期安定化を実施
- SpO₂: 95%
- 酸素化の更なる評価をするためには？



血液ガス分析



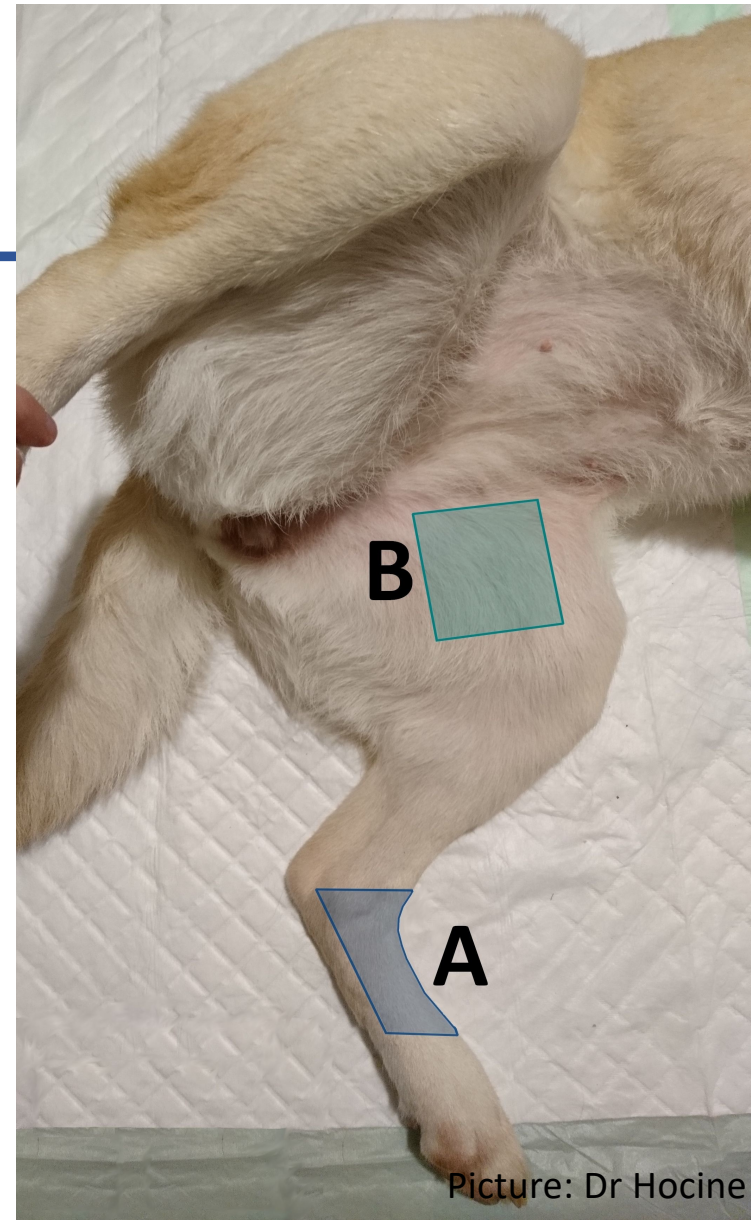
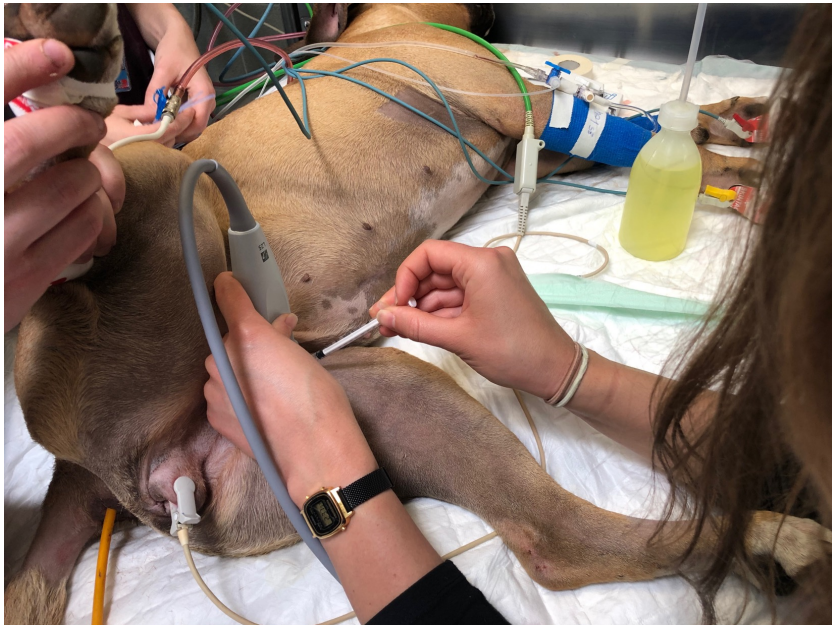
Arterial and Venous Blood Gas Values for Normal Dogs (temperature corrected for dog)

	Arterial	Venous
pH	7.361 – 7.444	7.345 – 7.433
PCO ₂ (mm Hg)	27 - 39	40 - 46
Base deficit (mmol/L)	–7 to –1.6	–6 to 0.4
Bicarbonate (mmol/L)	17 - 23	19 - 26
Total CO ₂ (mmol/L)	18 - 24	20 - 27
PO ₂ (mm Hg) (sea level)	83 - 120	32 - 64

Arterial and Venous Blood Gas Values for Normal Cats (at 37°C)^a

	Arterial	Venous
pH	7.46 (7.44-7.47)	7.39 (7.38-7.4)
PCO ₂ (mm Hg)	30 (28-32)	37.5 (36-39)
Bicarbonate (mmol/L)	21 (20 – 22)	22 (21-24)
PO ₂ (mm Hg) (sea level)	97 (94-100)	35 (33-37)

動脈穿刺部位



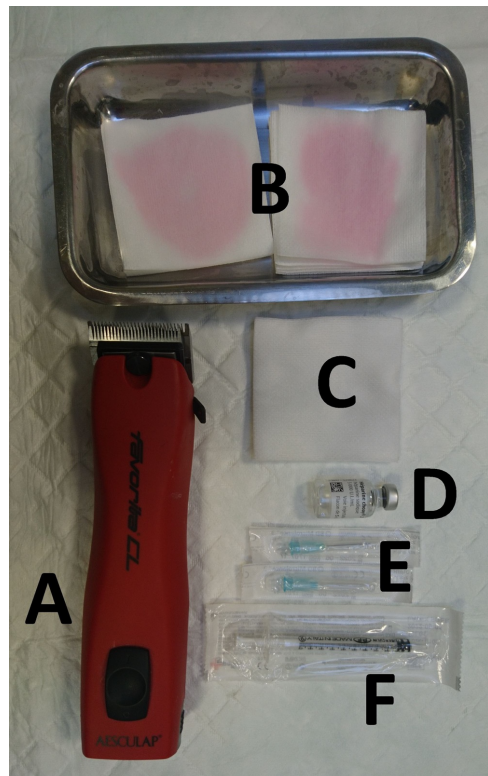
Picture: Dr Hocine



血液ガス – 必要なもの



- クリッパー
- 消毒
- 1 ml シリンジ / 針
- ヘパリン



酸素分圧



- 低酸素血症 : $\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$
- 重度低酸素血症 : $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$

$$\text{PaO}_2 = 5 \times \text{FiO}_2$$

予測 PaO_2

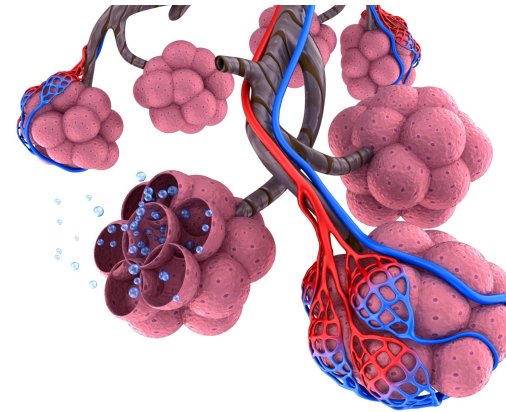


FiO_2	Expected PaO_2
21%	100 mm Hg
30%	150 mm Hg
100%	500 mm Hg

ガス交換の指標

A-a gradient

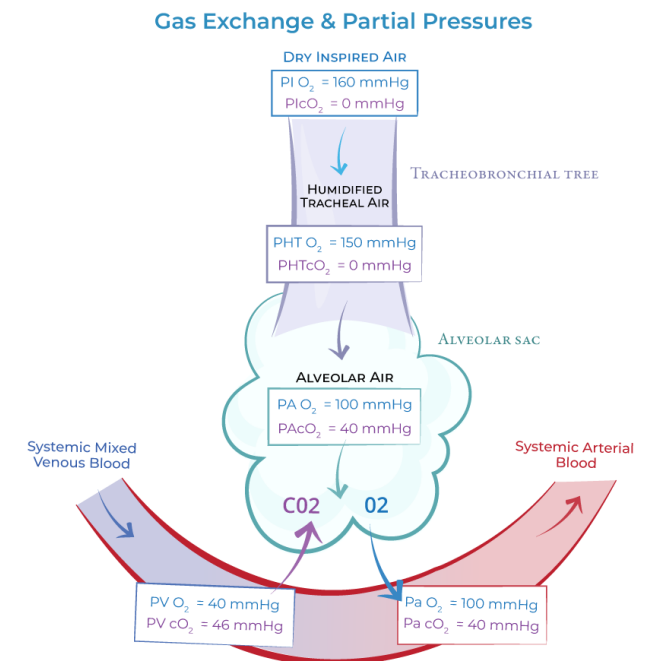
P/F ratio



A-a gradient (肺胞-動脈酸素分圧較差)



- これらの違い
 - 肺胞内酸素分圧(PAO_2)
 - 動脈血酸素分圧(PaO_2)
- $A-a \text{ gradient} = PAO_2 - PaO_2$
 - PaO_2 = 動脈血血液ガス
 - PAO_2 = 計算値



肺泡气式



Partial pressure of Alveolar O₂

O₂ In

O₂ Out

Partial pressure of Arterial CO₂

$$P_{AO_2} = F_{IO_2} \left(P_{ATM} - P_{H_2O} \right) - \left(\frac{P_{aCO_2}}{RQ} \right)$$

Fraction of Inspired O₂

Atmospheric Pressure

Saturated Vapour Pressure of Water

Respiratory Quotient

室内気における肺胞気式



Partial pressure of Alveolar O₂

O₂ In

O₂ Out

Partial pressure of Arterial CO₂

$$P_{AO_2} = \left(\frac{P_{A_{O_2}}}{P_{A_{CO_2}}} \right) \left(P_{O_2 \text{ In}} - P_{O_2 \text{ Out}} \right) - \left(\frac{P_{a_{CO_2}}}{R} \right)$$

Fraction of Inspired O₂

Atmospheric Pressure

Saturated Vapour Pressure of Water

Respiratory Quotient

150

0.8

$P_{a_{CO_2}}$

A-a gradient



- 肺での酸素化能を評価し、 PCO_2 の影響を除外する
- 室内気 (room air)
 - 正常 A-a gradient < 10 mm Hg
 - 静脈血の混合 $\Rightarrow$ A-a gradient > 20 mm Hg
- 酸素療法中は評価できない

解釈



At room air

- **$P_aO_2 = 68 \text{ mmHg}$, $P_aCO_2 = 60 \text{ mmHg}$**
 - $P_AO_2 = 150 - 60/0.8 = 75 \text{ mm Hg}$
 - A-a gradient = $75 - 68 = 7$ (Normal)
 - 低換気による低酸素血症
- **$P_aO_2 = 100 \text{ mmHg}$, $P_aCO_2 = 19 \text{ mm Hg}$**
 - $P_AO_2 = 150 - 19/0.8 = 126 \text{ mm Hg}$
 - A-a gradient = $126 - 100 = 26$ (Increased)
 - 酸素化正常、静脈血の混合に伴う過換気
- **$PaO_2 = 50 \text{ mm Hg}$, $PaCO_2 = 50 \text{ mm Hg}$**
 - $P_AO_2 = 150 - 50/0.8 = 87.5 \text{ mm Hg}$
 - A-a gradient = $87.5 - 50 = 37.5 \text{ mm Hg}$
 - 低酸素血症、静脈血の混合に伴う低換気

P/F ratio (P/F比)



$$\text{PaO}_2 = 5 \times \text{FiO}_2$$



$$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 = 5$$

- PaO_2 in mm Hg
- FiO_2 in decimal

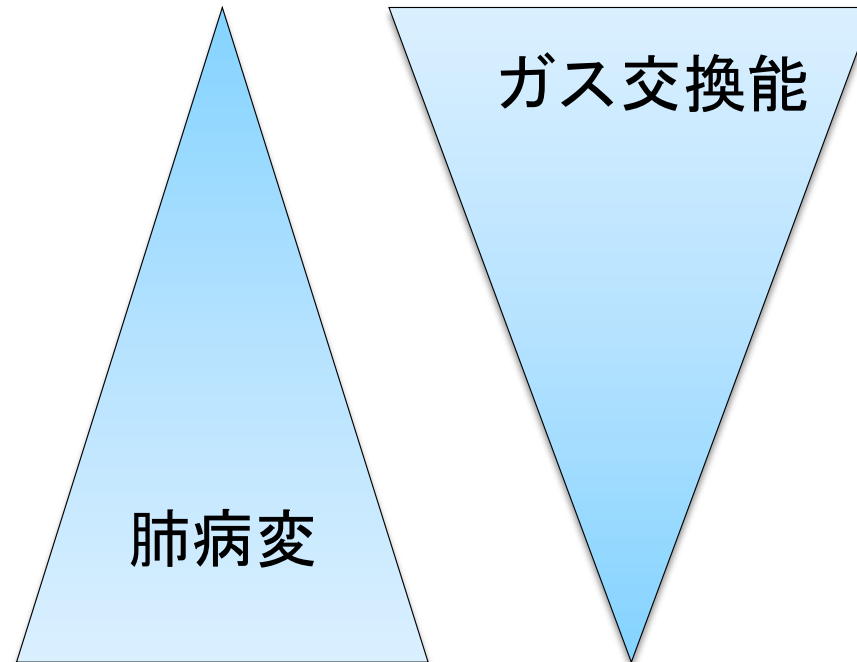


$$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 = 500$$

P/F ratio



正常 P/F ratio $\simeq 500$



P/F ratioを使うタイミング



- 酸素療法を受けている患者
- 治療効果の評価
- 予後の判定

A New Global Definition of Acute Respiratory Distress Syndrome

Criteria That Apply to Specific ARDS Categories			
	Nonintubated ARDS [†]	Intubated ARDS	Modified Definition for Resource-Limited Settings [‡]
Oxygenation [§]	$\text{PaO}_2:\text{FiO}_2 \leq 300$ mm Hg or $\text{SpO}_2:\text{FiO}_2 \leq 315$ (if $\text{SpO}_2 \leq 97\%$) on HFNO with flow of ≥ 30 L/min or NIV/CPAP with at least 5 cm H ₂ O end-expiratory pressure	Mild : $200 < \text{PaO}_2:\text{FiO}_2 \leq 300$ mm Hg or $235 < \text{SpO}_2:\text{FiO}_2 \leq 315$ (if $\text{SpO}_2 \leq 97\%$) Moderate: $100 < \text{PaO}_2:\text{FiO}_2 \leq 200$ mm Hg or $148 < \text{SpO}_2:\text{FiO}_2 \leq 235$ (if $\text{SpO}_2 \leq 97\%$) Severe: $\text{PaO}_2:\text{FiO}_2 \leq 100$ mm Hg or $\text{SpO}_2:\text{FiO}_2 \leq 148$ (if $\text{SpO}_2 \leq 97\%$)	$\text{SpO}_2:\text{FiO}_2 \leq 315$ (if $\text{SpO}_2 \leq 97\%$) [†] . Neither positive end-expiratory pressure nor a minimum flow rate of oxygen is required for diagnosis in resource-limited settings.

動脈血液ガスによる酸素化能評価



- PaO_2 単独ではガス交換能の評価に不充分
- **A-a gradient**
 - 室内気での評価
 - 低換気が低酸素に与える影響
- **P/F ratio**
 - 酸素療法下での評価
 - 良好な予後評価のツール

Eymie's 血液ガス結果



pH

7,42

7,36 - 7,44

PCO2(art)

24

36,0 - 44,0 mmHg

PO2(art)

70

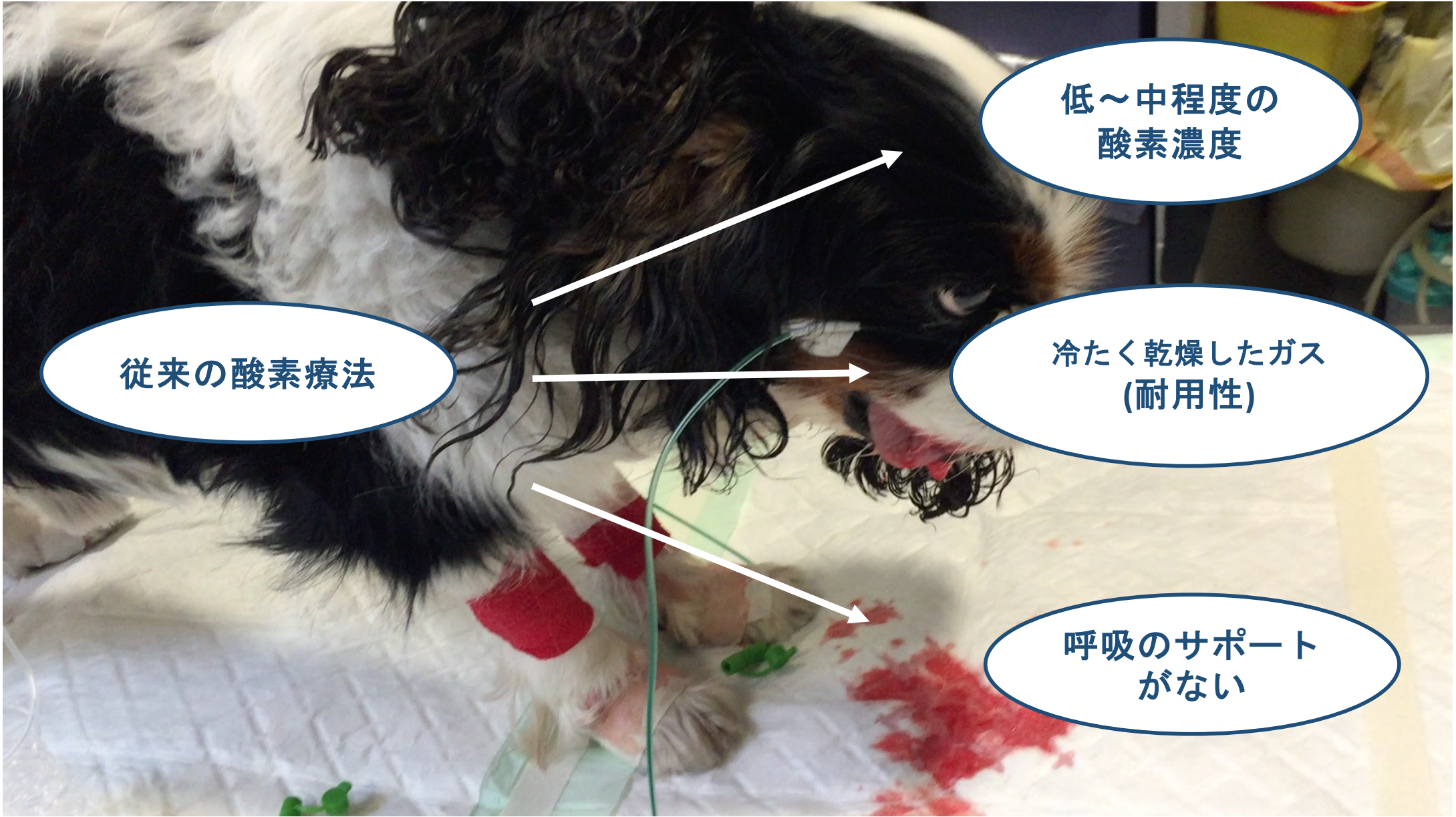
90,0 - 100,0 mmHg

酸素療法の強化?



P/F = 230
努力呼吸の増加





従来の酸素療法

低～中程度の
酸素濃度

冷たく乾燥したガス
(耐用性)

呼吸のサポート
がない

人工呼吸



- 侵襲的な補助呼吸=> 気管挿管と全身麻酔の実施
- 人工呼吸器の役割
 - 陽圧をかけることで気道内圧を上昇させ肺に空気を送る
 - 呼吸仕事量の負担を減らす

人工呼吸の適応



酸素療法を実施しているにも関わらず重度の低酸素血症
($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$)

重度の低換気
 $\text{PaCO}_2 > 60 \text{ mm Hg}$

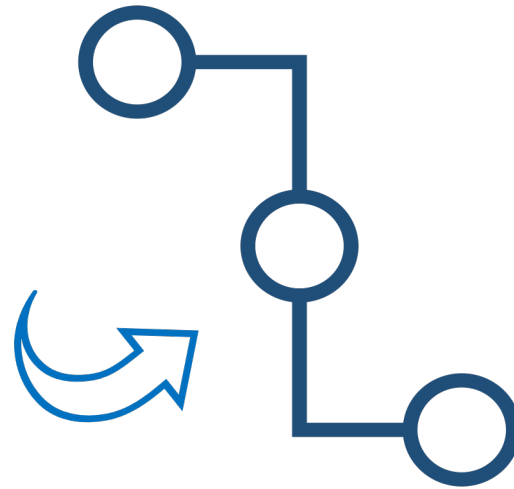
重度の努力呼吸

酸素療法の段階的強化



通常の酸素療法

高流量での酸素療法



人工呼吸

高流量酸素療法



- 呼吸器救急・集中治療におけるトピックス
- 非侵襲的に加温・加湿された空気と酸素を投与
 - 高流量 (最大 60 L/min)
 - FiO_2 21 から100%の範囲で調整可能
- シンプルなセットアップと使いやすいシステム

デバイス



Optiflow®



Airvo®2



Precision flow®



Volumax®

セットアップ



セットアップ



温度

Impact of flow and temperature
on non-dyspnoeic dogs' tolerance
undergoing high-flow oxygen therapy

C. HARDUIN^{*1}, B. ALLAOUCHICHE^{1,2}, J. NÈGRE^{1,2}, I. GOY-THOLLOT^{*1}, A. BARTHÉLEMY^{*1}, A. FOUGERAY^{*},
F. BAUDIN^{1,2}, J. M. BONNETT-GARIN¹ AND C. POUZOT-NEVORET^{1,1,*} JSAP 2020



体温に合わせる



セットアップ



温度

流量

ORIGINAL STUDY

WILEY 

Comparison of high flow nasal cannula oxygen administration to traditional nasal cannula oxygen therapy in healthy dogs
2019

Tiffany A. Jagodich DVM, DVSc, DACVECC  | Alexa M.E. Bersenas DVM, MSc, DACVECC | Shane W. Bateman DVM, DVSc, DACVECC | Carolyn L. Kerr DVM, DVSc, PhD, DACVAA

 1-2 L/kg/min



流量



經鼻酸素投与

→ 150 mL/kg/min

→ 1.5 L/min



10 kg

高流量酸素療法

→ 1 L/kg/min

→ 10 L/min

10 L/min $\neq$ 10 L/min of oxygen

セットアップ



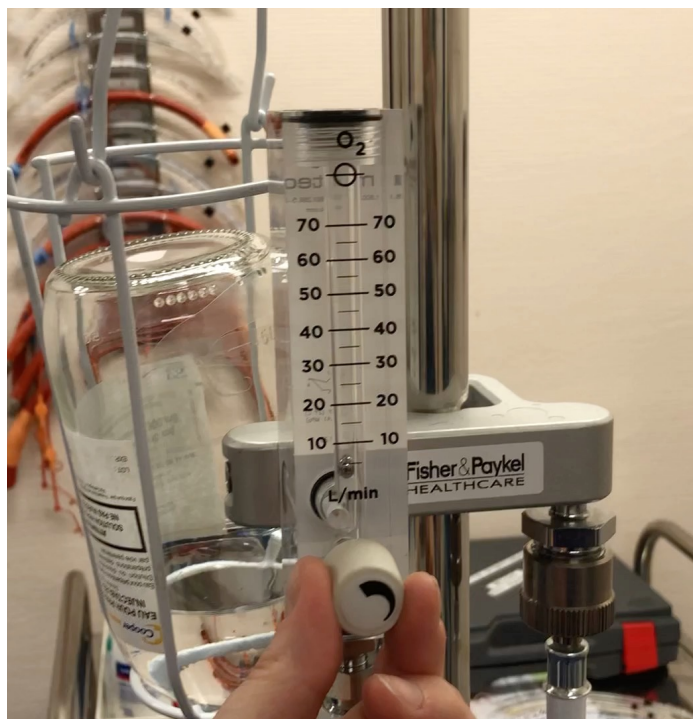
温度

流量

酸素濃度



調整



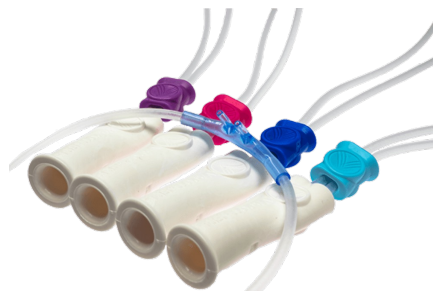
セットアップ

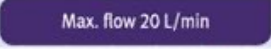
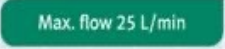




鼻カニューレ

鼻孔の50%を覆う



F&P OPTIFLOW JUNIOR												
OPTIFLOW JUNIOR NASAL CANNULA	ITEM CODE	APPROX WEIGHT (KG)										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
 Premature Size	OPT312	 Max. flow 8 L/min										
 Neonatal Size	OPT314											
 Infant Size	OPT316	 Max. flow 20 L/min										
 Pediatric Size	OPT318							 Max. flow 25 L/min				







Picture Dr her

HFOTをいつ使用する？



高流量酸素の生理学的影響



Adapted from Maggiore 2023

(Keir 2016, Daly 2017, Pouzot-Nevoret 2019, Jagodich 2020, Her 2024)

HFOT の適応



- 従来の酸素療法と比較しPaO₂の有意な増加
 - 健康な犬と猫および呼吸困難の犬と猫で確認
 - 主な適応: 低酸素血症
- PCO₂の明らかな影響はない
 - 低換気はHFOTの適応とならない
- 他の使用例
 - 抜管後
 - 気管支鏡検査
 - ...

(Keir 2016, Daly 2017, Pouzot-Nevoret 2019, Jagodich 2020, Her 2024)

まとめ



- 酸素化の評価は酸素療法の指標となる
- 選択した酸素療法の変更を躊躇わない
- 1つの方法ですべての患者に対応できるわけではない



ご清聴ありがとうございました

