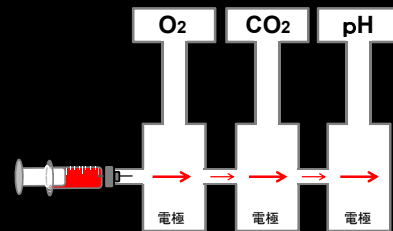


第33回動物臨床医学会(2012)
 クリニカルシンポジウム① 体液異常に挑む(原因の見極めと治療)

2. 血液ガス・ 酸塩基平衡異常

城下 幸仁
 (相模が丘動物病院 呼吸器科)

血液ガス分析機



動脈血ガス分析

酸素化 : 肺機能 → Pao₂

酸塩基平衡状態 → pH

- ① 肺
 - a. 揮発性酸 (H₂CO₃) の排泄 → Paco₂
- ② 腎
 - a. 不揮発性酸 (硫酸, リン酸, 乳酸, ケト酸など) の排泄 → [HCO₃⁻]
 - b. [HCO₃⁻] の調節 → [HCO₃⁻]

pHの変化と臨床徴候

pH	徴候
7.80	死
↑	強直性痙攣
	不整脈
7.40	イライラ状態
↓	正常
	うとうと状態
6.80	傾眠
	昏睡
	死

酸塩基平衡の恒常性維持

「いかに酸がうまく中和または排泄されているか？」

血液緩衝系

すぐ機能!!

肺

数分以内
かつ効果的!

腎

少なくとも
48時間後



重炭酸塩、血漿タンパク質、ヘモグロビンなど。

① 揮発性酸 (H₂CO₃) の排泄

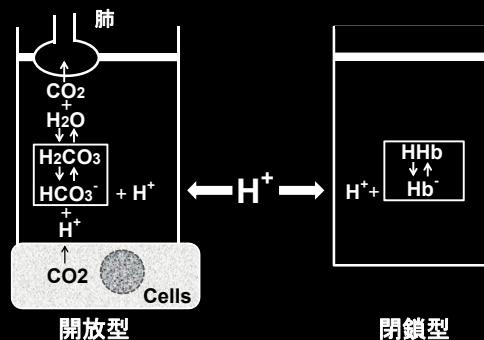
おおよそ **13,000 mEq/日** の重炭酸塩の排泄 (健康成人の場合)*

② 不揮発性酸 (硫酸、リン酸、乳酸、ケト酸など) の排泄: **40-80 mEq/日** (健康成人の場合)*

③ 血漿HCO₃⁻ 濃度の調節

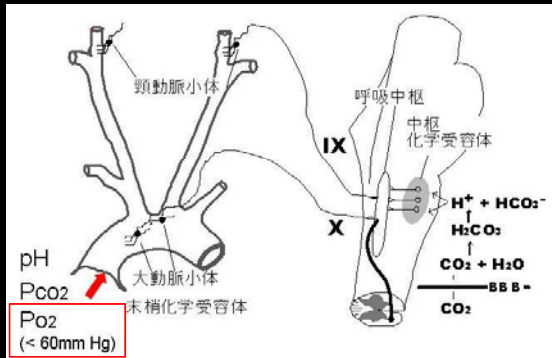
* Malley WJ: Clinical Blood Gases 2nd ed, (2005)

開放型 v.s. 閉鎖型 緩衝系

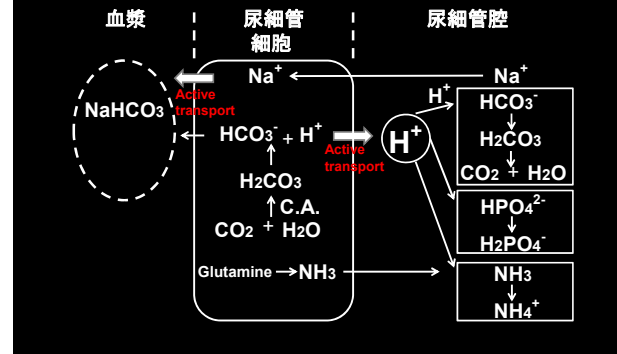


From Malley WJ: Clinical Blood Gases 2nd ed, Figure 8-9 (2005)

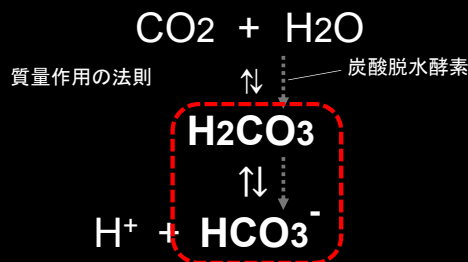
換気の調節



腎による調節



重炭酸塩緩衝系



Henderson-Hasselbalchの式

$$\text{pH} = \text{pKc} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{Paco}_2}$$

$\text{pKc} = \text{constant}$

$$\text{pH} \sim \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{Paco}_2} \sim \frac{\text{代謝性}}{\text{呼吸性}} \sim \frac{\text{腎}}{\text{肺}}$$

腎と肺がお互いに機能を補って pHを正常に戻そうとする。 → **代償**

犬の動脈血ガスの正常値

(37°C, room air)

pH	7.40 ± 0.05
PCO ₂	34.0 ± 5.0 (mm Hg)
PO ₂	90 ± 10 (mm Hg)
[HCO ₃ ⁻]	22.0 ± 3.0 (mmol/L)
B.E.	-2.0 ± 3.0 (mmol/L)

酸塩基平衡障害の用語

pH>7.45 アルカリ血症
pH<7.35 酸血症

代償性変化でなく、基礎疾患による変化

Paco₂↑ (>39 mmHg): 呼吸性アシドーシス

Paco₂↓ (<29 mmHg): 呼吸性アルカローシス

[HCO₃⁻] ↓ (<19 mmol/L): 代謝性アルカローシス

[HCO₃⁻] ↑ (>25 mmol/L): 代謝性アシドーシス

代償反応

酸塩基平衡障害	一次障害の程度	予測される代償性変化
代謝性アシドーシス	[HCO ₃ -]が1mEq/L減少	Paco ₂ が0.7mmHg下降
代謝性アルカローシス	[HCO ₃ -]が1mEq/L増加	Paco ₂ が0.7mmHg上昇
呼吸性アシドーシス		
急性 (<24h)	Paco ₂ が1mmHg上昇	[HCO ₃ -]が0.15mEq/L増加
慢性 (>48h)	Paco ₂ が1mmHg上昇	[HCO ₃ -]が0.35mEq/L増加
呼吸性アルカローシス		
急性 (<24h)	Paco ₂ が1mmHg下降	[HCO ₃ -]が0.25mEq/L減少
慢性 (>48h)	Paco ₂ が1mmHg下降	[HCO ₃ -]が0.55mEq/L減少

de Morais HSA, DiBartola SP: J Vet Emerg Crit Care (1991)

血液ガスの解釈

1. 酸素化
→Pao₂
2. Acid-base status「酸塩基平衡状態」
→pH
3. Basic primary problems「基礎疾患は？」
→Paco₂ or [HCO₃⁻]
4. Compensation assessment「代償の評価」
→Paco₂ and [HCO₃⁻]

動脈血ガス分析

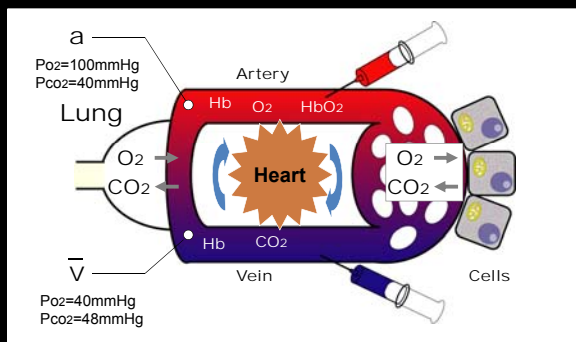
重度な慢性気管支炎の犬の例

pH 7.359
 Pco₂ 55.0 (mm Hg) ↑
 Po₂ 48.0 (mm Hg) ↓
 [HCO₃⁻] 30.3 (mmol/L) ↑
 B.E. 2.9 (mmol/L) ↑

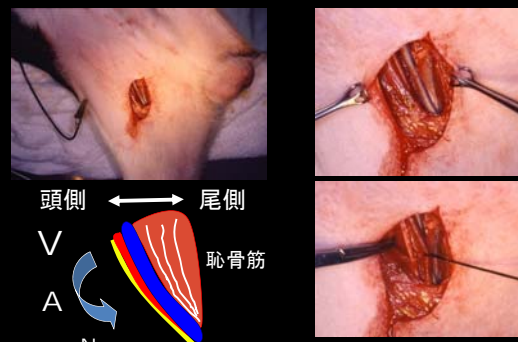
血液ガスの検体について

動脈血 v.s. 末梢静脈血

肺 - 全身循環 - 組織



大腿動脈



動脈穿刺



合併症



皮内出血のみ

7/111穿刺
合併症発現率 6.3%

7 ~ 16 日間で消失

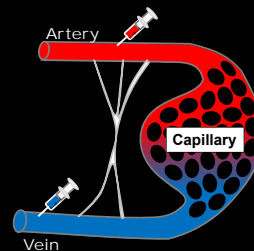
Shiroshita: Vet Rec (2000)

危険因子

	OR	95%CI	P
体重			
≥ 3.5kg	1.00		
< 3.5kg	5.34	1.62-17.6	0.006
心疾患			
なし	1.00		
あり	3.74	1.26-11.2	0.018

Shiroshita: Vet Rec (2000)

末梢静脈血サンプルは
動脈血ガスサンプルに代用できるか？



pH	?
Pco ₂	?
Po ₂	?
[HCO ₃ ⁻]	?
B.E.	?

臨床研究

取込み基準:

- ① 1年間に動脈穿刺を行った全ての外来患犬
- ② 安静下で動脈血と末梢静脈血の同時採取が可能

除外基準

- ① 貧血や血圧低下を示した患犬は除外

採血法:

動脈血→大腿動脈より穿刺法

末梢静脈血→JVまたはCVより静脈穿刺法
(**駆血最小限、陰圧なし**)

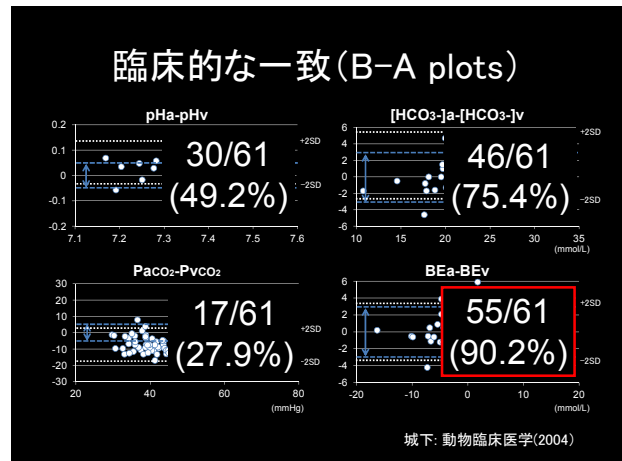
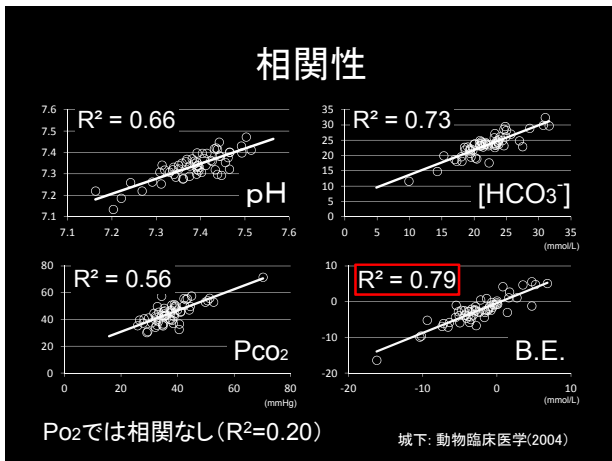
城下: 動物臨床医学(2004)

動脈血値と末梢静脈血値の差 (臨床例)

	末梢静脈血値-動脈血値 (n = 61)	犬の正常範囲 (平均値±2SD)
pH	-0.048 ± 0.042**	7.40 ± 0.05
Pco ₂ (mm Hg)	7.2 ± 5.3**	34.0 ± 5.0
Po ₂ (mm Hg)	ND	90 ± 10
[HCO ₃ ⁻] (mmol/L)	1.4 ± 2.0**	21.0 ± 3.0
B.E. (mmol/L)	-0.016 ± 1.8	-2.0 ± 3.0

**有意差あり(P < 0.01)

城下: 動物臨床医学(2004)



末梢静脈血サンプル

pH	x
Pco ₂	x
Po ₂	x
$[HCO_3^-]$	x
B.E.	o

Rodkey (1978), Ilkiw (1991), Shiroshita (2004) in veterinary medicine.

- 貧血および血圧低下なし
- 安静下、駆血せず
- 陰圧をかけず空気混入させない

ACVIM FORUM 2012 ACVIM Forum (New Orleans, LA)
 Research Abstracts, Oral presentation,
 May 31, 2012

ASSESSMENT OF ARTERIALIZATION OF PERIPHERAL VENOUS BLOOD IN WELL-PERFUSED DOGS

Y Shiroshita^{1,2}, Y Yamane¹.

¹Department of Veterinary Surgery, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan.
²Sagamigaoka Animal Clinic, Kanagawa, Japan.

動脈血化

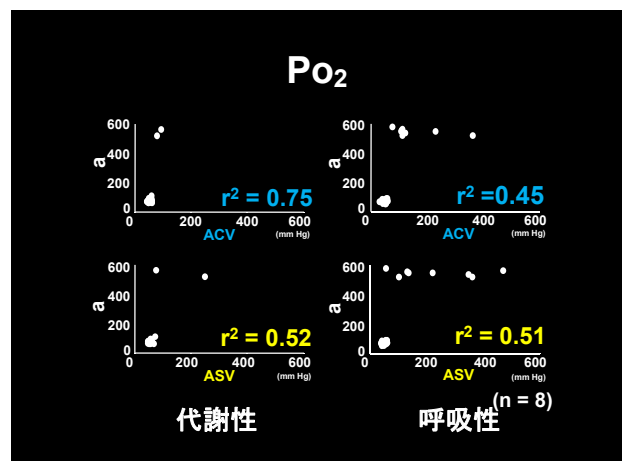
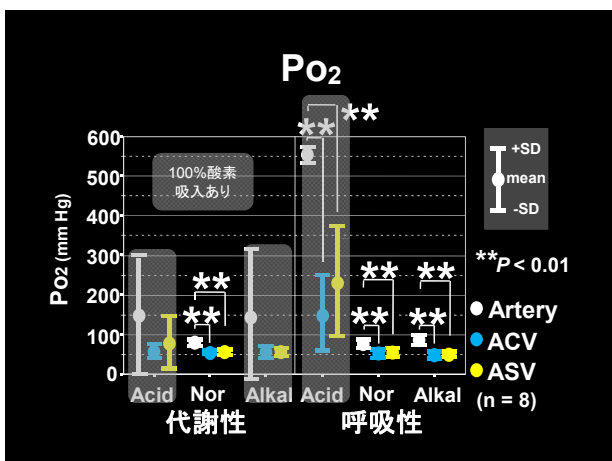
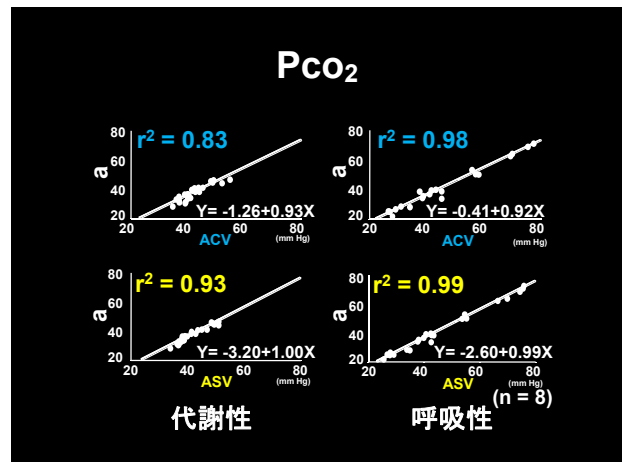
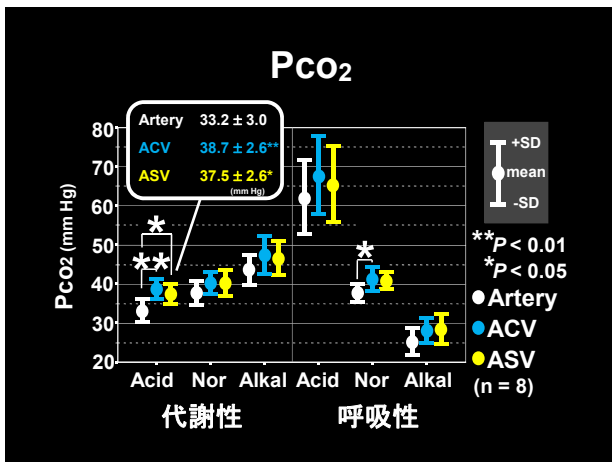
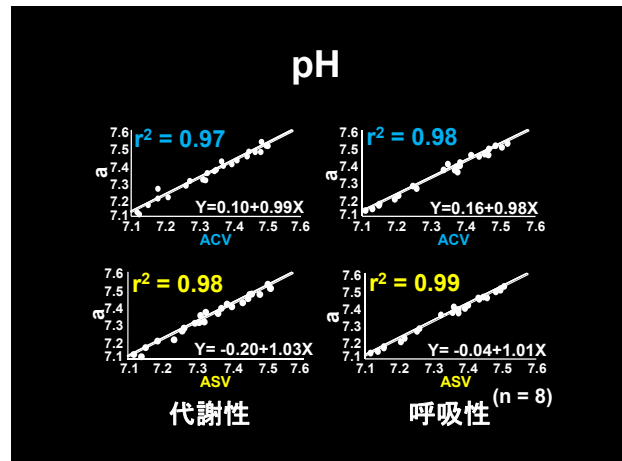
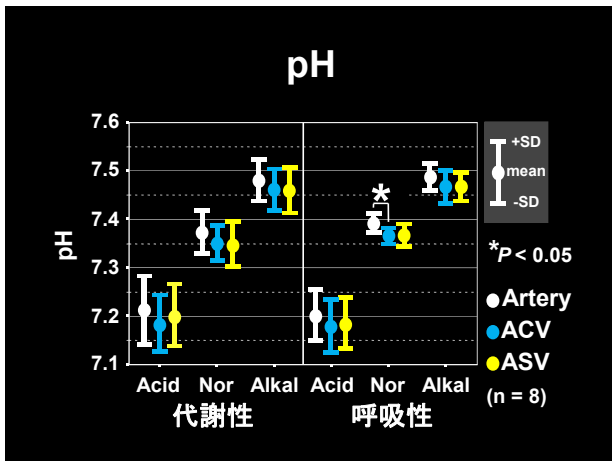
pH	o
Pco ₂	o
Po ₂	x
lactate	o

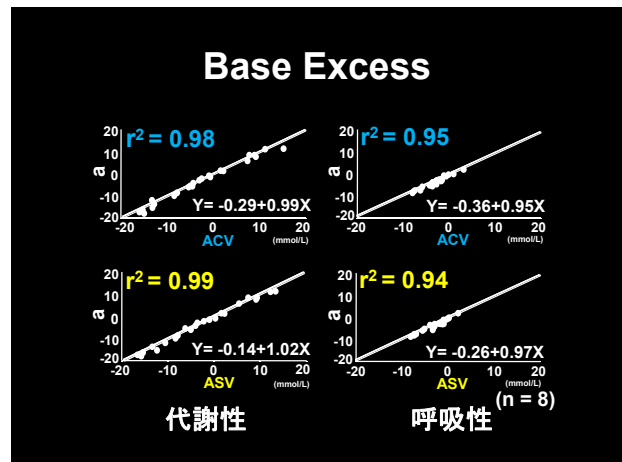
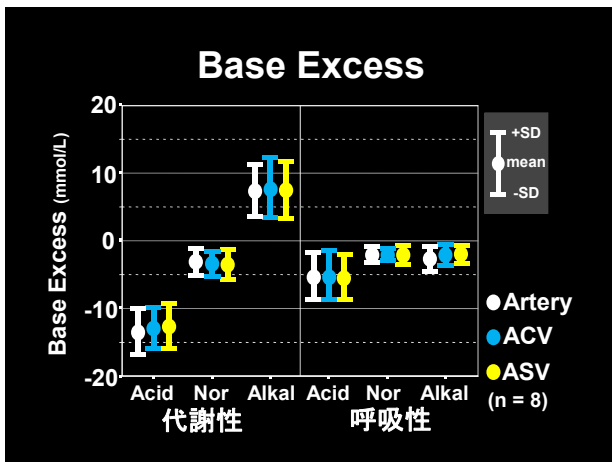
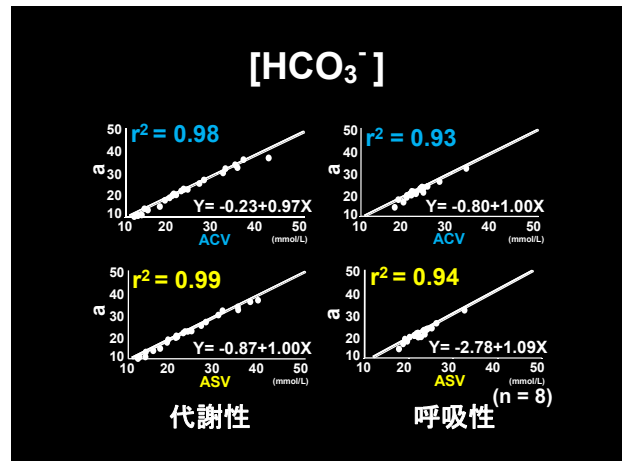
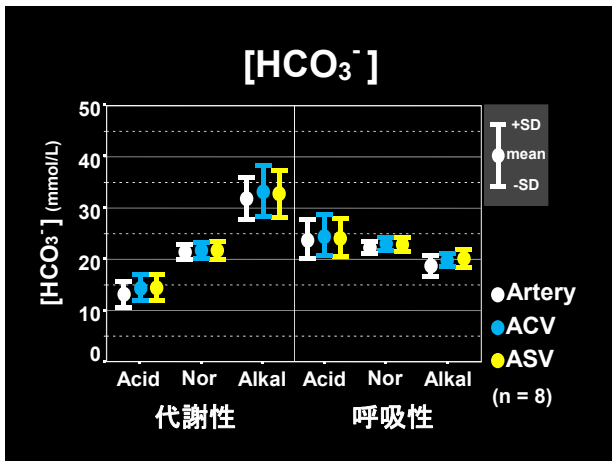
In humans

Harrison (1965), Forster (1972), Carveth (1984), Linderman (1990), in humans.

「動脈血化」

白熱電球を用いて前趾端と後趾端の皮膚温をそれぞれ37°Cに加温維持した。





臨床的な一致の評価

精度管理の許容限界
 -Proficiency testing; 外部精度管理システム:
 ± 0.04 of pH,
 ± 5 mm Hg of Pco₂,
 ± 3SD (15.51 mm Hg) of Po₂.
 「与えられたコントロールサンプル測定値の8割以上が許容限界に達していなければならない。」
 Ehrmeyer(1990). Clin Chem,36,1736-1740

「コントロールサンプル測定値の許容限界は平均から2-3 SD以内に設定される」
 Malley (2005) Clinical Blood Gases, pp92-103
 ± 2.9 mmol/L of [HCO₃⁻]
 Shiroshita(1999) J Vet Intern Med,13,597-600
 ± 3.2 mmol/L of Base Excess
 Iikwi(1991) J Vet Intern Med,5,294-298

「Bland-Altman plotsにおいて80%が精度管理の許容限界にあること。」

臨床的な一致 (B-A plots)

	動脈血値に対する差の臨床的な許容限界	代謝性酸塩基平衡障害	
		動脈血化 CV	動脈血化 SV
pH	± 0.04	87.5%(21/24)	87.5%(21/24)
Pco ₂	± 5.0 mm Hg	62.5%(15/24)	83.3%(20/24)
Po ₂	± 15.51mm Hg	8.3%(2/24)	8.3%(2/24)
[HCO ₃ ⁻]	± 2.9 mmol/L	95.8%(23/24)	95.8%(23/24)
B.E.	± 3.2 mmol/L	95.8%(23/24)	100%(24/24)

B.E., Base Excess, n = 8

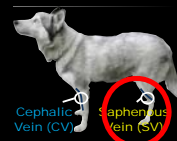
臨床的な一致 (B-A plots)

	動脈血値に 対する差の 臨床的な 許容限界	呼吸性酸塩基平衡障害	
		動脈血化 CV	動脈血化 SV
pH	± 0.04	87.5%(21/24)	87.5%(21/24)
Pco ₂	± 5.0 mm Hg	50.0%(12/24)	83.3%(20/24)
Po ₂	± 15.51mm Hg	8.3%(2/24)	8.3%(2/24)
[HCO ₃ ⁻]	± 2.9 mmol/L	95.8%(23/24)	95.8%(23/24)
B.E.	± 3.2 mmol/L	100%(24/24)	100%(24/24)

B.E., Base Excess, n = 8

結論

1) **SV** 血の方がCV血よりもよく動脈血化された。



2) 循環動態の安定した犬ならば、動脈血化 **SV** 血のサンプルは、pH, Pco₂, [HCO₃⁻], および B.E. の動脈血値に臨床的に代用可能であった。

A	ASV
pH	○
Pco ₂	○
Po ₂	×
[HCO ₃ ⁻]	○
B.E.	○

犬

臨床的意義

- 酸塩基平衡障害は、動脈血化SV血の径時的穿刺採血サンプルにて、動脈反復穿刺や径動脈カテーテル採血サンプルに匹敵する正確さで評価可能であり、この方法は簡単かつ安全で、特殊装置を必要としない。さらに、動物にも苦痛を与えない。
- 動脈血化は、循環動態の安定した周術期や重症動物の管理に適応できる。例えば、重度ケトアシドーシス患者や動脈カテーテル抜去後の術後の酸塩基平衡障害の監視に有用と考えられる。