

# 低血圧の管理

Dr Rebekah Donaldson

BVSc(hons) MVetMed MANZCVS DACVECC

Registered Specialist Emergency and Critical Care

**QVS**

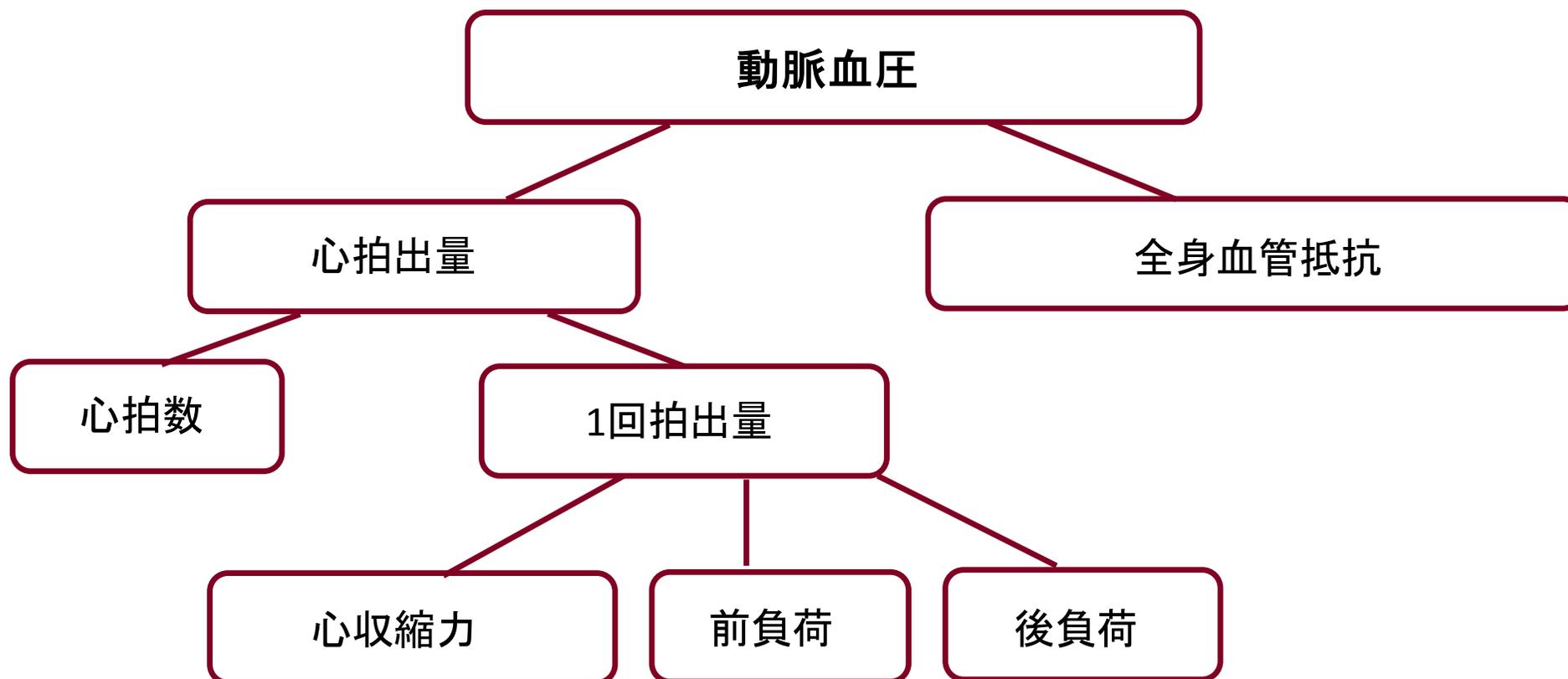
QUEENSLAND VETERINARY SPECIALISTS

# 目次

## Understand :

- 低血圧に対する生理学的反応
- 低血圧の原因
- 治療選択
- 臨床応用

# 定義



# 定義

## 低血圧 = 動脈血圧の低下

収縮期血圧 : Systolic blood pressure (SBP) <80mmHg

平均動脈血圧 : Mean arterial blood pressure (MAP) < 60-65mmg

低血圧 ≠ ショック



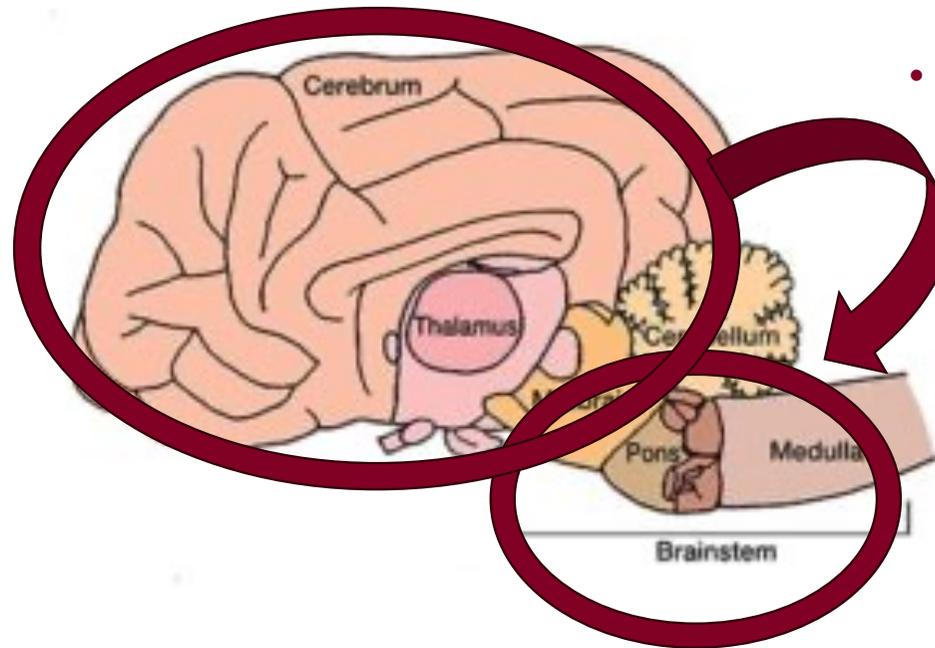
# 血圧の恒常性

- 自動調節能により血圧は 70-175mmHgに維持される
- 代償: 神経性, 代謝性, 体液性
- 血管収縮と血管拡張の複合的効果:
  1. 組織への十分な血流を確保
  2. 酸素需要の高い領域への血流を優先

# 神経代償

## 血管運動中枢

- 直接的な交感神経刺激
  - 血管収縮
  - 心臓自律神経刺激
- 抑制系
  - 視床下部/大脳皮質
- フィードバック受容体
  - 心房と頸部大動脈小体
  - 化学受容器と圧受容器



## 中枢神経系虚血反応

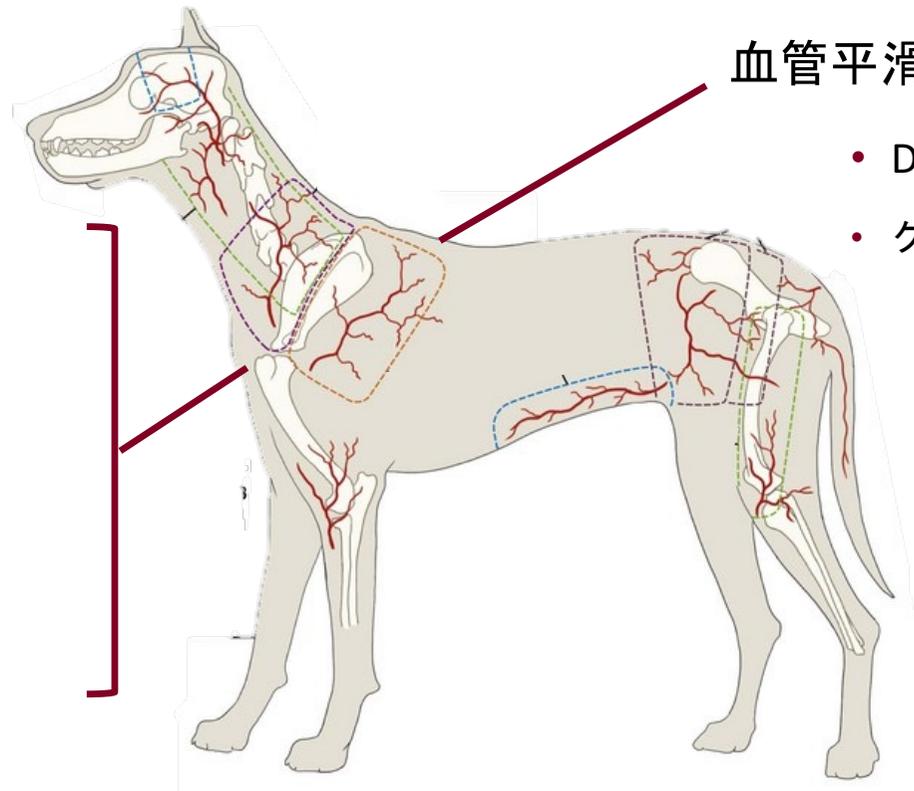
- 強い反応
- 収縮期血圧(SAP) <50mmHgの場合のみ

# 代謝性代償

酸素運搬量(DO<sub>2</sub>)が減少すると組織血流量が増加する

## 血管拡張物質の増加

- アデノシン(および化合物)
- 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)
- ヒスタミン
- K<sup>+</sup>
- H<sup>+</sup>



## 血管平滑筋のエネルギー減少

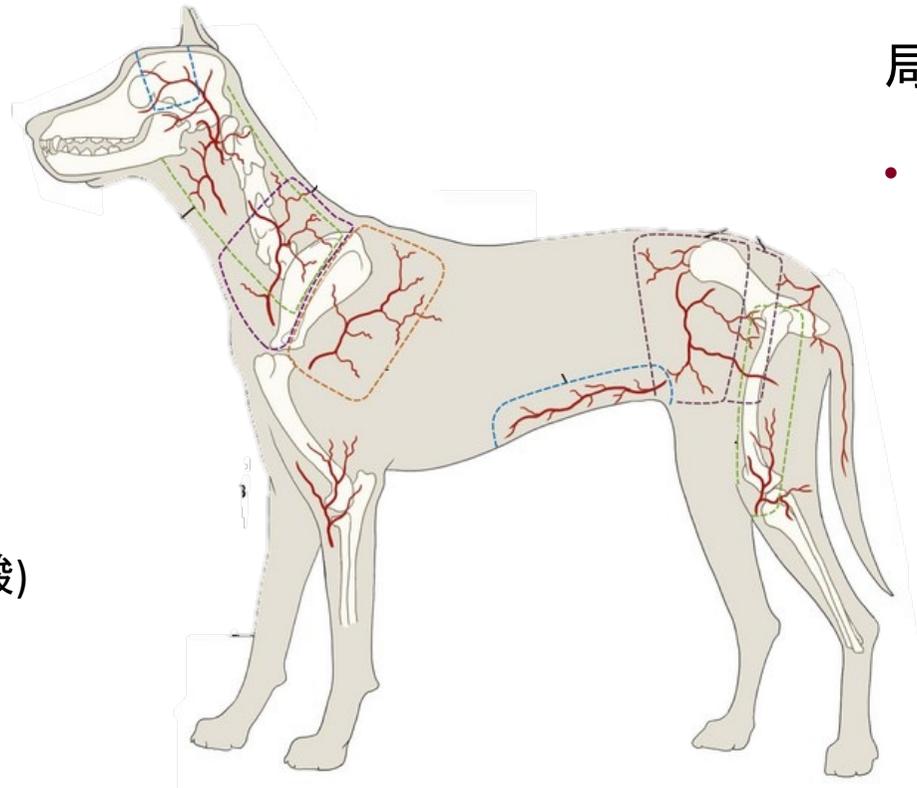
- DO<sub>2</sub>の減少
- グルコース供給の減少

# 代謝性代償

イオンおよび化学的要因

## 局所血管拡張

- CO<sub>2</sub>
- H<sup>+</sup> (アシデミア)
- K<sup>+</sup>
- Mg<sup>2+</sup>
- 陰イオン(酢酸・クエン酸)

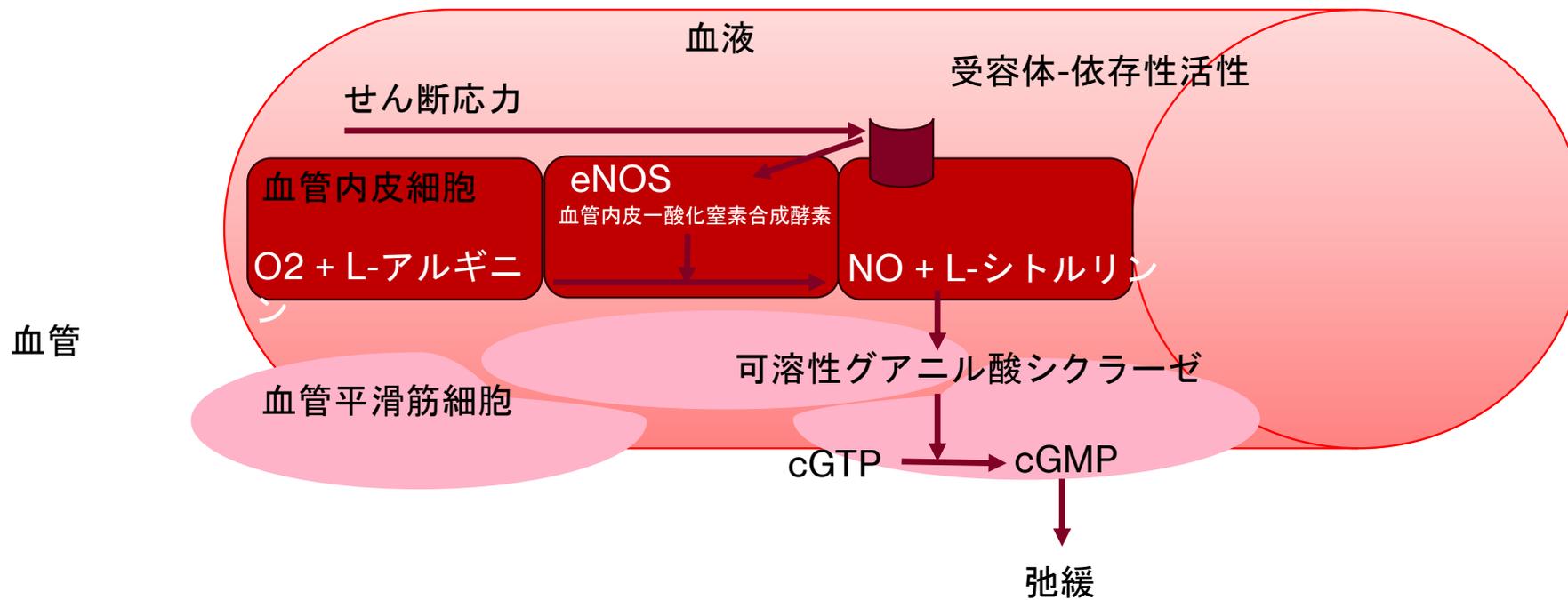


## 局所血管収縮

- Ca<sup>2+</sup>

# 代謝性代償

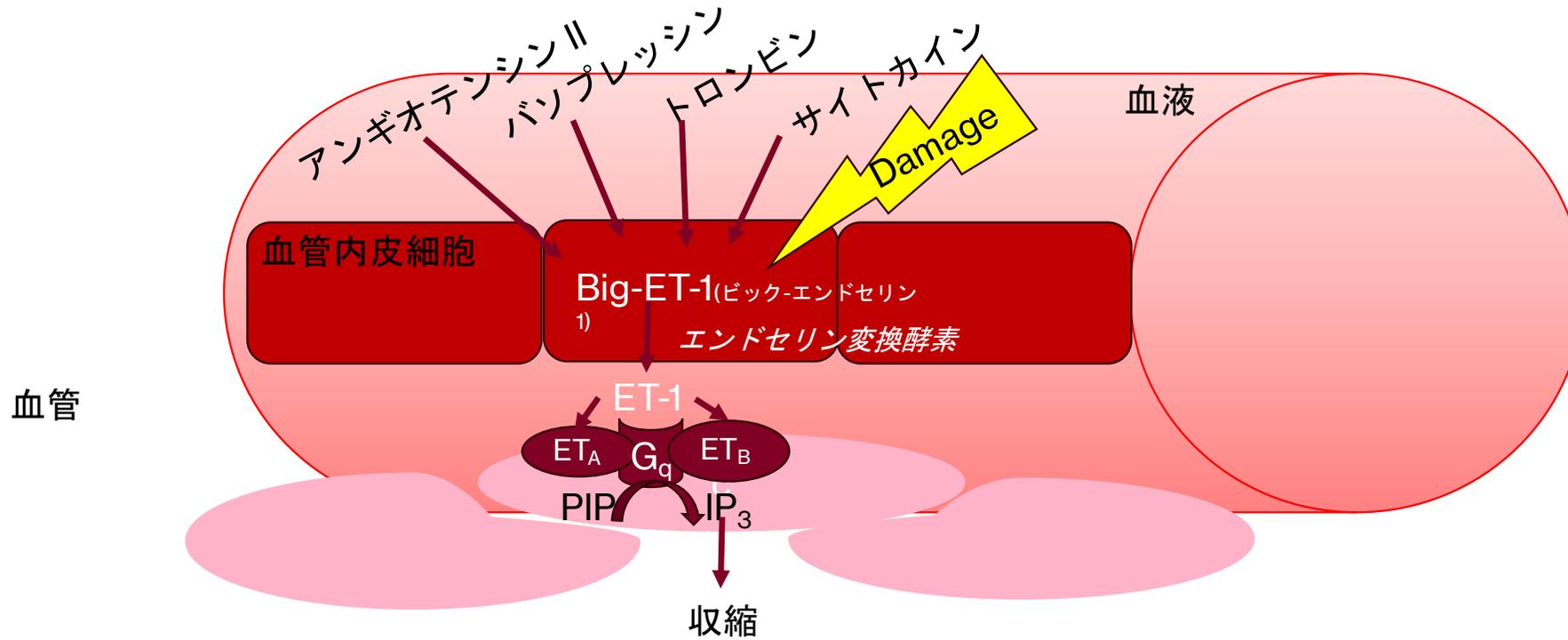
## 血管内皮由来因子



一酸化窒素は血管拡張を引き起こす

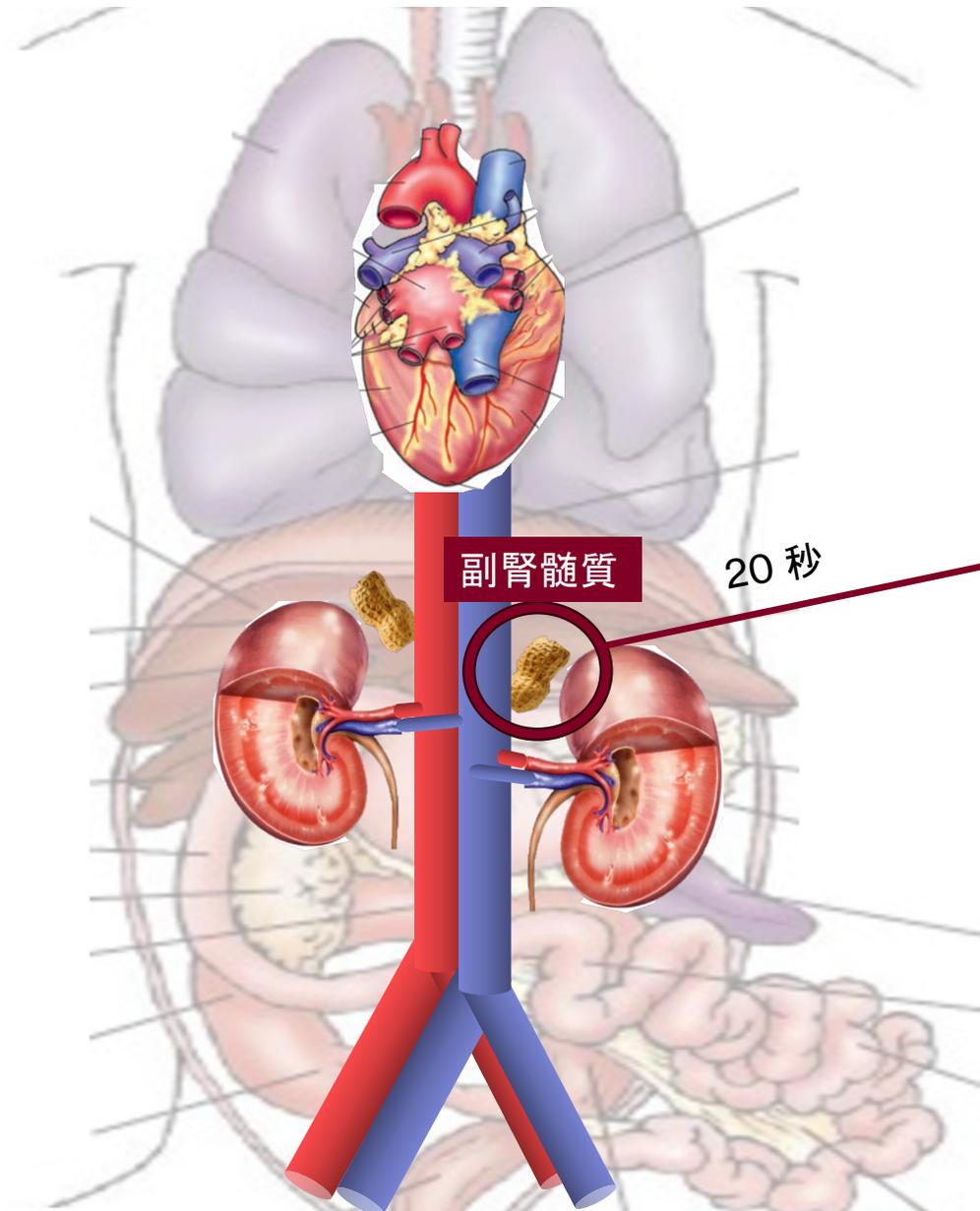
# 代謝性代償

## 血管内皮由来因子

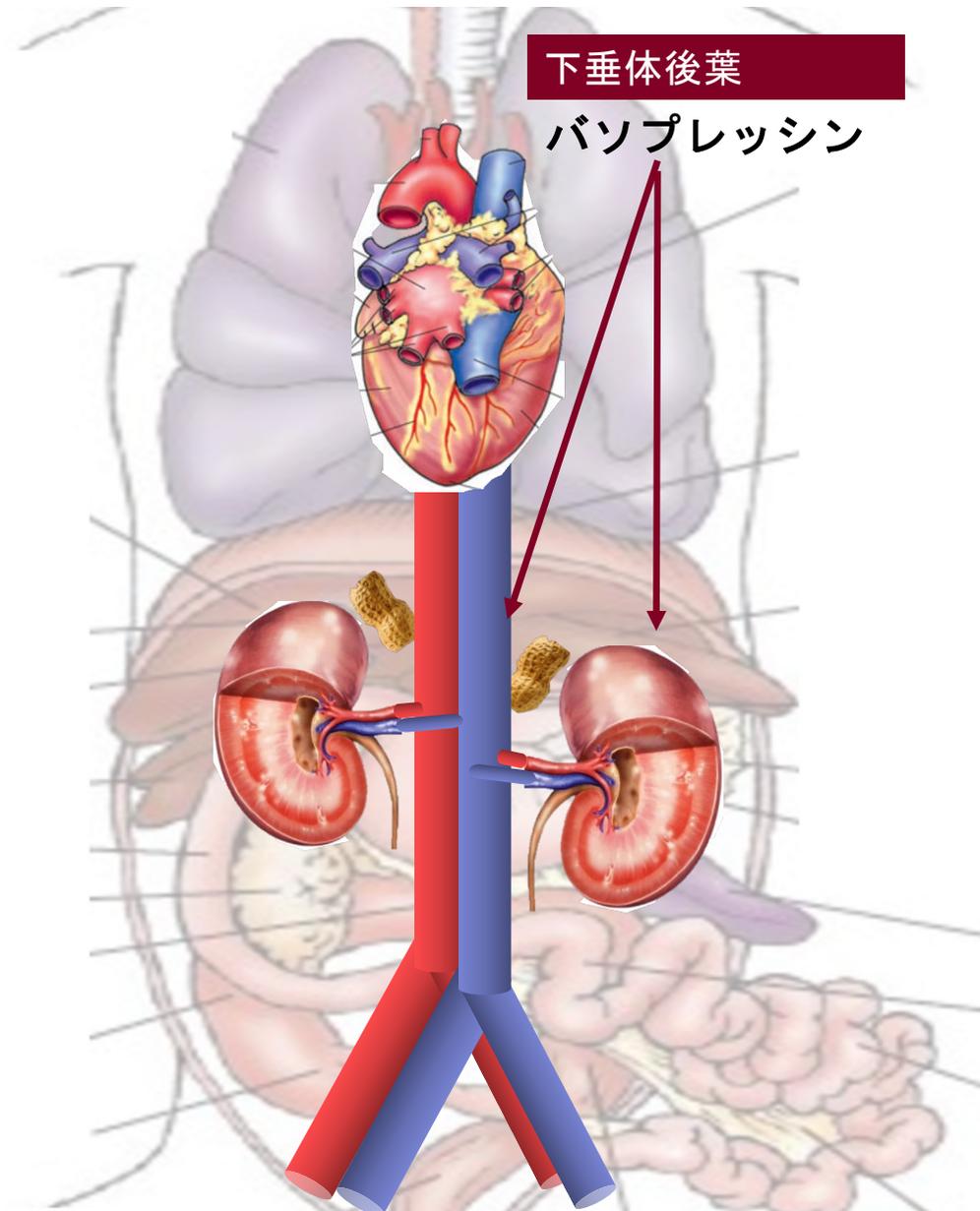


エンドセリン(ET)は血管収縮を引き起こす

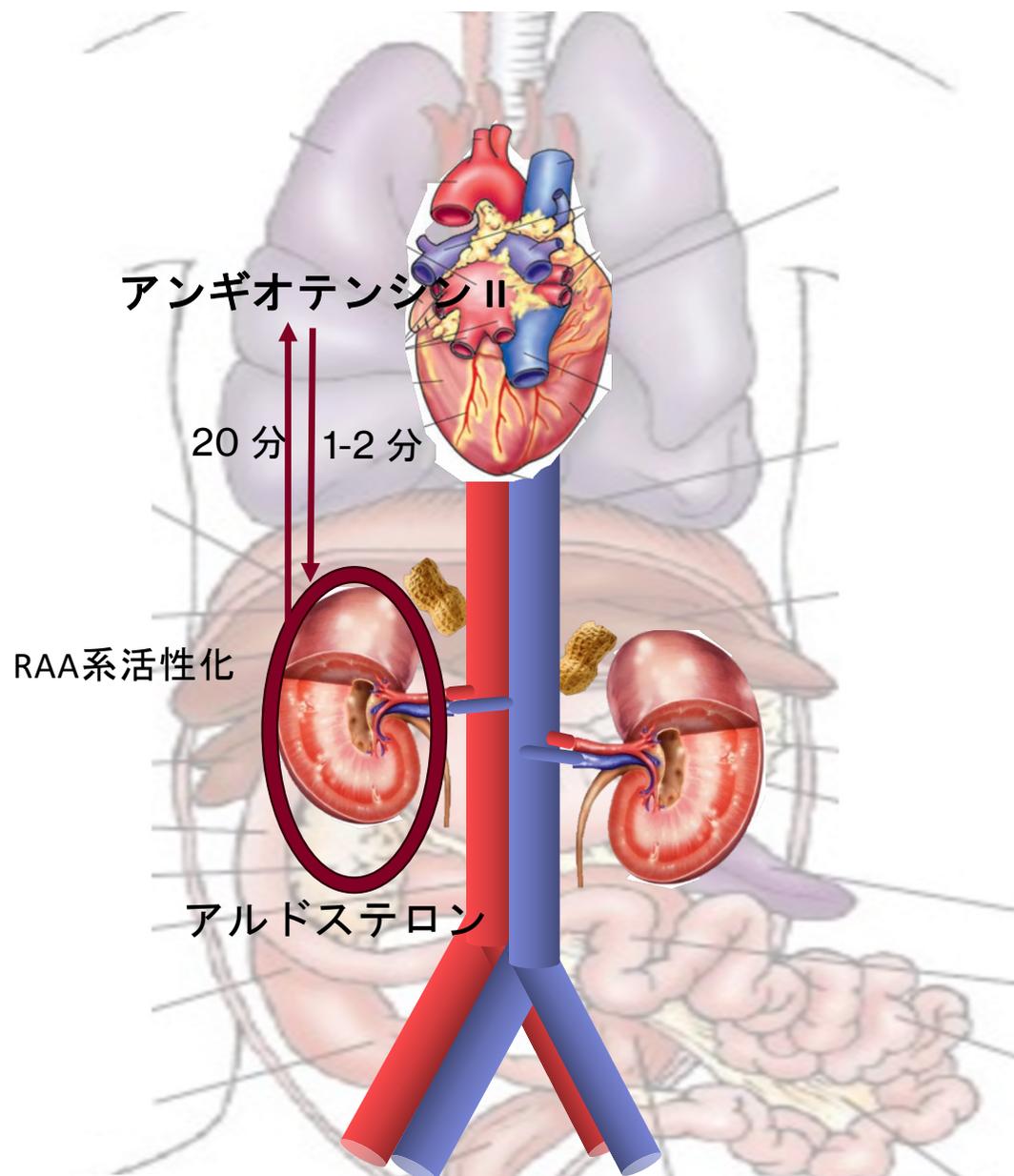
# 体液性代償



# 体液性代償



# 体液性代償



# 病態生理学

低血圧の発生機序:

- 代償機能の不足
- 病状の重症度が代償機能を上回る
- 血圧の構成要素のいずれかに異常が生じる

前負荷の減少

全身血管抵抗の低下

心機能障害

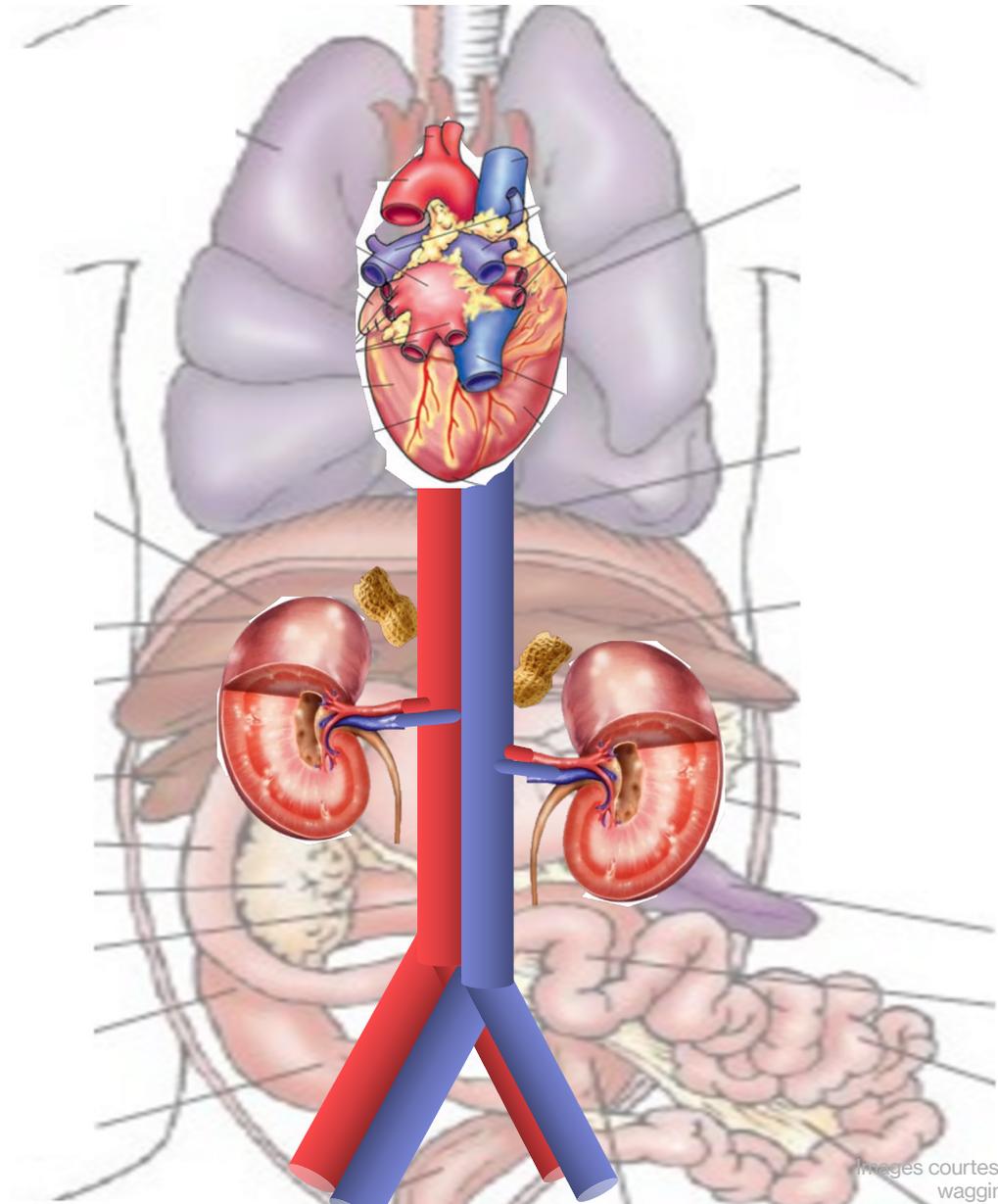
## 前負荷減少

### 循環血液量減少

- 消化管からの喪失 (嘔吐+/下痢+)
- 出血
- 多尿

### 静脈還流低下

- 心タンポナーデ
- 気胸
- 胃拡張捻転 (GDV)

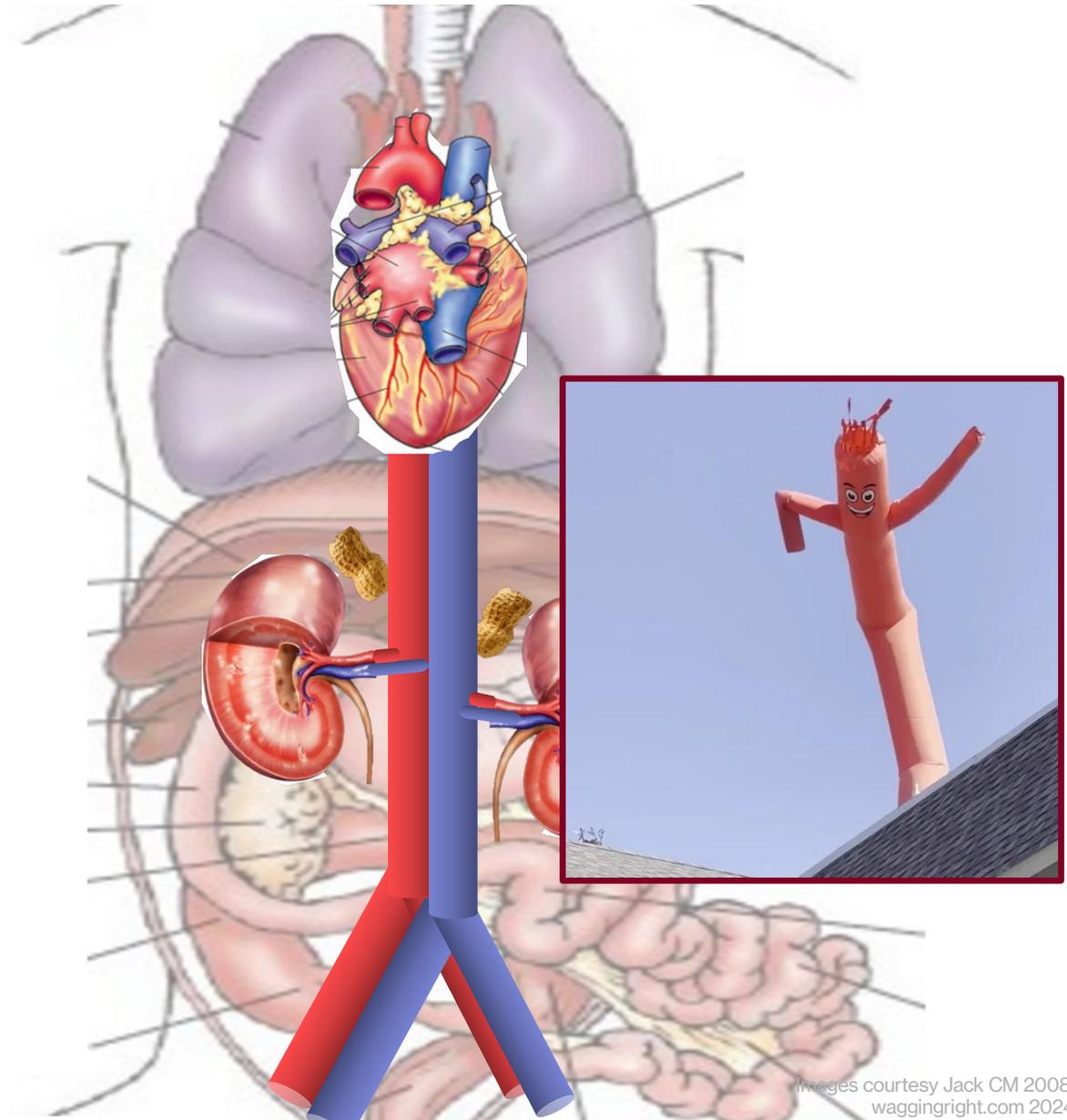


# 全身血管抵抗の低下

## 原因疾患

- 敗血症
- 全身炎症症候群(SIRS)
  - アナフィラキシー
  - 熱傷

## 麻酔薬



# 心機能障害

## 不整脈

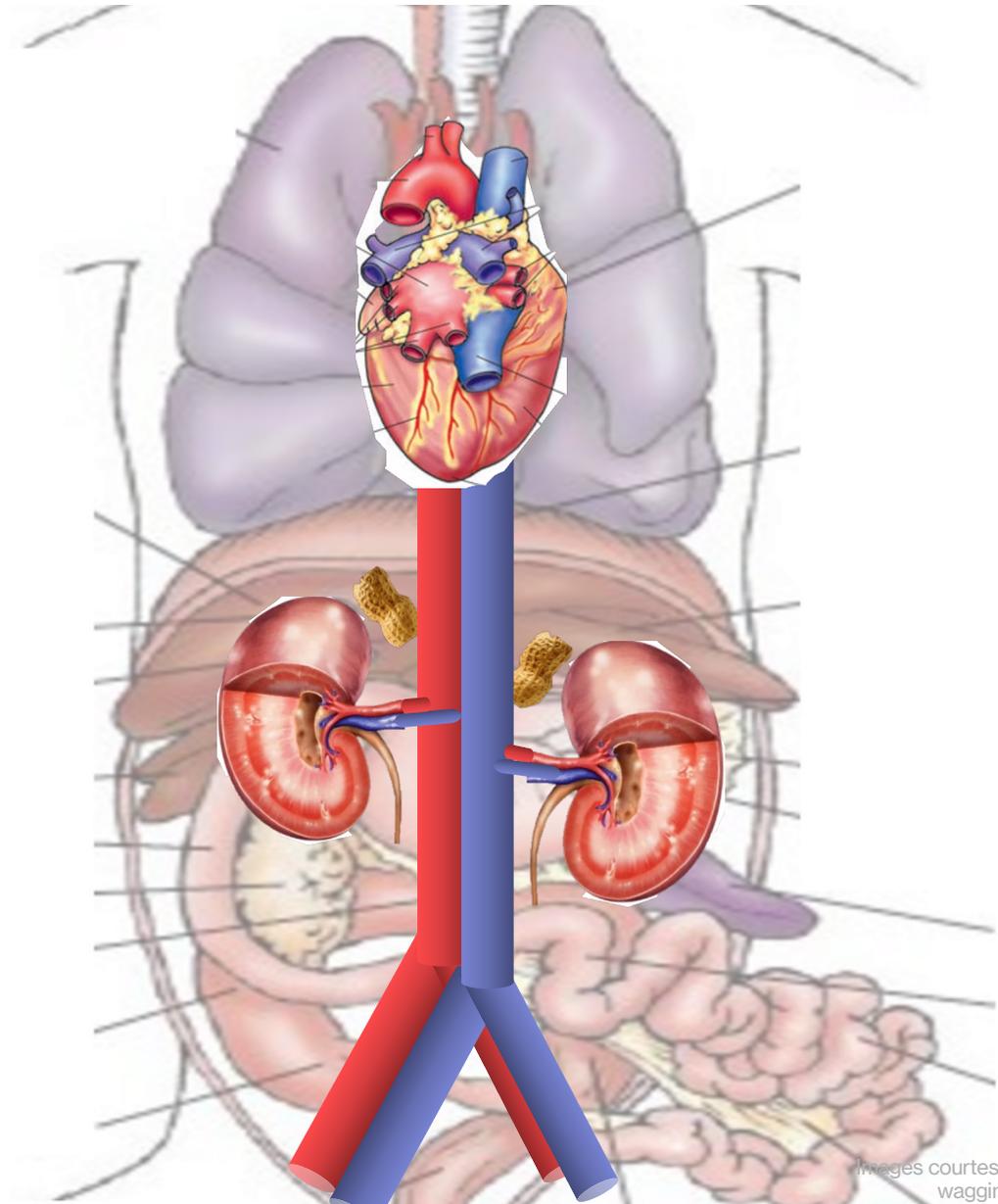
- 頻脈性不整脈 (VT, SVT)
- 徐脈性不整脈 (sinus, AV Block)

## 収縮機能障害

- 拡張型心筋症
- 敗血症性心筋症

## 拡張機能障害

- 肥大型心筋症



# 診断

## 血圧測定

### 観血的

#### Gold Standard

- 脈圧
- 侵襲的
- 特殊な機材が必要



### 非観血的

#### ドップラー/ オシロメトリック

- 簡便
- 非侵襲的
- 信頼性
- エラーを最小限にするために適切な設定が必要



# 診断

低血圧 ≠ ショック



- 組織還流パラメーターの評価:
  - 心拍数
  - 意識状態
  - 毛細血管再充填時間(CRT)
  - 粘膜色
  - 抹消体温
  - 脈質

# 診断

- 原因の特定
  1. 救急エコー (POCUS)
  2. 静脈血液ガス, 電解質検査、生化学検査
  3. 心電図検査

# 治療

- 低血圧の原因除去
- 多因子の可能性
- 動的に変化する可能性

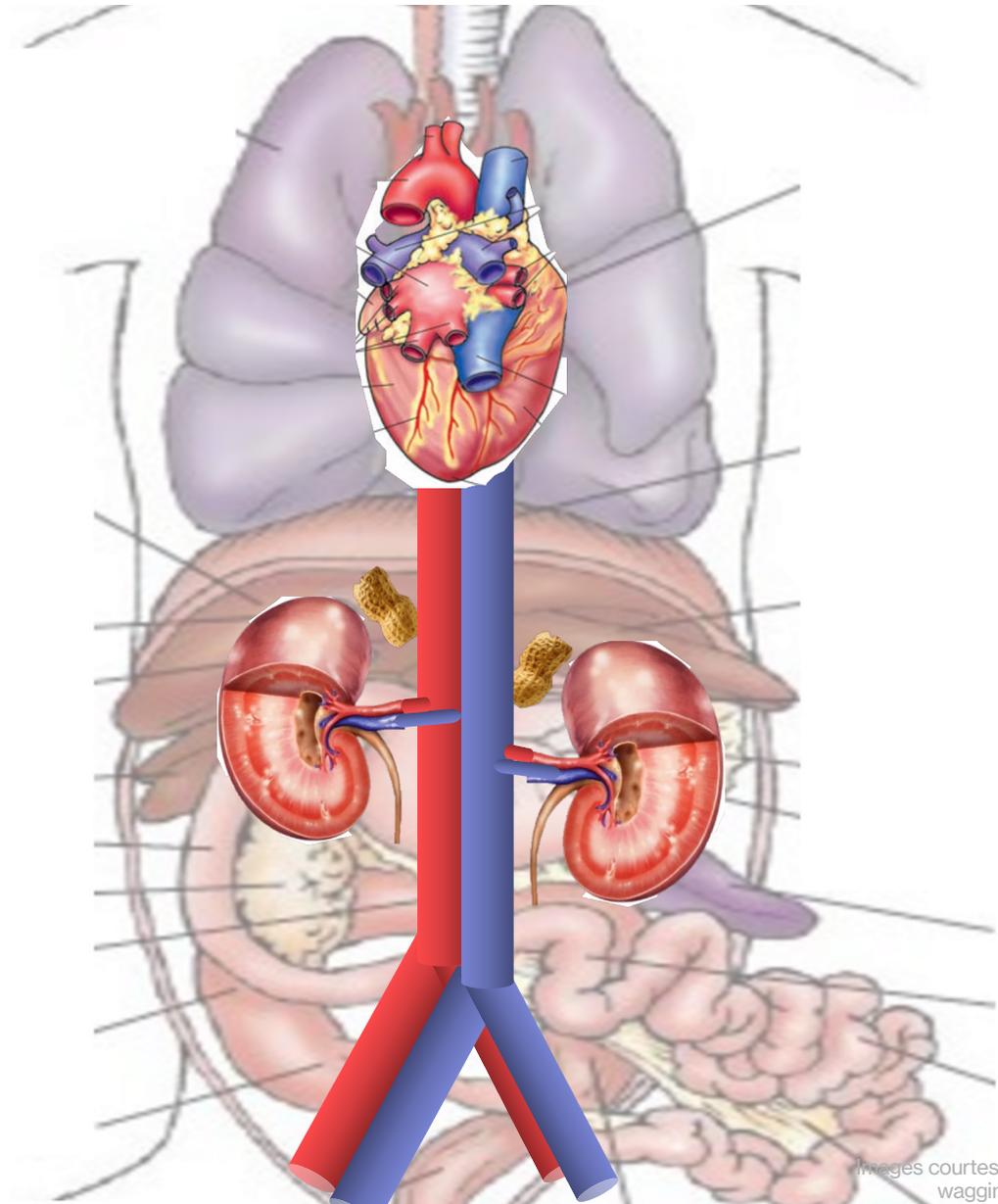


症例毎に複数の治療介入が必要になる可能性がある

## 前負荷減少

### 適切な流量

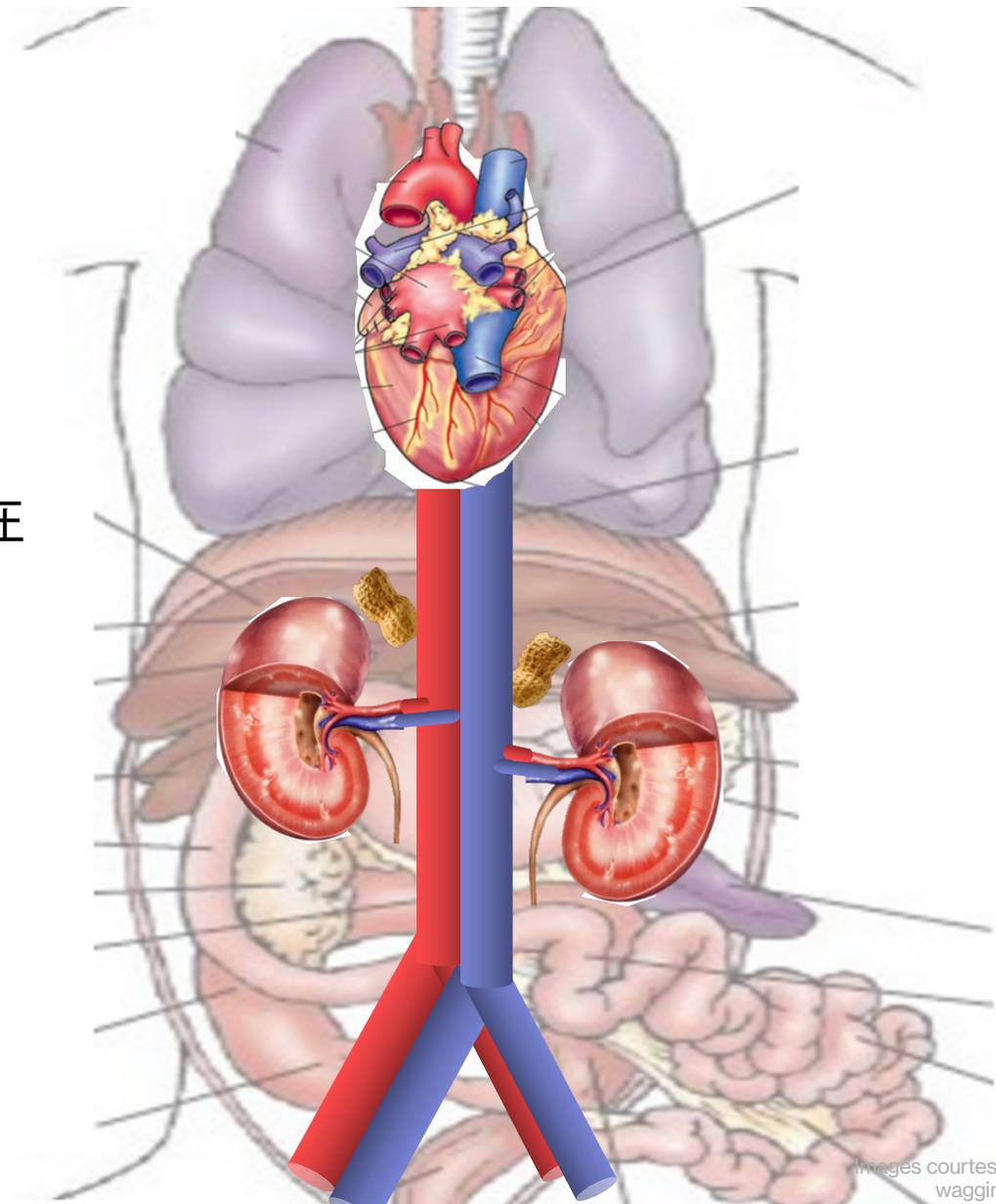
- 等張晶質液
  - 10-15ml/kg 10-15 分以上かけて (dogs)
  - 5ml/kg cats
  - 入手しやすい, 迅速, 安価
  - ボーラス後に状況を再評価



## 前負荷減少

### 適切な流量

- 1~2回のボラス投与後も続く低血圧
- 輸液内容の変更を検討する

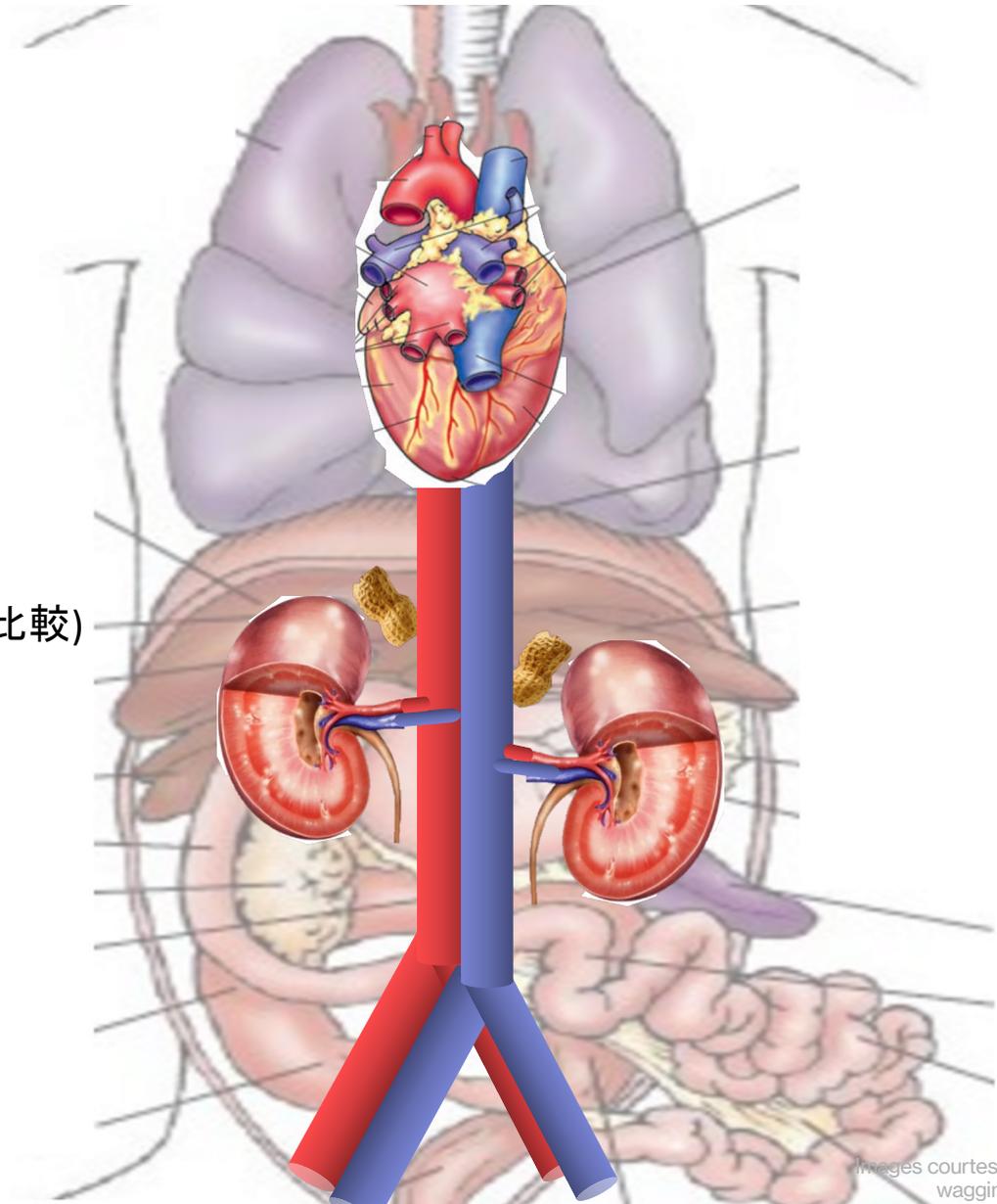




## 前負荷減少

+/- 閉塞状況の除去

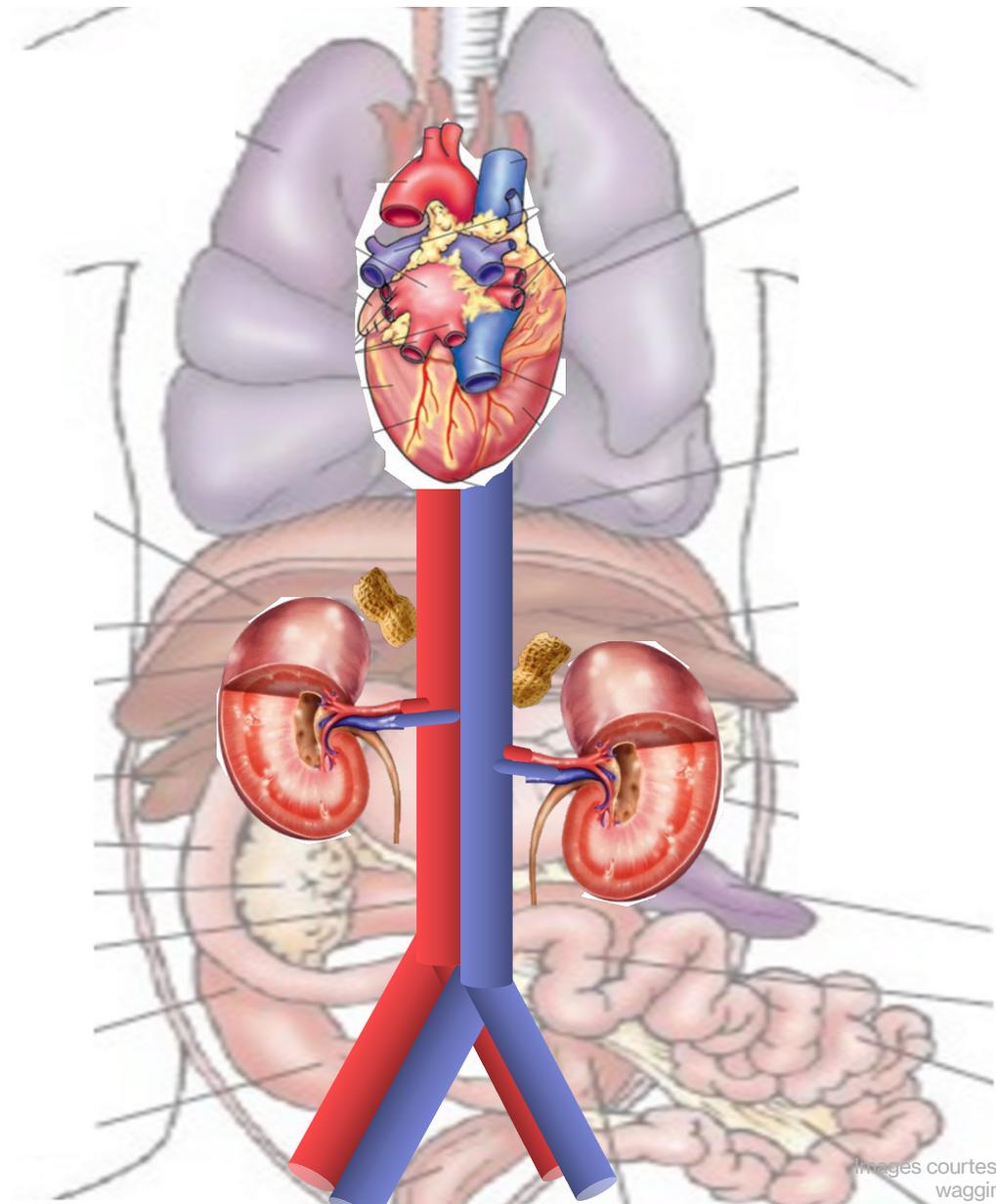
- 減圧術
  - 心嚢穿刺、胸腔穿刺、胃穿刺(経口胃管との比較)



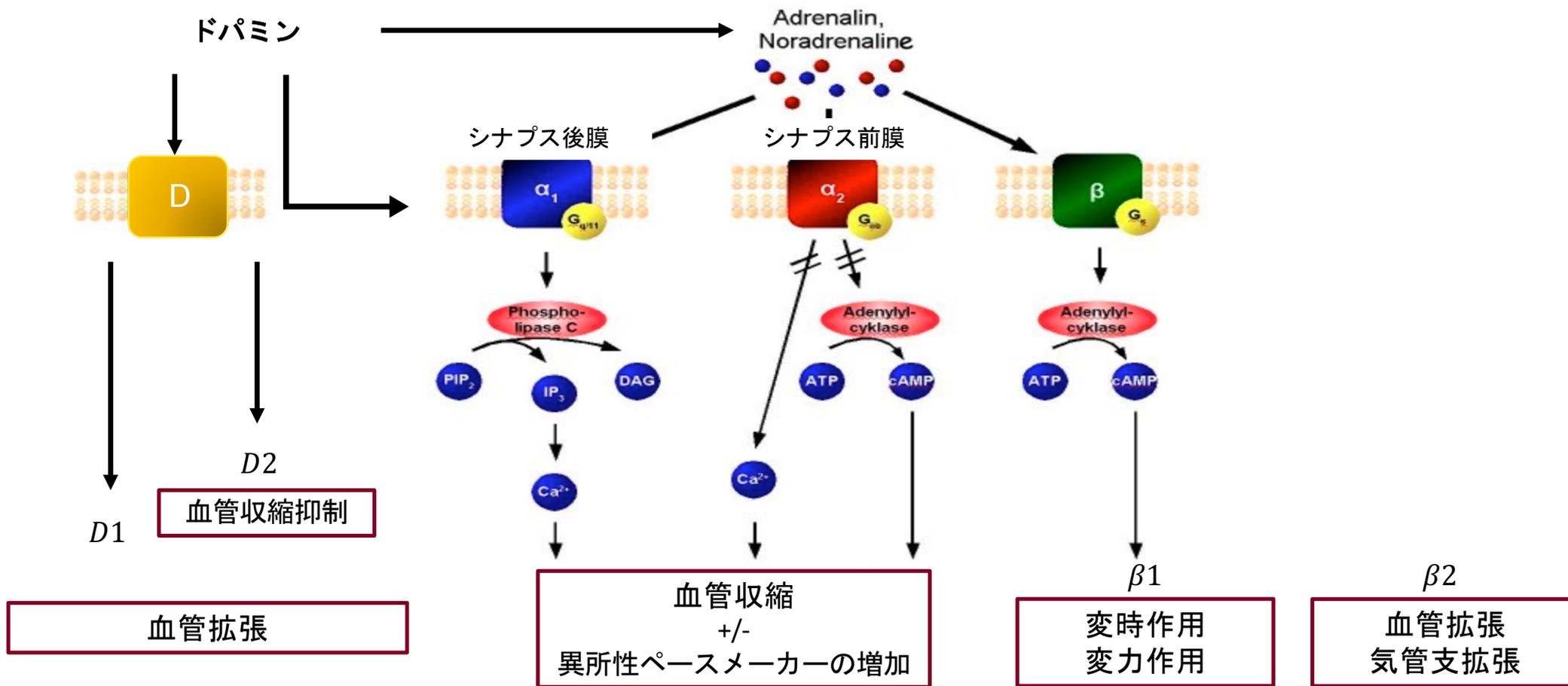
## 全身血管抵抗の低下

+/- 血管収縮

- 血管収縮薬の使用



# カテコラミン

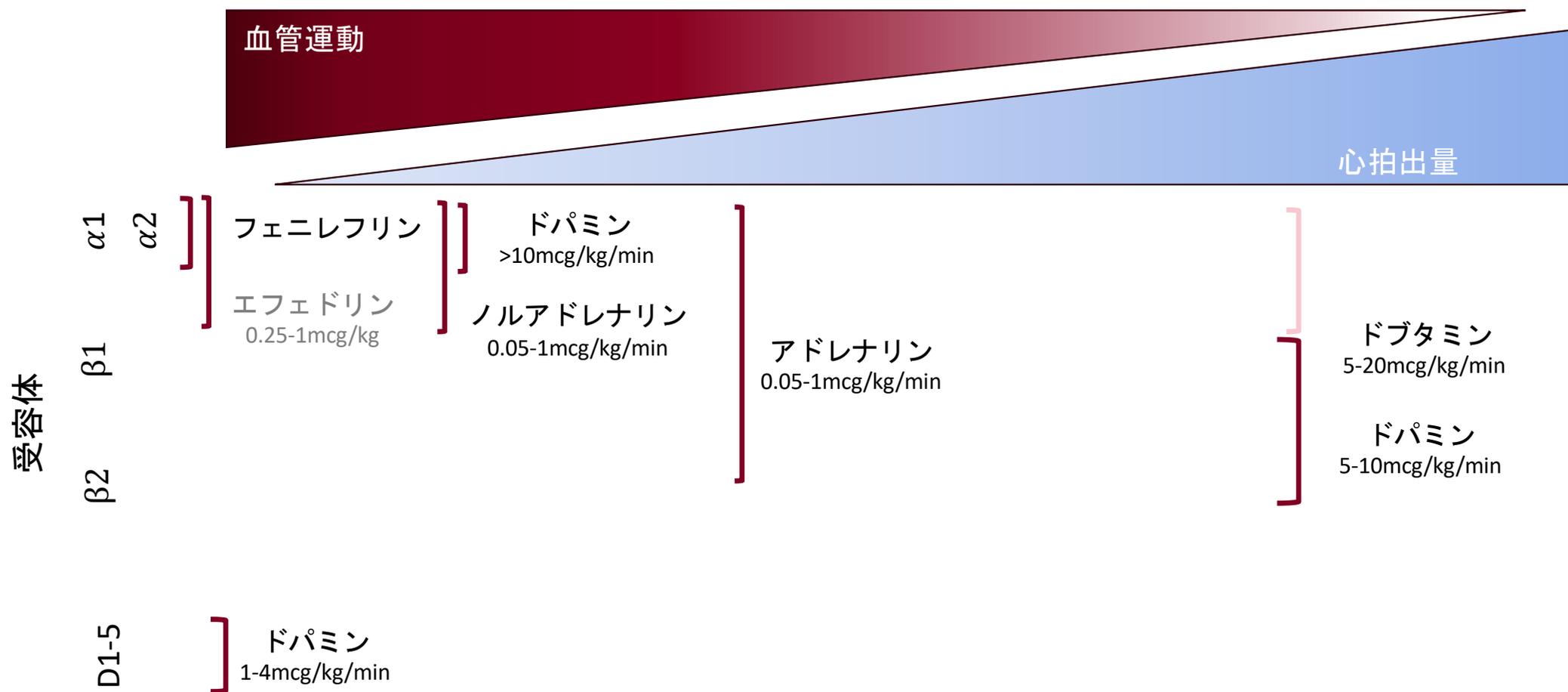


# カテコラミン

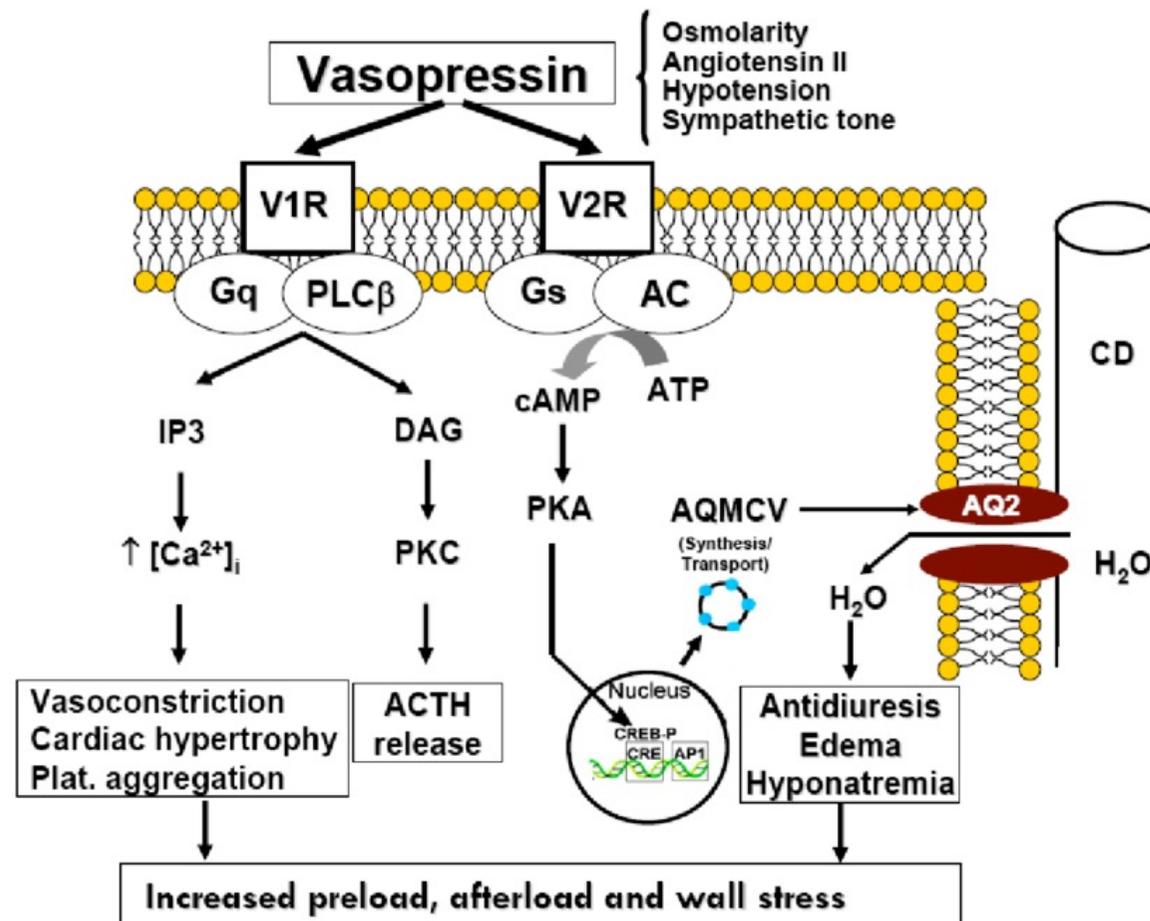
## その他の効果

- グルコースの増加
  - インスリン分泌の減少, グリコーゲン分解の増加;
  - グルカゴンおよび副腎皮質ホルモン分泌の増加
- 乳酸の増加
- 心筋酸素消費の増加-> 心室性不整脈
- せん断誘発性血小板反応の増加
- 免疫調整およびミトコンドリア機能障害
- アシデミアによる効果減弱

# カテコラミン



# Vasopressin



# バソプレッシン

血管運動

心拍出量

Phenylephrine

Dopamine  
5-10mcg/kg/min

Dopamine  
>10mcg/kg/min

Norepinephrine

Epinephrine

Dobutamine

受容体

V1

バソプレッシン  
0.5-5mU/kg/min

Dopamine  
1-4mcg/kg/min

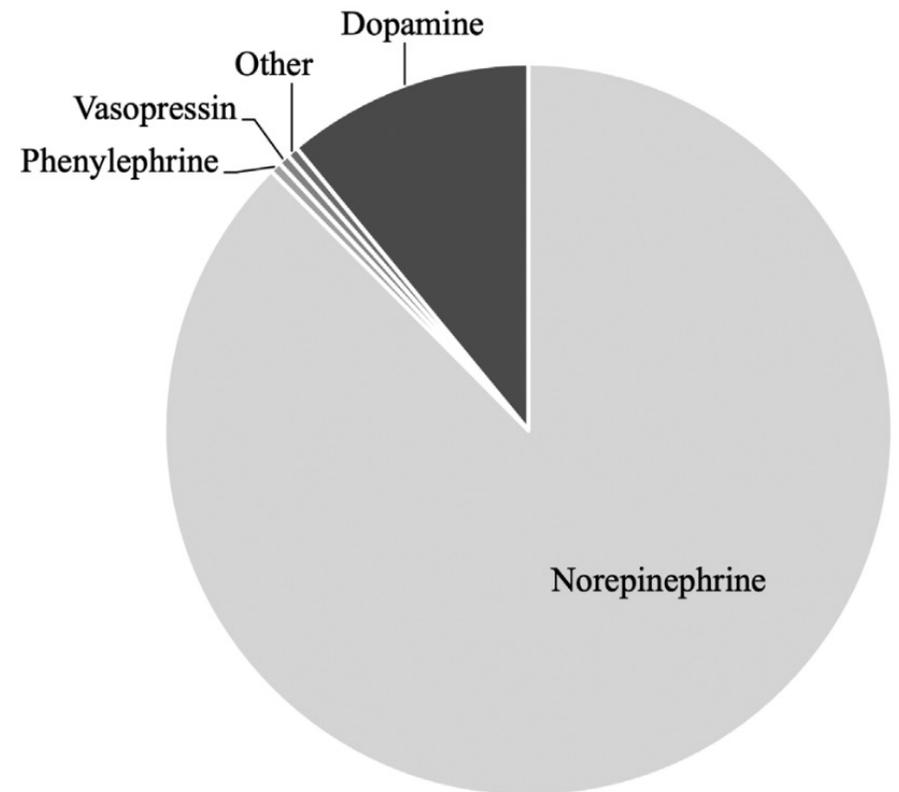
## 全身血管抵抗の低下

### 昇圧薬の効力

1. ノルアドレナリン
2. バソプレッシン
3. アドレナリン (ノルアドレナリンの代わり)

または

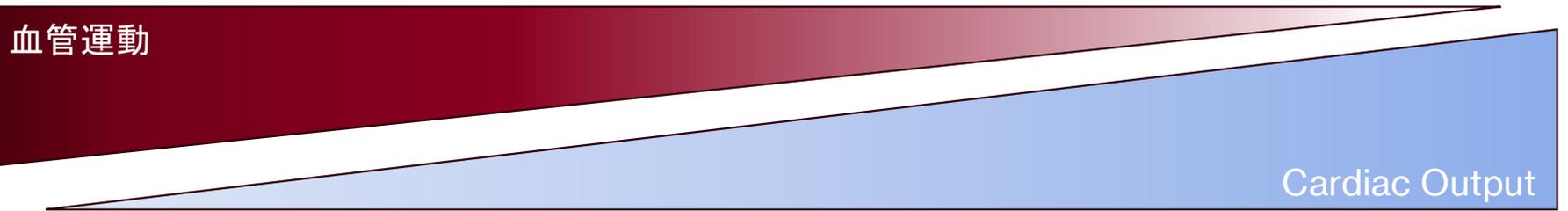
3. ドブタミンの追加 (低用量から開始)



**FIGURE 4** First-choice vasopressor for vasodilatory shock in dogs among Diplomates of the American College of Veterinary Emergency and Critical Care

Murphy 2022

# バソプレッシン



Phenylephrine

Dopamine  
5-10mcg/kg/min

Vasopressin

ノルアドレナリン

Epinephrine

Dopamine  
>10mcg/kg/min

Dobutamine

Dopamine  
1-4mcg/kg/min

# 全身血管抵抗の低下

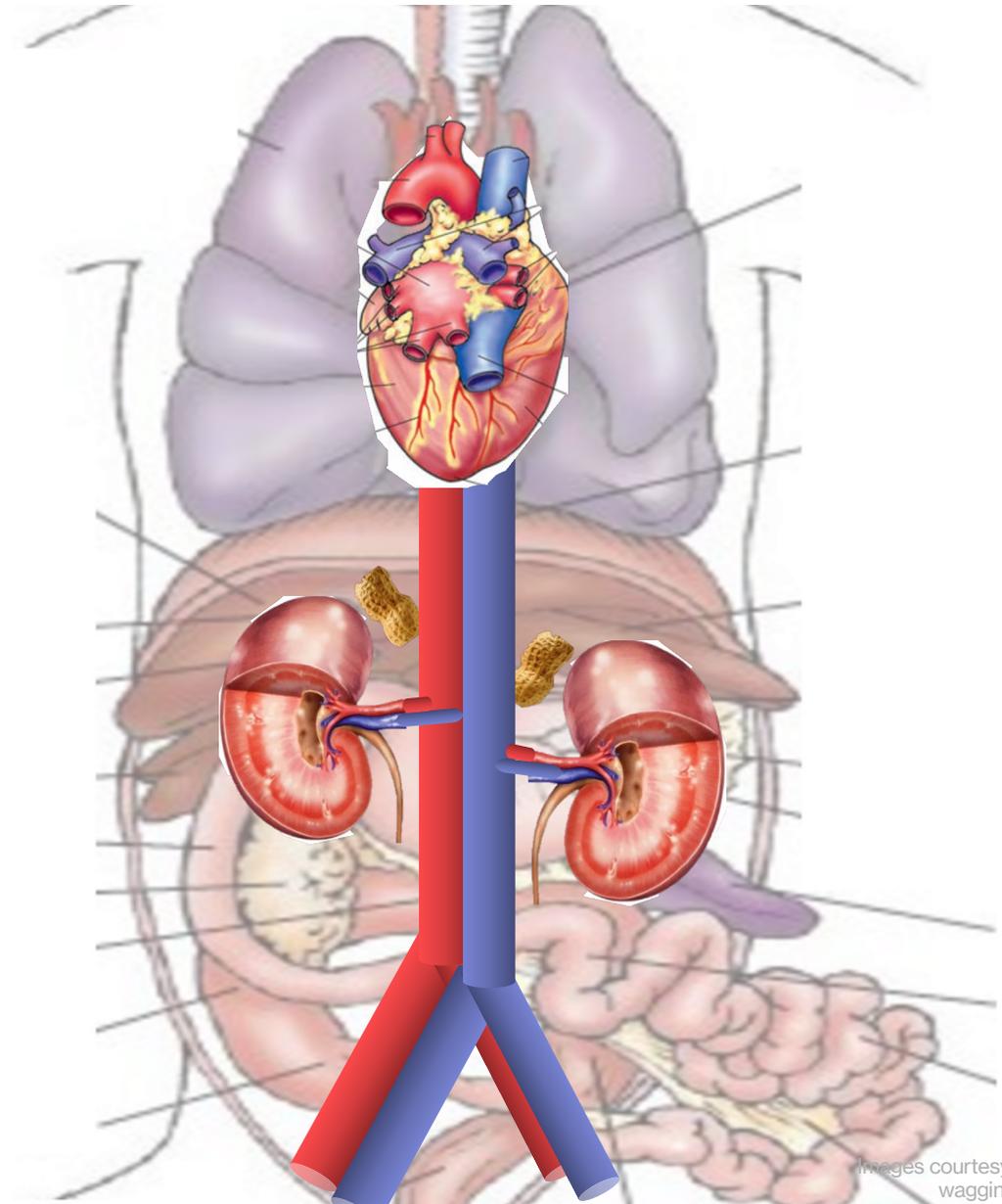
## 血管拡張改善のための追加戦略

- 麻酔薬の減量
- コルチコステロイド療法
  - ヒドロコルチゾン 2.5 -3mg/kg/day
  - 重症関連コルチコステロイド不足(CIRCI)
- アンギオテンシンII
  - 臨床的には実用化されていない

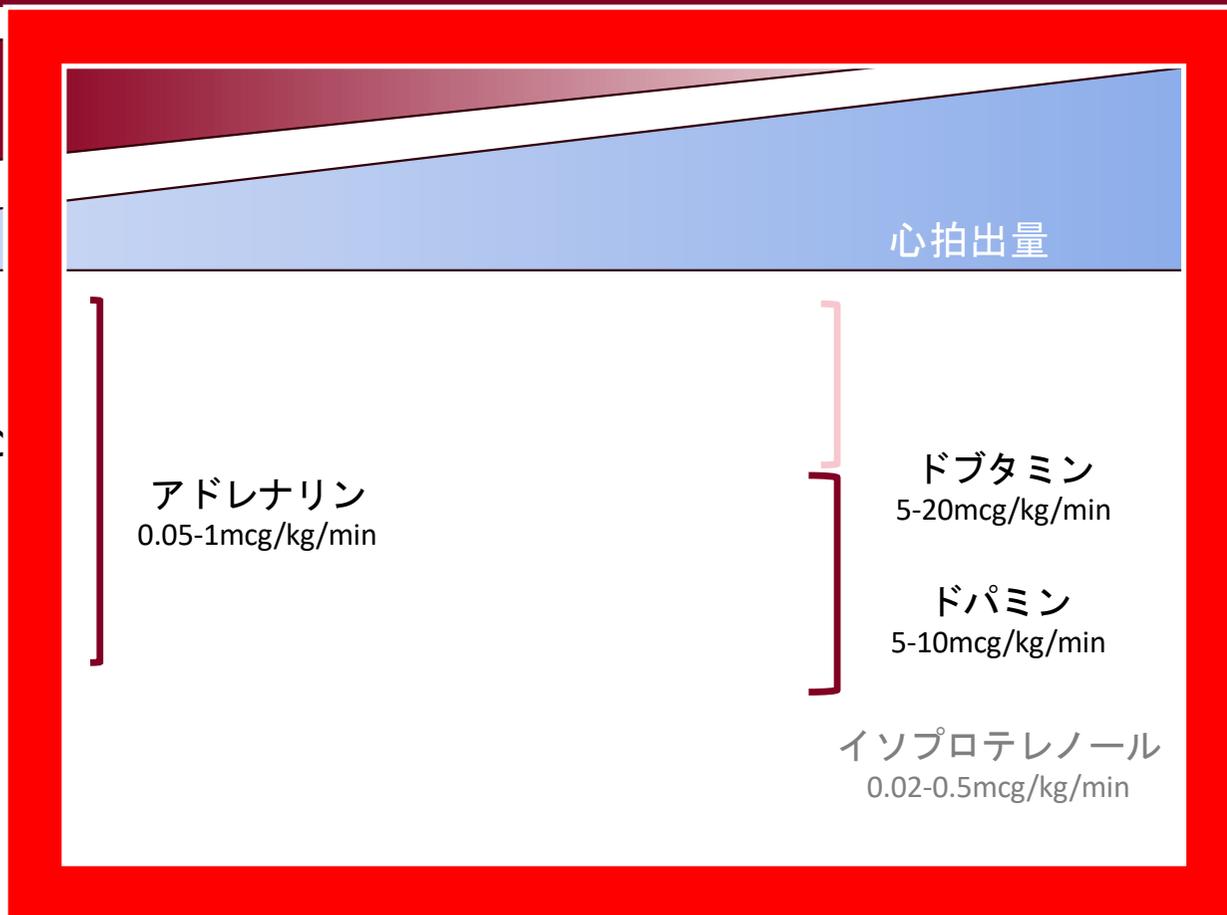
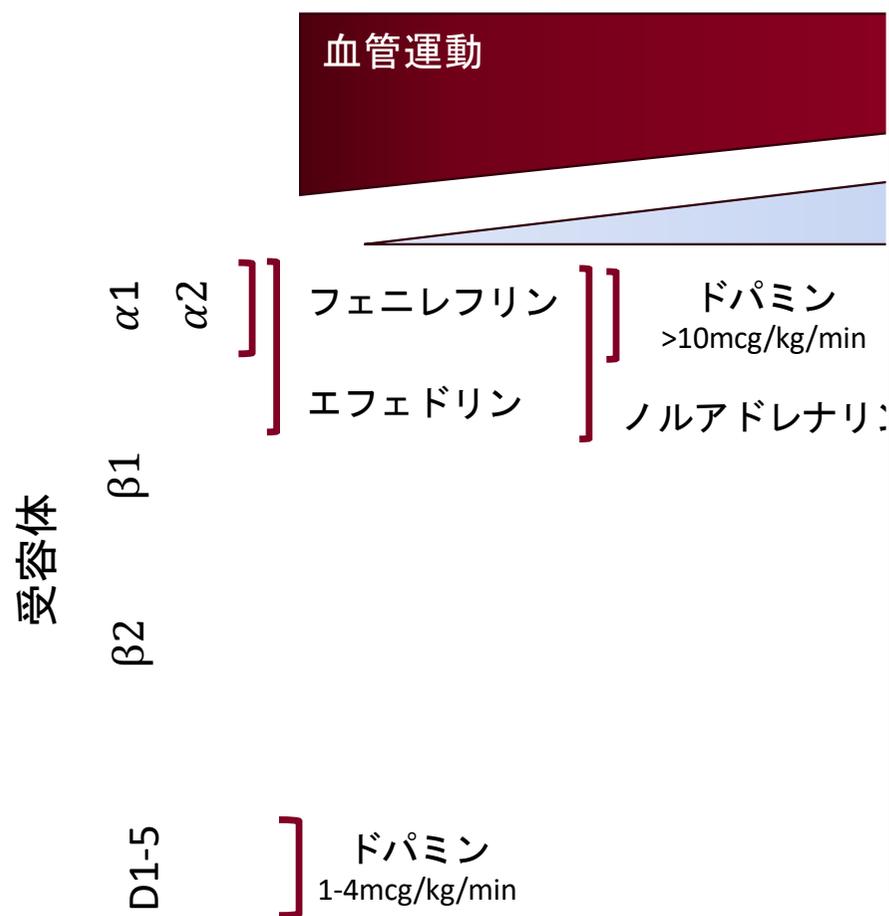
## 心機能障害

### ポンプ機能の改善が必要！

- 心収縮力の改善
  - 強心薬
- 不整脈の治療



# カテコラミン



# 心収縮力の低下

- カルシウム増感薬(PDE3-I)
  - ピモベンダン
    - 一部の構造的疾患(MMVD, DCM)に有効な強心剤
    - 滴定不能
  - レボシメンダンは敗血症の成人患者において生存率を改善せず上室性不整脈のリスクを増大させた

# Case Study



**Archie**

**16 week ME Golden Retriever**

## Case Study

- 6週間続く慢性下痢
- 直近4時間で急性嘔吐・無気力・食欲低下を認める
- 大量の出血性下痢
  - パルボウイルス/コロナウイルス/ジアルジア 陰性
- 沈鬱, HR 200, RR 48, CRT 3 sec, 可視粘膜蒼白
- 直腸温 37.4C
- 脈圧は微弱
- 非観血血圧 (オシロメトリック法): 94/52 (68)mmHg



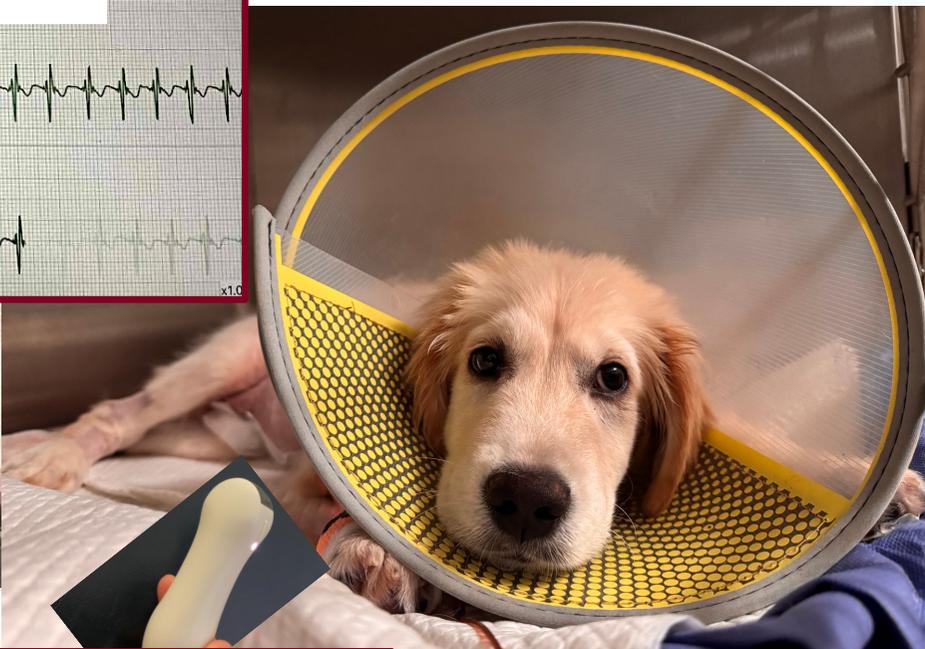
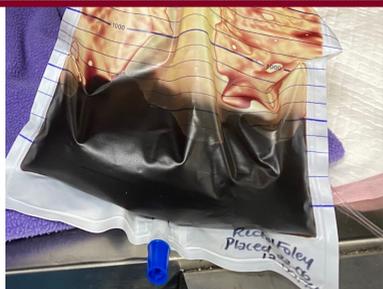
# Case Study

前負荷減少



10ml/kg over 10 minutes

# Case Study



POCUS:  
 重度の血液量減少 (左室内腔狭小化)  
 微量腹水

ABL90 QLD Vet Specialists - Stafford 1393-0926 11:59 AM 05  
 PATIENT REPORT Capillary - C 65uL Sample #

### Identifications

Sex Male  
 Accession No  
 Patient last name  
 Patient first name  
 Sample type Venous

PCV/TS: 44%/56g

### Blood gas values

↓ pH	7.254		[ 7.380 -
pCO <sub>2</sub>	40.2	mmHg	[ 40.0 -
pO <sub>2</sub>	56.7	mmHg	[ 20.0 -

### Oximetry values

? ctHb		g/dL	[ -
? sO <sub>2</sub>		%	[ -
? FO <sub>2</sub> Hb		%	[ -
? FCOHb		%	[ -
? FHb		%	[ -
? FMetHb		%	[ -

### Electrolyte values

↓ cK <sup>+</sup>	3.8	mmol/L	[ 4.0 -
cNa <sup>+</sup>	148	mmol/L	[ 141 -
↑ cCa <sup>2+</sup>	1.47	mmol/L	[ 0.98 -
↓ cCl <sup>-</sup>	110	mmol/L	[ 110 -

### Metabolite values

cGlu	6.9	mmol/L	[ -
↑ cLac	8.1	mmol/L	[ 0.0 -
? ctBil		μmol/L	[ -
? cCrea		μmol/L	[ -
? cUrea		mmol/L	[ -

### Acid-base status

cBase(Ecf) <sub>c</sub>	-9.4	mmol/L	
-------------------------	------	--------	--

# Case Study

15ml/kg over 10 minutes

10ml/kg over 10 minutes

10ml/kg over 10 minutes

前負荷減少



排便量  
19.4ml/kg/h



3% HTS 5 ml/kg

# Case Study

全身血管抵抗の低下



ノルアドレナリン  
0.1- 0.5mcg/kg/min



# Case Study

前負荷減少

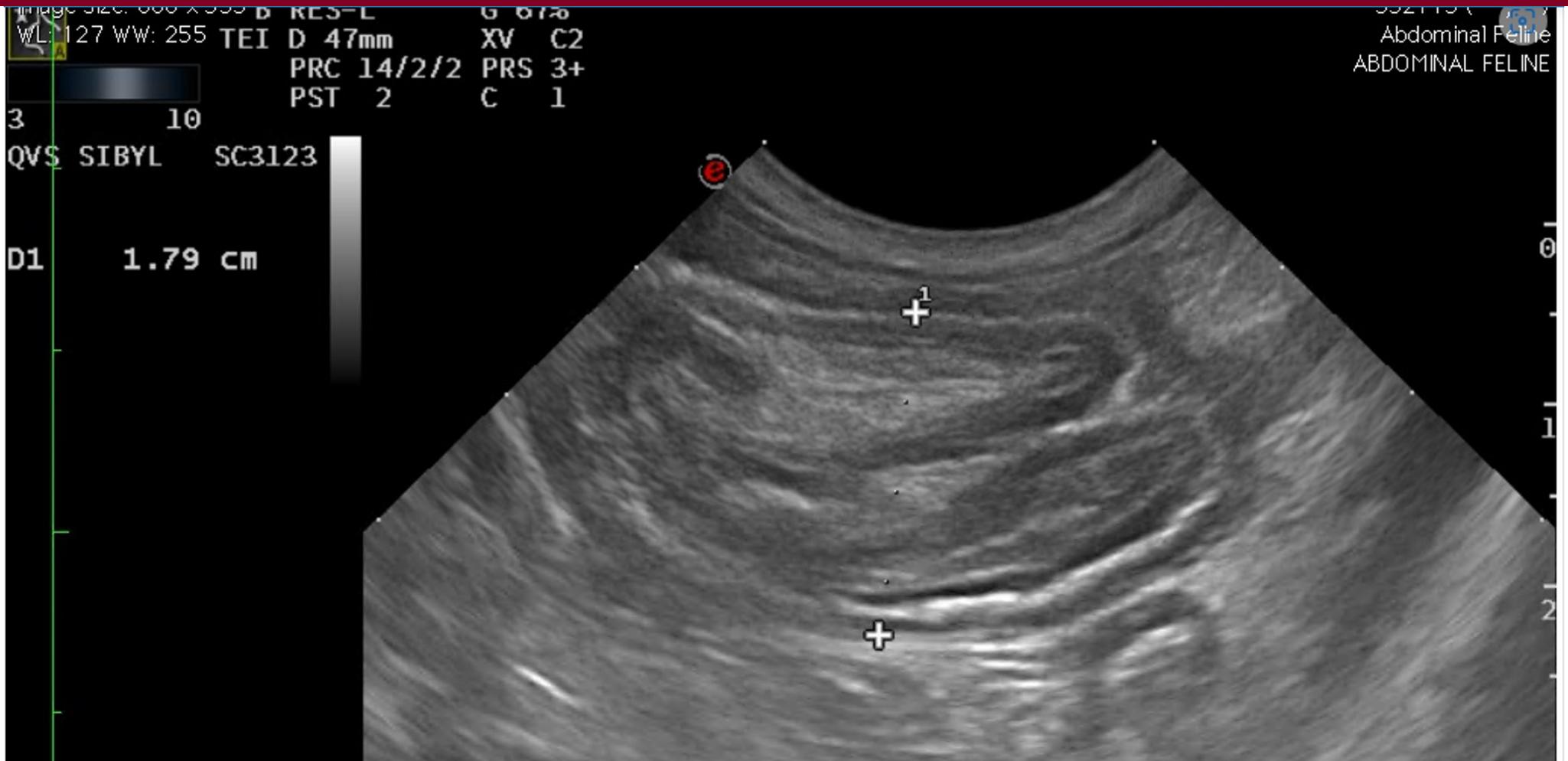


排便量  
19.4ml/kg/h



新鮮凍結血漿  
1 unit (200ml)

# Case Study



# Case Study

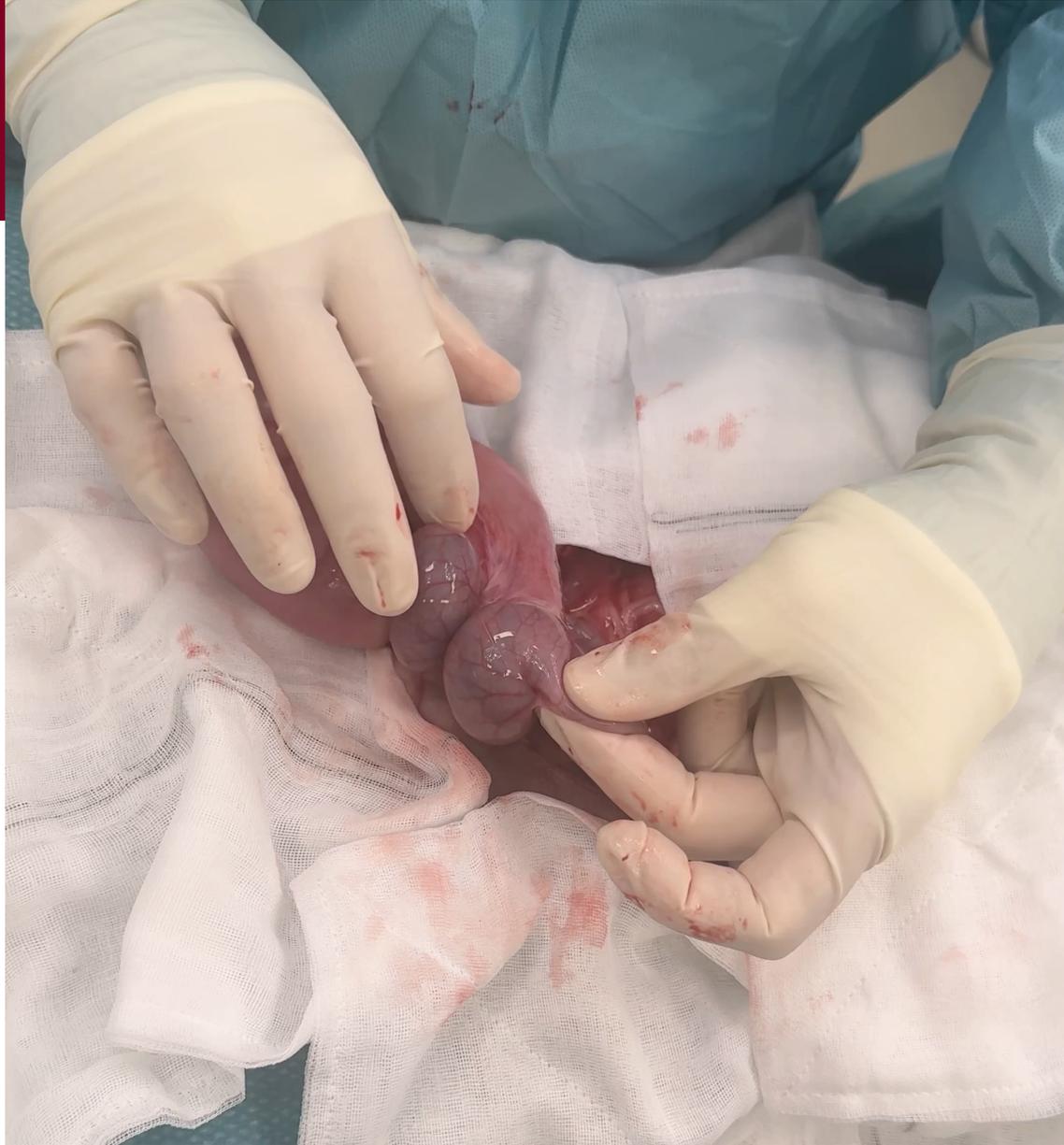


TIVA

- レミフェンタニル CRI
- プロポフォール CRI
- 吸入麻酔なし

バソプレッシン  
0.5-5mU/kg/min

## Case Study



## Case Study

- 回腸切除吻合術 (ICCJ温存)
- 糞便微生物移植療法
- クリプトスポロジウム症
- 6日間の入院後退院



**Thank you!**

[Rebekah.Donaldson@qvs.com.au](mailto:Rebekah.Donaldson@qvs.com.au)



# References

- Jack CM, Watson PM. Veterinary Technician's Daily Reference Guide. 2008 Blackwell Publishing
- Hall JE. Unit IV: The Circulation. In: Hall JE, ed. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. 13<sup>th</sup> ed. Elsevier. 2016: 169-302.
- Waddell LS. Systemic hypotension. In: Ettinger S, Feldman EC, Cote E. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 8<sup>th</sup> ed. 2017: 671-675.
- Chee W, Sharp CR, Boyd CJ. Clinical use of canine thawed refrigerated plasma: a historical case series. *Animals* 2023, 13, 2040. DOI 10.3390/ani13122040.
- Edwards TH, Rizzo JA, Pusateri AE. Hemorrhagic shock and hemostatic resuscitation in canine trauma. *Transfusion* 2021; 61: S264-S274. DOI 10.1111/trf.16516
- Boyd CJ, Claus MA, Rasis AL et al. Evaluation of biomarkers of kidney injury following 4% succinylated gelatin and 6% hydroxyethyl starch 130/0.4 administration in a canine hemorrhagic shock model. *J Vet Emerg Crit Care* 2019; 1-11. DOI 10.1111/vec.12814
- Boyd CJ, Claus MA, Rasis AL et al. Hypocoagulability and platelet dysfunction are exacerbated by synthetic colloids in a canine hemorrhagic shock model. *Front Vet Sci*. 2018; 5:279. DOI 10.3389/fvets.2018.00279
- Smart L, Boyd CJ, Claus MA et al. Large-volume crystalloid fluid is associated with increased hyaluronan shedding and inflammation in a canine hemorrhagic shock model. *Inflammation*. 2018. DOI 10.1007/s10753-018-0797-4
- Silverstein DC, Santoro Beer KA. Controversies regarding choice of vasopressor therapy for management of septic shock in animals. *J Vet Emerg Crit Care*. 2015; 25 (1): 48-54. DOI 10.1111/vec.12282
- Valverde A. Fluid resuscitation for refractory hypotension. *Front Vet Sci*. 2021; 8:621696. DOI 10.3389/fvets.2021.621696
- Evans L, Rhodes A, Alhazzani W et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for the management of sepsis and septic shock 2021. *Crit Care Med* 2021; 49 (11): p e 1063-e1143. DOI 10.1097/CCM.0000000000005337
- Silverstein DC, Kleiner J, Drobatz KJ. Effectiveness of intravenous fluid resuscitation in the emergency room for treatment of hypotension in dogs: 35 cases (2000 – 2010). *J Vet Emerg Crit Care* 2012; 22 (6). DOI 10.1111/j.1476-4431.2012.00822.x
- Henao-Guerrero N, Ricco-Pereira CH, Paranjape VV. A comparison of dobutamine, norepinephrine, vasopressin, and hetastarch for the treatment of isoflurane-induced hypotension in healthy, normovolemic dogs. *Animals* 2023; 13:2674. DOI 10.3390/ani13162674
- Mazzaferro E, Wagner AE. Hypotension during anesthesia in dogs and cats: recognition, causes, and treatment. *Compendium* 2001; 23 (8): 728 – 737.
- Rheingold CG, Silverstein DC. Vasodilatory shock: a review of pathophysiology and vasopressor therapy. *Companion Animal*. 2024; 29 (11): 1-9. DOI 10.12968/coan.2023.0072
- Chen HC, Sinclair MD, Dyson DH. Use of ephedrine and dopamine in dogs for the management of hypotension in routine clinical cases under isoflurane anesthesia. *Vet Anaes Analg*. 2007; 34 (5): 301 – 311.
- Ruffato M, Novello L, Clark L. What is the definition of intraoperative hypotension in dogs? Results from a survey of diplomates of the ACVAA and ECVAA. *Vet Anaes Analg*. 2015; 42 (1): 55-64.
- Summers AM, Culler C, Yaxley P, et al. Retrospective evaluation of the use of hydrocortisone for treatment of suspected critical illness-related corticosteroid insufficiency (CIRCI) in dogs with septic shock (2010-2017): 47 cases. *J Vet Emerg Crit Care*. 2021; 31: 371-379. DOI 10.1111/vec.13037
- Burkitt Creedon JM. Controversies surrounding critical illness-related corticosteroid insufficiency in animals. *J Vet Emerg Crit Care*. 2015; 25 (1): 107-112. DOI 10.1111/vec.12270
- Frederick F, Meda A, Singh B, Jain R. Critical illness-related corticosteroid insufficiency: latest pathophysiology and management guidelines. *Acute Crit Care*. 2024; 39 (3): 331-340. DOI 10.4266/acc.2024.00647