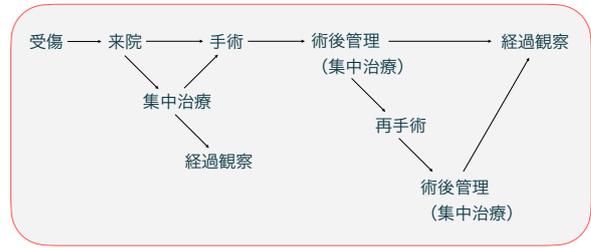


外傷の術後管理

東京大学大学院農学生命科学研究科附属動物医療センター
長久保 大

外傷治療の流れ



2

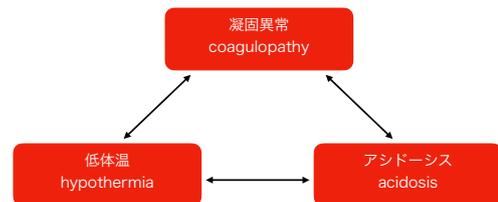
外傷治療の流れ

Damage Control 戦略

DC0 : pre-hospital hemostatic resuscitation
DC1 : 蘇生的手術 abbreviated surgery permissive hypotension
DC2 : 集中治療 critical care
↓
DC3 : 計画的再手術 planned reoperation

3

外傷における死の三徴 deadly triad



4

アシドーシス acidosis

- ショックによる代謝性アシドーシス
主に出血性ショック → Hemostatic resuscitation
心タンポナーデや緊張性気胸にも注意 → ドレナージ
- 換気不全による呼吸性アシドーシス
意識障害による呼吸抑制 → 人工呼吸
気胸・血胸による換気障害 → 人工呼吸・ドレナージ

5

術後のショック

- 術前からのショックが持続している
→ 出血性ショックに対する対応
- 術後の再出血によるショック
→ 出血性ショックに対する対応
- 外傷および手術侵襲による血管透過性の亢進・血管抵抗の低下
(敗血症性ショックに類似の病態)
→ 敗血症性ショックに準じた対応

6

SIRS systemic inflammatory response syndrome

- 重度外傷では全身の炎症反応が惹起され
全身性炎症反応症候群 (SIRS: systemic inflammatory response syndrome) が誘引される
- SIRSの生じた外傷症例では死亡率が上昇 Ateca et al. J Vet Emerg Crit Care. 2014
- 血管抵抗の低下, 血管透過性の亢進による血圧低下
- 対応: 輸液蘇生 + 血管収縮薬 + 制限輸液

7

循環作動薬の使用

- 対応: 輸液蘇生 + 血管収縮薬 + 制限輸液

	心収縮力	心拍数	体血管抵抗	血圧	投与量
アドレナリン	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	0.05-1 µg/kg/min
ノルアドレナリン	↑	不定	↑↑↑	↑↑↑	0.05-1 µg/kg/min
フェニレフリン	0	↓	↑↑↑	↑↑↑	0.25-5 µg/kg/min
バソプレシン	0	↓	↑↑	↑↑	0.5-5 mJ/kg/min

J Vet Emerg Crit Care. 2015;25(1):48-54E一部改変 8

Hemostatic resuscitation

- 出血性ショックの際の輸液: 糖を含まない細胞外液を使用
(乳酸リンゲル液もしくは酢酸リンゲル液)
- 細胞外液の大量輸液
→ 凝固障害, 低体温, 浮腫 (肺水腫含む) を惹起
→ 輸液量は最小限とする
- 大量輸血プロトコル massive transfusion protocol
初期の蘇生輸液に抵抗性の場合, 早期の輸血が有効
JATEC 外傷初期診療ガイドライン 改訂第6版

9

大量輸血プロトコル massive transfusion protocol

- 赤血球, 血小板, 血漿の補充
→ 酸素運搬のため赤血球補充
→ 止血のため血小板, フィブリノゲン
凝固因子の補充
→ 血圧 (組織還流) 維持のため
水, アルブミン, 電解質の補充
- RBCのみではなく FFP・血小板の投与が必要
(新鮮全血でも良い)



FFPの割合を増やす方が
効率的な止血が得られる

JAMA. 313. 471-482. 2015

Massive transfusion in dogs: 15 cases (1997-2001)

L. Ari Jutkowitz, VMD; Elizabeth A. Rozanski, DVM, DACVIM, DACVECC; Jennifer A. Moreau;
John E. Rush, DVM, MS, DACVIM, DACVECC.

- ▶ 90 ml/kg, 24h以内もしくは 45ml/kg, 3h以内の輸血
- ▶ 腹腔内出血 (腫瘍, 外傷), 消化管内出血, GDVなど
- ▶ 平均輸血量 pRBC 66.5 ml/kg (32-113 ml/kg)
FFP 22.2 ml/kg (6.5-73 ml/kg)
- ▶ 平均輸血時間 8.5 h (1-24 h)

Massive transfusion in dogs: 15 cases (1997-2001)

L. Ari Jutkowitz, VMD; Elizabeth A. Rozanski, DVM, DACVIM, DACVECC; Jennifer A. Moreau;
John E. Rush, DVM, MS, DACVIM, DACVECC.

- ▶ 低カルシウム血症 (10/10)
- ▶ 低マグネシウム血症 (10/10)
- ▶ 高カリウム血症 (2/10)
- ▶ 血小板減少 (5/5)
- ▶ PT・aPTT延長 (7/10)
- ▶ 発熱 (3)
- ▶ 遅発性溶血 (3)
- ▶ 嘔吐 (1)
- ▶ 顔面腫脹 (1)

Blood product usage and factors associated with transfusions in cats with hemoperitoneum: 33 cases (2018–2022)

Nicole Bunnell¹, April Blong¹, Debosmita Kundu², Jonathan Paul Mochel¹ and Rebecca Walton^{1,3*}

- ▶ 腹水貯留かつ腹水のPCV $\geq 10\%$
- ▶ 新生物, 医原性 (避妊手術, 膀胱穿刺), 肝疾患
- ▶ 輸血量
pRBC 11.8 ml/kg (6-21 ml/kg)
FFP 13 ml/kg (10-15 ml/kg)
新鮮全血 22 ml/kg (19-26 ml/kg)

	輸血群	非輸血群	p value
PCV (%)	20	23	0.32
腹水PCV (%)	20	20	0.91
血小板数 ($\times 10^9/L$)	126	135	0.82
生存数	12/16	4/17	0.008

Shock index is positively correlated with acute blood loss and negatively correlated with cardiac output in a canine hemorrhagic shock model

Charles T. Talbot, BVSc, PGDip, MRCVS¹; Kristin M. Zensen, DVM, DACVECC¹; Ann M. Heek, PhD¹; Kelly E. Hall, DVM, MS, DACVECC^{2*}

	放血前	放血後	p value
心拍数 (bpm)	102 ± 31	121 ± 39	0.32
収縮期圧 (mmHg)	96 ± 8	68 ± 20	0.02
Shock index	1.08 ± 0.35	1.9 ± 0.73	0.02
ヘモグロビン (g/dL)	13.5 ± 2.04	13.61 ± 2.18	0.997
pH	7.24 ± 0.05	7.17 ± 0.09	0.05
乳酸 (mmol/L)	1.03 ± 0.59	1.65 ± 0.84	< 0.01

Shock index ≥ 1.43 で輸血予測精度71%

Textbook of small animal emergency medicine

自己血輸血

- 貯血式・・・術前に採血
- 希釈式・・・術直前 (導入後) に採血
- 回収式・・・出血した血液を体腔内から回収
血液の汚染, 溶血, 脂肪滴の混入などの
リスクも考慮して実施
腫瘍症例における輸血による
腫瘍細胞の播種の可能性などの課題が多く残る



<https://www.mera.co.jp/medical/product-info/3197/#>

J Vet Emerg Crit Care. 25: 731-738. 2015

15

異種間輸血 Xenotransfusion

- 犬 (donor) → 猫 (recipient)
- 輸血なしでは猫が6時間以内に死亡する可能性が高い
かつ 適切な猫のdonorが見つからない場合に検討
- あくまで最終手段
- 輸血された赤血球は1-7日で破壊される
- 2回目は絶対禁忌

J Small Anim Pract. 61: 156-162. 2020

Small Anim Clin. 2: 684-687. 1962

16

Xenotransfusion 異種間輸血

	異種 (犬→猫)	同種 (猫→猫)	p value
全輸血反応	39/105 (37.1%)	40/206 (19.4%)	0.001
急性輸血反応	8/39 (20%)	24/40 (60%)	< 0.001
発熱	4/8	17/24	0.28
呼吸器症状	3/8	12/24	0.54
嘔吐	2/8	0/24	NA
流涎	1/8	0/24	NA
遅発性溶血性輸血反応	33/39 (85%)	17/40 (43%)	< 0.001

J Feline Med Surg. 25: 2023

17

犬血液 猫血液

項目	単位	23/06/08 14:31	23/06/09 14:33	23/06/09 16:53	23/06/09 06:50	23/06/01 08:41	23/06/01 08:39	23/06/01 14:38	23/06/02 08:15	23/06/04 08:59
WBCC	K/uL	9.30	10.83	22.22	12.98	10.59		14.26		16.43
RBC	M/uL	8.53	4.85	4.36	5.57	7.16		6.02	6.32	6.38
MPPC ^{>}	g/dL	11.2	9.2	8.5	9.9	12.2	9.9			9.4
Hgb ^{>}	g	31.2	24.5	22.1	25.4	34.5	27.7			27.4
MCV	fL	37.3	50.1	50.7	47.4	49.3	46.0			46.1
MCH	pg	13.1	19.0	19.5	17.8	17.0	16.4			14.7
MCHC	g/dL	35.2	37.9	38.5	37.5	35.3	35.7			32.6
TPPMP ^{>}	K/uL	442	174	186	107	119	239			291
TBI	mg/dL		0.1		0.1	0.1	0.8	2.1	0.1	0.1

Permissive hypotension Restrictive fluid resuscitation

- 積極的な輸液療法が出血を助長
→ 止血が達成されるまでは、やや低めの血圧を目標に維持
- 収縮期血圧 80-90 mmHg, 平均動脈圧 (MAP) 50-60 mmHg になるよう輸液量を調節
J Trauma Acute Care Surg. 78, 687-695, 2015
- 重症頭部外傷症例では MAP 80 mmHg 以上に維持
- 腹腔内出血の犬：制限輸液群（高張食塩水, 人工コロイド液）で生存率や輸血実施率に優位差なし
J Am Anim Hosp Assoc. 50, 1-8, 2014

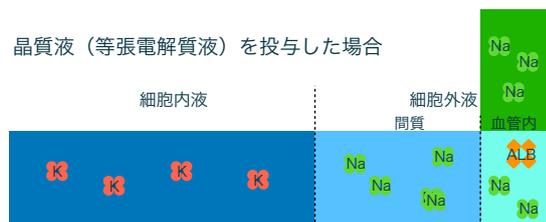
19

膠質液・高張食塩水

- 膠質液（コロイド液）：血管内容量の増加効率に優れる
アルブミン製剤
代用血漿剤（ボルベンなど）
新鮮凍結血漿（FFP）
コロイド：1nm - 1μm 程度の粒子
血液中のコロイドはタンパク質（主にアルブミン）
- 高張食塩水（7.0 - 7.5%）
細胞内から細胞外へ水を移動させるため血管内容量の増加効率に優れる
頭蓋内圧を低下させるため頭部外傷の症例に適する

膠質液の投与

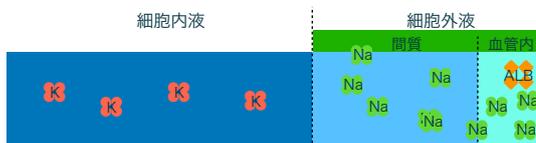
晶質液（等張電解質液）を投与した場合



21

膠質液の投与

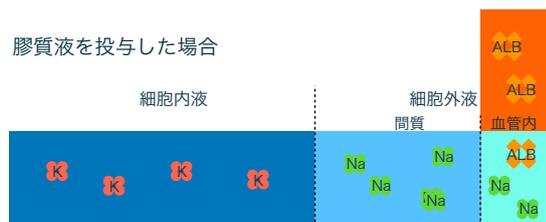
晶質液（等張電解質液）を投与した場合



22

膠質液の投与

膠質液を投与した場合



23

グリコカリックス保護作用

炎症, 輸液負荷など



グリコカリックスの脱落 → 血管外への水, アルブミンの漏出



グリコカリックスとは
糖タンパク質やグリコサミノグリカンなどの糖鎖を主体とした
血管内皮を裏打ちする構造体
血管透過性の制御, 抗血栓性の維持, 白血球遊走の制御など多くの機能を持つ

グリコカリックス保護作用

血漿輸血によるグリコカリックス保護

- ▶ FFPの投与によりグリコカリックス分解産物の減少、グリコカリックス層厚の保持
Crit Care. 21, 160, 2017
- ▶ 血漿中のアルブミンおよび凝固因子がグリコカリックスの安定化に寄与している可能性
Shock. 52, 497-505, 2019

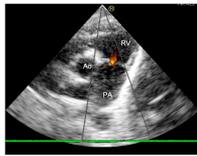


外傷関連凝固障害 Trauma-associate coagulopathy

- 外傷による凝固障害は外傷の程度とフェーズによって異なる
- 外傷後早期には凝固障害による出血傾向が生じる可能性がある
外傷による組織因子の活性化, 血小板減少・機能障害
凝固因子減少, アシドーシス, 低体温, 輸液による希釈など
(線溶亢進型DICと類似した病態)
- PT ↑, APTT ↑, フィブリノゲン ↓, D-dimer ↑
- 輸血による凝固因子・血小板の補充, トラネキサム酸の投与
J Vet Emerg Crit Care. 32, 791-799, 2022 26

外傷関連凝固障害 Trauma-associate coagulopathy

- 術後には凝固亢進による血栓塞栓症の防止が重要
フィブリノゲン ↑, TAT ↑, D-dimer ↑
- 炎症が重度の場合にはDIC
→ 多臓器不全のリスク
- 抗凝固薬の投与
ヘパリン, 低分子ヘパリン, DOAC
(出血のリスクが無いことを確認してから)



27

EJA

Eur J Anaesthesiol 2017; 34:332-395

GUIDELINES

Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology

We recommend the application of intervention algorithms incorporating pre-defined triggers and targets based on viscoelastic haemostatic assay (VHA) coagulation monitoring to guide individualised haemostatic intervention in the case of perioperative bleeding. **1C**

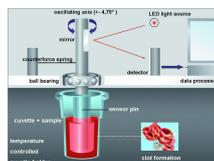
血液粘弾性検査

Thromboelastometry : ROTEM

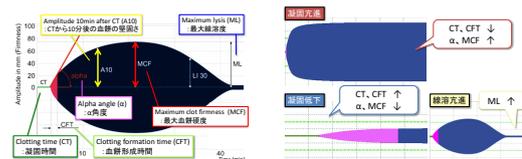


1. 血小板と凝固因子の相互作用を評価できる
2. 血餅の強度を測定できる
3. 凝固反応の速度を測定できる
4. 凝固過程に加えて線溶系も評価できる

- ・ カップは固定、ピンが回転
- ・ 血液凝固変化をスプリングの張力と血餅の張力動態とする
- ・ ピンに反射した光をコンピュータで処理

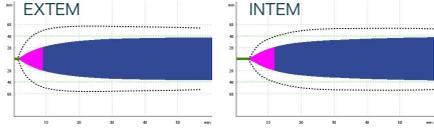


ROTEM 測定原理

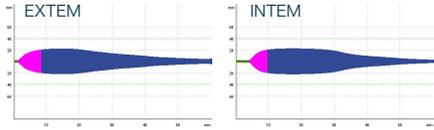


試薬	評価項目
INTEM	エラジン酸 内因系凝固活性
EXTEM	組織因子 外因系凝固活性

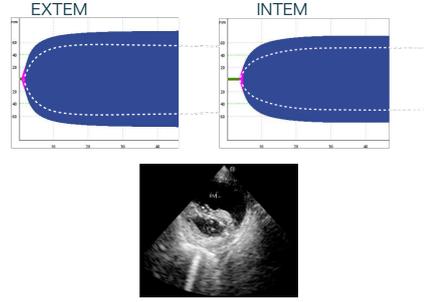
脾臓腫瘍の被膜内出血



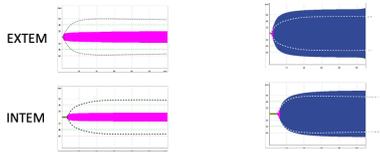
皮下血腫, 紫斑



肺葉切除術後



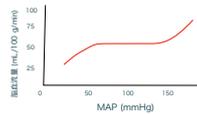
	基準値	発症日	術後4日目	術後7日目
PT (sec)	7.4-8.8	9.1	7.4	7.5
APTT (sec)	12.0-28.0	25.3	21.9	19.9
Fib (mg/dl)	113-385	81	>650	492
D-dimer (μg/ml)	<1.0	>40	28	22
TAT (ng/ml)	<0.2	15.1	6.3	2.7
PLT (K/μl)	200-500	8.2	227	418



術後に生じるもしくは発覚することのある損傷

- 頭部：頭蓋内出血の増加
- 胸部：胸腔内出血の増加, 気胸, 横隔膜ヘルニア
- 腹部：腹腔内出血の増加, 消化管損傷, 胆道系の損傷, 尿路系の損傷
- その他：脊髄損傷

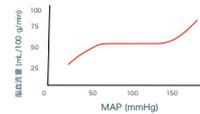
頭蓋内出血時の血圧管理



脳灌流圧(CPP) = 平均動脈圧(MAP) - 頭蓋内圧(ICP)

- ICPが上昇している頭蓋内出血症例では脳灌流圧の維持のために血圧の管理が重要
- やや高め血圧維持が推奨される
収縮期血圧 ≥ 110 mmHg, 平均血圧 ≥ 90 mmHg
Guideline of the Management of Severe Brain Traumatic Injury 4th edition
- Auto-regulationの範囲内では血圧高いと頭蓋内圧(ICP)低下

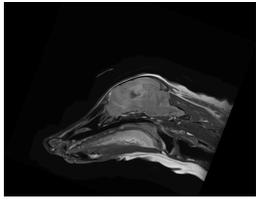
頭蓋内出血時の血圧管理



脳灌流圧(CPP) = 平均動脈圧(MAP) - 頭蓋内圧(ICP)

- 過度の高血圧：頭蓋内圧(ICP)の上昇（脳血流量の増加）出血の助長
- 過度の高血圧では降圧処置が必要な場合もあり
→ ICPも同時に下げる：鎮静・鎮痛, 浸透圧利尿, 軽度過換気

頭蓋内出血時の血圧管理



37

頭蓋内出血時の血圧管理：降圧時の処置

投与目的	薬品名	投与量	備考
鎮静	プロポフォール	3 - 15 mg/kg/hr	鎮静状態をみて調整
	ミダゾラム	0.1 - 0.5 mg/kg/hr	単独もしくはプロポフォールと併用
鎮痛	フェンタニル	2-5 µg/kg/hr	1-3 µg/kg iv 後にCRI
血圧降下 (血管拡張)	ニカルジピン	0.2 - 5 µg/kg/min	犬種の臨床データに乏しい 頻脈に注意
	ジルチアゼム	2 - 6 µg/kg/min	0.1-0.2 mg/kg iv 後にCRI 心臓抑制に注意
	ニトログリセリン	0.5 - 10 µg/kg/min	頻脈に注意
脳圧降下	マンニトール	1.0 - 2.0 g/kg	30分かけてCRI リバウンドを生じる
	グリセロール	0.5 - 2.0 g/kg	30分かけてCRI

緊張性気胸

- 胸腔ドレーンから間欠的な抜去もしくは持続吸引
- ドレナージが追いつかない場合や数日以上持続する際には手術が必要なことも
- リーク部位の特定が困難な場合や複数葉にある場合には手術は不適
- Blood patchingも選択肢の一つ



Textbook of Small Animal Emergency Medicine
Veterinary surgery small animal 2nd ed
Moloney, et al., J Vet Intern Med. 2022;1-6.

39



持続吸引（胸腔ドレーン）

- 頻回のドレナージが必要な場合に持続的（間欠的）に吸引
- 吸引圧は 5 -15 cmH₂O で調整 (Max 20 cmH₂O)

Small Animal Surgery fifth ed
Textbook of Small Animal Emergency Medicine

