

最適な周術期管理のための臨床的検討

佐野 忠士¹⁾・前原 誠也²⁾

Clinical study for optimal perioperative management

Tadashi SANO¹⁾ and Seiya MAEHARA²⁾
(Accepted 7 December 2020)

はじめに

近年、医学領域では麻酔ならびに手術中の患者管理における重要な概念として周術期管理 (Peri-operative management) という考え方が一般化されている^[11]。周術期管理とは手術中の患者管理のみではなく、手術前や手術後を含めた一定期間の患者管理を集学的に行うもので、患者を適切に評価し麻酔・疼痛管理計画を立案し、それに基づき適切な麻酔管理を実施するために鎮痛薬を術前から投与し、手術中・手術後の感染症発生予防のために抗生物質投与を行うなど、患者の早期回復を図るよう努める考え方である^[5,27]。その中で、比較的管理がしやすいものとして手術中には適切な麻酔深度の検討、鎮痛薬の使用など様々な工夫がなされている^[7,14,16]。手術中の患者の体温管理は非常に一般的なものであるものの、手術中の患者は様々な要因により低体温を発症しやすく、これが術後の合併症発生と関連することが知られている^[4,15,25]。低体温発生予防のためには、外部への体温の喪失を防ぐことが重要であり、患者の保温が一般的には実施される^[8]。一方、患者の呼気に含まれる湿度を利用した体温保持についても注目が集まり、その有効性が人医学領域においては経験的には報告されている^[2]ものの、獣医学領域における報告はない。そこで、本研究では患者の呼気を利用した体温保持に有用と考えられる人工鼻を用い、全身麻酔中における患者動物の体温の変化を記録することで、最適な周術期管理の一端を担うと考えられる効果的な体温低下防止法について臨床的に検討することを目的とした。

材料と方法

対象症例；

2015年に本学附属動物医療センターに来院し、全身麻酔下で眼科手術が行われた犬20頭を対象とした。対象症例の内訳は表1に示す通りであった。症例を全身麻酔管理における呼吸管理に人工鼻(後述)を装着した群(HME群)と装着しない群(non-HME群)に無作為に分類し、全身麻酔管理を実施した。

人工鼻；

HME群において、DARフィルター付人工鼻ハイグロベビー(コヴィディエンジャパン株式会社、東京)を気管内挿管された患者動物の気管チューブの端に装着(図1)し、それを麻酔回路の蛇管Y-ピースへとつなぎ呼吸管理を行った。

測定装置；

麻酔中の患者動物の体温は生体情報モニター(DS7000, フクダ電子工業株式会社, 東京)を用い、患者動物の呼気-吸気の温度および湿度は温・湿度・圧力モニター(MAPHY+, スカインネット株式会社, 東京)を用いて連続的に測定した(図2)。

統計解析；

各群内における測定開始時点から測定終了時までの体温、呼吸温度、湿度の比較には重複測定一元配置分散分析法を、各測定点における同項目の各群間での比較にはMann-WhitneyのU検定を用い、いずれも $p < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。統計解析にはコンピューターソフトウェアJMP®(SAS

1) 酪農学園大学獣医学群獣医保健看護学類動物集中管理研究室
School of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Science, Rakuno Gakuen University

2) 酪農学園大学獣医学群獣医学類伴侶動物医療学分野伴侶動物内科学I
School of Veterinary Medicine, Department of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University

表 1；対象症例

HME 群	Non-HME 群
Case-1 雑種犬, 8 歳齡, 去勢雄, 白内障手術	Case-1 ミニチュア・シュナウザー, 12 歳齡, 去勢雄, 眼球腫瘍 (眼球摘出術)
Case-2 アメリカン・コッカー・スパニエル, 8 歳齡, 避妊雌, 眼瞼腫瘍摘出術	Case-2 ブルドッグ, 7 歳齡, 雄, 瞬膜腺腫瘍摘出術
Case-3 雑種犬, 8 歳齡, 去勢雄, 白内障手術	Case-3 ミニチュア・ピンシャー, 14 歳齡, 避妊雌, 白内障手術
Case-4 ミニチュア・シュナウザー, 12 歳齡, 避妊雌, 毛様体腫瘍 (眼球摘出術)	Case-4 キャバリア・キング・チャールズ・スパニエル, 4 歳齡, 去勢雄, 白内障手術
Case-5 シー・ズー, 6 歳齡, 雄, 角膜腫瘍	Case-5 トイ・プードル, 4 歳齡, 去勢雄, 白内障手術
Case-6 フレンチ・ブルドッグ, 3 歳齡, 避妊雌, 白内障手術	Case-6 トイ・プードル, 14 歳齡, 去勢雄, 白内障手術
Case-7 トイ・プードル, 5 歳齡, 雄, 白内障手術	Case-7 柴犬, 8 歳齡, 雄, 眼瞼腫瘍
Case-8 ゴールデン・レトリバー, 12 歳齡, 避妊雌, 眼内腫瘍 (眼球摘出術)	Case-8 トイ・プードル, 5 歳齡, 避妊雌, 白内障手術
Case-9 チワワ, 9 歳齡, 去勢雄, 白内障手術	Case-9 ミニチュア・ピンシャー, 12 歳齡, 雄, 角膜糜爛
Case-10 マルチーズ, 9 歳齡, 避妊雌, 白内障手術	Case-10 ミニチュア・ダックス・フンド, 9 歳齡, 避妊雌, 白内障手術

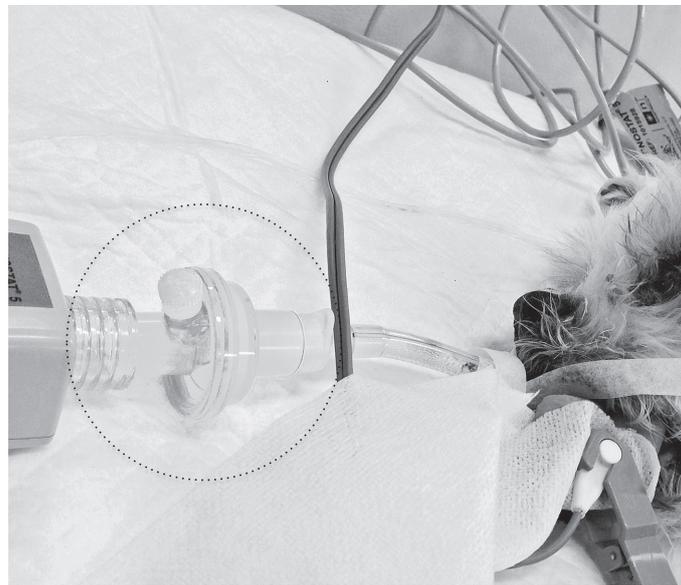


図 1；患者動物に装着された人工鼻 (点線内)

Institute Japan 株式会社 JMP ジャパン, 東京) を用いた。

結 果

体温変化の結果を図 3 に示した。いずれの群においても測定開始から体温は徐々に低下し, 測定終了

時には HME 群で平均 36.5℃, non-HME 群で平均 36.1℃であり, 両群間に統計学的有意差は認められなかったものの HME 群で常に高い値で経過する傾向が認められた。

呼吸温度および湿度の変化については図 4-1 および 4-2 に示した。相対湿度は HME 群においてはほ



図 2：呼吸ガス温湿度モニター MAPHY+

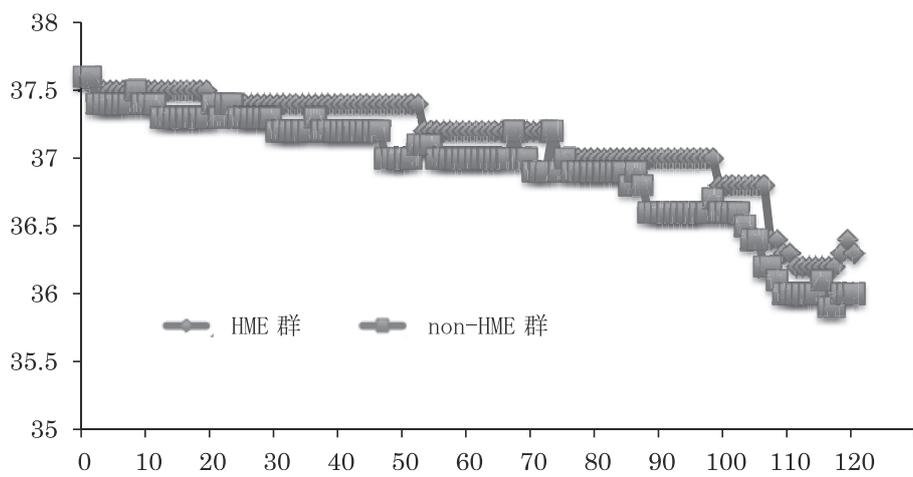


図 3：対象症例の体温変化

縦軸は体温 (°C) を横軸は測定開始からの時間 (分) を示す。

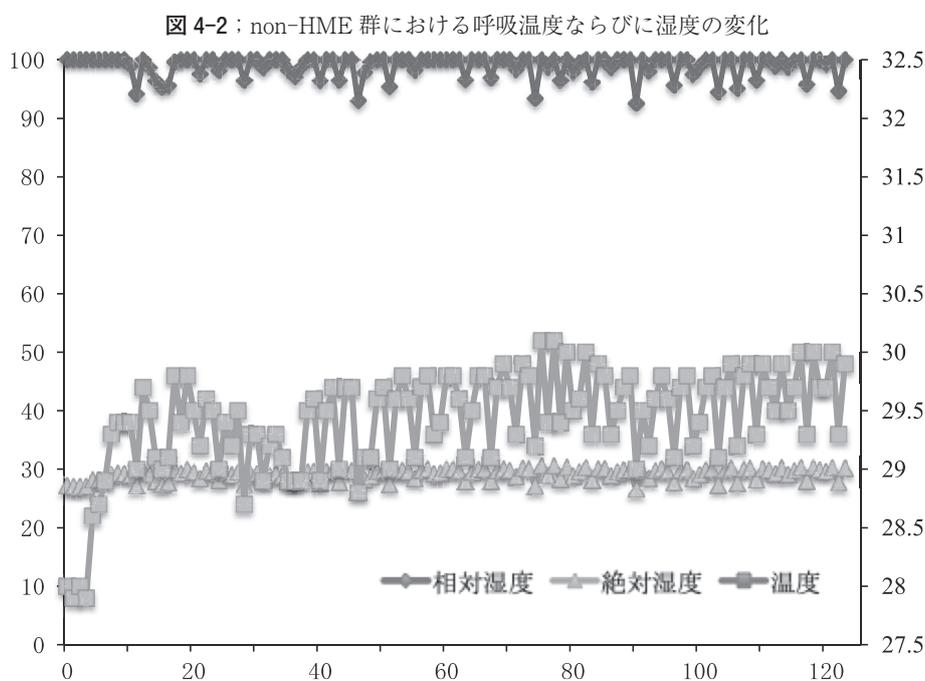
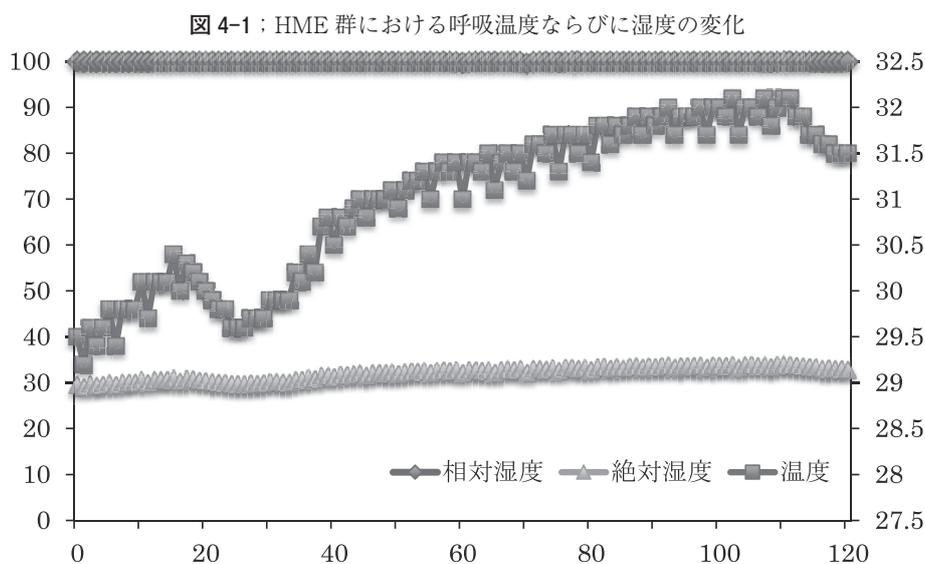


図 4: 対象症例の呼吸温度および湿度の変化

左縦軸はそれぞれの湿度 (%) ならびに右縦軸は温度 (°C) を、横軸は測定開始からの時間 (分) を示す。

ほぼ 100% を維持していた一方で、non-HME 群では 93~100% の値を変動していた。また、温度は HME 群では常に 30°C を超えているものの、non-HME 群においては 30°C 以下を示すものが存在していた。さらに、絶対湿度については HME 群では 35 mg/L 前後であるのに対し、non-HME 群では 30 mg/L 以下を示すポイントも存在していた。群内および群間のいずれにおいても比較した測定点間における統計学的有意差は認められなかった。

考 察

通常、我々をはじめとする恒温動物の体温は周囲環境の温度変化に依存せず非常に狭い正常温度範囲で維持されるように様々な調節機構が働いている^[10]。全身麻酔はこの調節機構を乱すのと合わせ、麻酔薬によって生じる様々な抑制作用により動物の体温を低下させる^[13]。麻酔によって引き起こされる体温低下は一般的に 3 相性の変化を生じるとされており、中でも、鎮静薬や麻酔薬によって引き起こ

される末梢血管拡張による中枢から抹消への熱喪失が生じる再分布相（第1相）における体温低下が最も大きく影響を及ぼすと考えられている^[21]。今回の我々の結果において、明確な3相の変化は示されなかったものの、麻酔時間の経過に伴い体温は断続的に低下していき、測定開始時から比較すると両群において約1℃の体温低下が認められていた。麻酔中の体温低下により生体には様々な悪影響が生じてくる。相対的麻酔深度の深化とそれに伴う循環抑制、呼吸抑制そして麻酔からの覚醒遅延などが生じる^[19,20]。その他、体温低下そのものが心収縮力の低下、心電図波形の異常を引き起こし、約23.5℃まで低下すると約50%の犬で心室細動が認められるという報告も存在する^[26]。また、体温の1℃の低下ごとにヘマトクリットは2%上昇し血液の粘稠度が増加することも報告されている^[9,17]。本研究の結果においては体温低下に付随すると考えられる手術中ならびに手術後の有害事象発生は、両群いずれの症例においても認められなかった。これは今回対象とした全ての症例が比較的重症度の低い眼科手術の症例であったことがその大きな一因であると考えられた。しかし、そのような低リスクの症例であっても麻酔開始時から約1℃以上の体温低下が認められていることには注意が必要で、全ての症例に対し、低体温の発生とそれが生体へ及ぼす影響は非常に大きい危険性を十分に認識し、その対処について意識しなければならないことを再確認する結果であった。

有害作用を多く示す麻酔ならびに手術中の体温低下を防止するための様々な方法が検討されており、人医学領域では、前述の低下の最も大きい再分布性体温低下相において、適切な加温処置を行うことで中枢と末梢の温度格差を少なくし、体温低下の防止に寄与可能であるとの観点^[22]から、術前加温処置としてのPre-Warming処置が比較的一般的となりつつある^[3,6]。この他、手術中の換気様式を呼気終末陽圧換気（Positive End expiratory Pressure：PEEP）で維持することでの体温低下防止や手術体位による体温の変化^[18]そして手術中の栄養給与による体温低下抑制^[23]について報告されているが、いずれも獣医学領域での報告はなくこれらの臨床現場での実施および検討については一般的ではない。

人工鼻（heat and moisture exchanger：HME）とは麻酔回路のYピースと気管チューブの間に装着し、その内部の線維性物質が呼気中の熱や水分を貯え、次の吸気時に放出するものである^[29]。この放出される熱および水分を、麻酔回路から供給される乾燥した冷たいガスに供給することで、患者体内へ入

るガスを自然呼吸時のものと類似した状態、すなわち加湿加温状態とし、全身麻酔状態における体温低下防止に寄与することが可能となっている。気道の加湿管理は呼吸管理における重要な管理項目の一つであり、American Association for Respiratory Care（AARC）では、吸入ガスの温度は30℃以上、絶対湿度30 mg/L以上を推奨している^[1]。本研究の結果においても、HMEの使用により統計学的有意差は認められなかったものの、麻酔中の体温はHME群で常に高値で維持され、呼吸気の温度、相対湿度ならびに絶対湿度のいずれも高値かつAARCのガイドラインで提唱されている値での維持が可能となり、伴侶動物医療分野におけるHME使用による全身麻酔管理中の温度ならびに湿度保持の有用性を示すことが可能であった。しかし、我々は集中治療管理や非常に重篤な患者の呼吸管理以外ではHMEを呼吸管理において日常的には使用していない。実際、人医学領域の論文においても長期人工呼吸管理が行われている患者や肺炎患者においてはHMEの使用により人工呼吸管理中の気道や肺の感染および炎症を低減可能であるとする報告^[12]が存在する一方で、HME使用により人工気道閉塞の発生率を低下させるが、他の管理法と比較して入院期間や死亡率には有意差を生じなかったという報告^[24]、HME使用における気道抵抗の増大、死腔の増大や、気道ならびに肺分泌物過多の症例における適応禁忌なども報告されており^[28]全ての症例で必ず使用すべきものであるとは言い難い。

今回の研究結果により、伴侶動物医療分野におけるHME使用に伴う明らかな臨床的有害事象は認められず、HMEの使用による体温保持効果ならびに気道の保湿、加温の効果を示すことができた。今後は獣医学領域、特に伴侶動物医療分野においてHME使用における利点である体温の保持、呼吸ガスの温度・湿度の保持と、HME使用に伴う有害事象的反応とのバランスを塾考し、その適切な使用についてさらなる検討を進めHME使用適応症例についての情報提供を行いたいと考えている。

謝 辞

本研究は、酪農学園大学学内共同研究助成金（2015年）の補助を受けて実施した。

引用文献

1. AARC clinical practice guideline., 1992. Humidification during mechanical ventilation. American Association for Respiratory Care.

- Respir Care*. 37: 887-890.
2. Anders J., Dag L. and Luttrupp HH., 2003. The effect of heat and moisture exchanger on humidity and body temperature in a low-flow anaesthesia system. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. **47**(5): 564-568.
 3. Andrzejowski J. Hoyle G. Eapen G. Turnbull D., 2008. Effect of prewarming on post-induction core temperature and the incidence of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia. *Br J Anaesth*. **101**(5): 627-631.
 4. Anthony GD., 2008. Consequences of inadvertent perioperative hypothermia. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. **22**(4): 645-657.
 5. Beloeil H., Sulpice L., 2016. Peri-operative pain and its consequences. *J Visc Surg*. **153**(6S): S15-S18.
 6. Bernard J., Veronique T., et al. 1993. Prevention of Intraoperative Hypothermia by Preoperative Skin-Surface Warming. *Anesthesiology*. **79**: 214-218.
 7. Caroline J. Hewson, Ian R. Dohoo, and Kip A. Lemke, 2006. Perioperative use of analgesics in dogs and cats by Canadian veterinarians in 2001. *Can Vet J*. **47**(4): 352-359.
 8. Charles E., Ronak D., et al. 1998. Preventing hypothermia: convective and intravenous fluid warming versus convective warming alone. *Jour Clin Anesth*. **10**(5): 380-385.
 9. Danzl DF. 2012. Accidental hypothermia. In Auebach PS, editor: *Winderness medicine*, ed 6, Philadelphia, Elsevier.
 10. Guyton AC., Hall JE., 2000. *The textbook of medical physiology*, ed 10, Philadelphia, Saunders.
 11. Kam PC., Calcroft RM., 1997. Peri-operative stroke in general surgical patients. *Anaesthesia*. **52**(9): 879-83.
 12. Kirton OC., DeHaven B., Morgan J., et al. 1997. A prospective, randomized comparison of an in-line heat moisture exchange filter and heated wire humidifiers. Rate of ventilator-associated early-onset (community-acquired) or late-onset (hospital-acquired) pneumonia and incidence of tube occlusion. *Chest*. **112**: 1055-1059.
 13. Kurt A. Grimm, Leigh A. Lamont., et al. 2015. *Veterinary Anesthesia and Analgesia: The Fifth Edition of Lumb and Jones*. WILKEY Blackwell.
 14. Lorena SE., Luna SP., Lascelles BD., Corrente JE., 2014. Current attitudes regarding the use of perioperative analgesics in dogs and cats by Brazilian veterinarians. *Vet Anaesth Analg*. **41**(1): 82-89.
 15. Luke R, James B., Andrea K., 2003. Perioperative complications of hypothermia. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. **17**(4): 535-549.
 16. Mark E., Ilona R., Gregg G., et al. 2015. 2015 AAHA/AAFP Pain Management Guidelines for Dogs and Cats. *JAAHA*. **51**(2): 67-84.
 17. Mallet ML. 2002. Pathophysiology of accidental hypothermia. *QJM*. **95**: 775.
 18. Nakajima Y., Mizobe T., Takamata A., Tanaka Y., 2000. Baroreflex modulation of peripheral vasoconstriction during progressive hypothermia in anesthetized humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. **279**(4): R1430-1436.
 19. Pottie RG., Dart CM., Perkins NR., Hodgson DR., 2007. Effect of hypothermia on recovery from general anaesthesia in the dog. *Aust Vet J*. **85**(4): 158-162.
 20. Regan MJ., Eger EI II., 1967. Effect of hypothermia in dogs on anesthetizing and apneic doses of inhalation agents. Determination of the anesthetic index (Apnea/MAC). *Anesthesiology*. **28**(4): 689-700.
 21. Sessler DI., 2000. Perioperative heat balance. *Anesthesiology*. **92**(2): 578-596.
 22. Sessler DI., 2001. Complications and treatment of mild hypothermia. *Anesthesiology*. **95**(2): 531-543.
 23. Shellden E., Branstrom R., Brundin T., 1996. Preoperative infusion of amino acids prevents postoperative hypothermia. *Br J Anaesth*. **76**(2): 227-234.
 24. Siempos Il., Vardakas KZ., Kopterides P., Falagas ME., 2007. Impact of passive humidification on clinical outcomes of mechanically ventilated patients: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med*. **35**(12):

- 2843-2851.
25. Stuart Clark-Price., 2015. Inadvertent Perianesthetic Hypothermia in Small Animal Patients. *Vet Clin Small Anim.* **45(5)**: 983-994.
26. Wingfield WE., 2002. Accidental hypothermia. In Wingfield WE., Raffe MR., editors: *Veterinary ICU book*, Jackson Hole, Wyo, Teton New-Media.
27. Winters H., Tielemans HJ., Sprangers PN., Ulrich DJ., 2017. Peri-operative care for patients undergoing lymphaticovenular anastomosis: A systematic review. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* **70(2)**: 178-188.
28. 磨田 裕. 1998. 加温加湿と人工鼻. *人工呼吸.* **15**: 83-90.
29. 磨田 裕. 2003. 呼吸療法に必要な機器 3. 加温加湿器. *呼吸療法マニュアル.* pp.164-173.

Summary

In this study, we focused on the changes in the body temperature of patients under general anesthesia and conducted a clinical study assessing an effective method for the prevention of hypothermia for optimal perioperative management. The body temperature was always higher in the Heat and Moisture Exchanger (HME) group. With respect to the changes in the respiration temperature and humidity, good results were noted in the HME group. The relative humidity was almost 100%; the temperature was always $> 30^{\circ}\text{C}$, and the absolute humidity was approximately 35 mg/L. HMEs can be used to maintain the body temperature and are effective for heating and humidifying inspired air. Thus, HMEs may play a role in optimal perioperative management.

(We would like to thank Editage (www.editage.com) for English language editing.)

