

周術期体温管理の理由とその方法

いつ温めるの？麻酔導入前でしょう！

第55回日本手術看護学会
東海地区学会・総会 ランチョンセミナー
名古屋・ウインクあいち
2013年11月16日(土) 開催内容をもとに編集

体温とはどの温度？

体温は体のどの部分の温度のことをいうのだろうか。額、腋窩、口腔、直腸などさまざまであり、ヒトの体温は体の中で様ではないため、便宜上、中枢温（ここでは以下、核心温）と末梢温の2つに分けられている。また、測定部位で温度差があるのは、身体の部位によって熱の産生や放熱の程度が異なるからである（表1）。

測定部位による主な特徴は表2のとおりである。

〈新しい深部温計〉

鼓膜およびその周辺から発せられる赤外線、非接触かつ連続的に測定することが可能なイヤホン型の測定プローブを使用した鼓膜温（非接触型）測定装置がある。①測定部位が「鼓膜およびその周辺組織」であるため、核心温とよく相関し、追従性もよいと推定される ②外耳へ挿入するため侵襲性が少ない ③麻酔前の患者への使用が容易である という特徴があるので患者のインフォームドコンセントも取りや



〈演者〉

金田 徹 先生

東京歯科大学
市川総合病院麻酔科
主任教授

1987年に琉球大学医学部を卒業後、慶応義塾大学医学部麻酔科学教室に入局。関連病院などに勤務後、2006年に東海大学医学部医学科外科学系麻酔科講師、2009年に准教授、2015年4月より現職

表1 中枢温と末梢温

①中枢温	<ul style="list-style-type: none"> ●体の中心部分の温度であるため、大気温の変化に影響されにくい ●測定部位：食道、咽頭、鼓膜、血液（肺動脈）、直腸、膀胱 ●消化管や腹部臓器などは新陳代謝が激しく熱を盛んに産生するが、放熱されないために高温を示す
②末梢温	<ul style="list-style-type: none"> ●末梢部分の温度であるため、大気温の変化で変化する ●測定部位：生体表層部（腋窩、口腔、皮膚表面、指尖） ●熱の産生量が少なく放熱が起こりやすいので、低温を示す

表2 測定部位の特徴

		主な特徴	欠点
①食道温		<ul style="list-style-type: none"> ●プローブ挿入後、X線撮影が必要（適切な位置のため） ●大動脈温を反映するため信頼性が高い ●急激な体温変化に迅速に追従する ●脳外科手術における開頭術での体温測定に適している 	<ul style="list-style-type: none"> ●食道粘膜損傷、穿孔の危険性があり、食道静脈瘤患者には禁忌
②肺動脈温		<ul style="list-style-type: none"> ●脳を環流する血液に近く、中枢神経組織の変化に追従する ●身体の各臓器に分配される大動脈の温度に近似 ●心臓外科手術中の体温管理に最適である 	<ul style="list-style-type: none"> ●身体への侵襲がある（体温測定を目的に肺動脈カテーテルを挿入することは避けるべき）
③膀胱温		<ul style="list-style-type: none"> ●全身麻酔下では尿量測定を行うフォーリーカテーテルを利用して測定可能 ●非開腹手術や開胸手術、上部開腹手術では体温変化に迅速に反応 	<ul style="list-style-type: none"> ●下腹部手術時に外気や手術手技、洗浄水の影響を受ける ●尿量の少ない症例では体温が不正確になる
④直腸温		<ul style="list-style-type: none"> ●日本の手術室で最も多く行われている体温測定方法 ●他の測定部位に比べて高めに設定されている 	<ul style="list-style-type: none"> ●温度変化に対する反応が遅い ●腸内ガスや糞便の影響を受ける ●下腹部手術時に外気や洗浄水の影響を受ける ●測定時に直腸穿孔の合併症発生の可能性 ●足底プローブの再生使用の衛生的な問題
⑤鼓膜温	非接触型	<ul style="list-style-type: none"> ●鼓膜損傷の危険性や患者の不快感がない ●非侵襲的で迅速に核心温が測定可能 	<ul style="list-style-type: none"> ●連続測定不可（体温変化の見落としや遅れが生じる可能性）
	接触型	<ul style="list-style-type: none"> ●連続測定が可能 ●急激な体温変化のある症例の核心温として有用 	<ul style="list-style-type: none"> ●挿入時に痛みを伴い、鼓膜を傷つけるおそれ（挿入は意識下で行う） ●全身麻酔下での使用は、患者が痛みを感じずに鼓膜損傷の危険がある

すいというメリットもある。

最近、新しい深部温計も発売された。熱流補償式体温測定原理の前額部深部温モニタリングシステムである。①前額部にセンサーを貼付するだけで簡便かつ非侵襲的 ②外気温の影響を受けにくく、麻酔導入前から周術期を通して ③精確な核心温（深部温と肺動脈温との差の平均 = -0.23°C ; 95%一致限界 = $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ ¹⁾）が測定できる。

生理的な体温調節機能と手術中（麻酔中）の体温変化

①体温調節中枢

ヒトの体温は、中枢温で 37°C 前後にコントロールされている。これは、生命を維持していくための新陳代謝にとって、 $37^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ が最適だからである。

①皮膚、②胸腹部深部組織、③脊髄、④視床下部、⑤視床下部以外の脳が、それぞれ約20%ずつ中枢へ信号（温度情報）を送っている。そして、視床下部で統合された温度情報によって体温が調整されている。たとえば、 37.2°C より低い場合は体温調節性末梢血管収縮やシバリング（ふるえ）などが起こり、高くなれば発汗や末梢血管拡張によって熱を逃がすのである。

体温調節機能は、末梢と視床下部とを結ぶ温度感受性ニューロンの刺激により、

- ①自律性体温調節：温度を感知すると視床下部にある体温調節中枢によって熱産生（ふるえ）あるいは熱放散（蒸発、伝導、対流、放射）
 - ②行動性体温調節：自己調節（衣服や冷暖房など）
 - ③体性体温調節：皮膚あるいは皮下組織レベルにおける血管運動性機能、汗腺による調節
- の3つがある。

一方、体温調節中枢が破綻する主な3つの状況は、

- ①発熱：外部から体内へ細菌が侵入した場合、白血球が細菌と戦って死滅した結果、「サイトカイン」という物質が放出されて体温が上昇する
 - ②麻酔：生体の体温調節機能が減弱して変温性になるため、手術を受ける患者の体温は一般的に低下する
 - ③外傷：生体では「体温停滞期」という次の外傷を防ごうとする時期があり、治癒期に入ると再び体温が上昇する
- である。

②麻酔の体温への影響

麻酔中は、

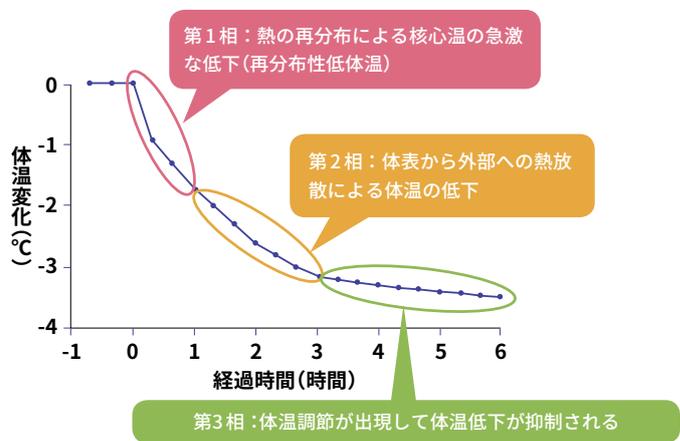
- ①自律性体温調節：筋弛緩薬の使用によって熱産生（ふるえ）が起こらない
- ②行動性体温調節：意識がないためできない
- ③体性体温調節：麻酔薬により体温閾値の差（ $37.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ）が最大 4°C まで拡大し、 $34.5 \sim 38^{\circ}\text{C}$ では体性体温調節が行われなくなるという体温調節機構が変化してしまう。すなわち、麻酔中は周囲の温度の影響を受けやすい状態（変温動物状態）になるのである。

術中体温の推移は図1のとおりである。第1相は熱の再分布による低下、第2相は体表から外部への熱放射による低下、第3相は熱喪失の中止、という推移である。熱の再分布とは、麻酔によって交感神経系が抑制され末梢血管が拡張されることによって、中枢の熱が末梢に移動し核心温が低下することである。

全身麻酔中の熱変動には、①対流（空気の流れによる皮膚温度の低下）、②放射（大気中に熱が伝達）、③蒸発（呼吸、開腹・開胸などにより水分が気化）、④伝導（手術台、消毒液、輸血、輸液などとの接触）があり、なかでも放射による熱喪失は麻酔によってその影響は拡大される。

したがって、手術（麻酔）中の体温低下は再分布性の熱喪失と熱変動による熱喪失によって起こるといえるため、手術中の熱喪失（とくに放射による熱喪失）を最小限に抑えることが体温保持（低体温の防止）につながるのである。

図1 術中体温の推移



Sessler DL : Perioperative Heat Balance. Anesthesiology, 92(2), 2000.

術中体温管理の有用性と体温管理（保温）方法

低体温とは、「核心体温が 36°C 未満の状態」と定義されている（米国麻酔学会）。

低体温の原因は、①麻酔による再分布性低体温による核心温低下、②術中の熱伝導による熱喪失に加え、③侵襲が大きい手術では、内因性の発熱物質の影響で核心温のセットポイントが上昇し、結果的に低体温の状態になる、があげられる。

つまり、長時間の手術や出血の多い手術では、手術侵襲による内因性発熱物質の分泌によって体温調節中枢のセットポイント（核心温 = 37°C という基準）が上昇するため、核心温を 37°C に保っていても十分な体温といえず、覚醒時にふるえなどが生じるのである。

術後低体温による悪影響には、

- ①シバリング：酸素消費量が増加（通常の4倍）する。皮膚の緊張で疼痛が増強する
- ②覚醒不良：薬物の代謝時間が延び、覚醒が遅延する
- ③出血：凝固能が低下して出血傾向となり、輸血量が増加する
- ④感染：術後の創部感染率が増加し、入院日数が延長する
- ⑤心イベント：心疾患のある患者は術後、心臓への負担が増加するがあげられる。

つまり、低体温は血小板の活性化を阻害し各種酵素活性も減少し、本来の生体機能が発揮されないことにつながる。したがって、「術中の患者の体温を正常域に保つために、各種保温・加温装置を工夫して使用することが重要である」といえる。

また、日本手術医学会の『手術医療の実践ガイドライン』では「全身麻酔下の手術では、連続体温測定や体温管理が必要である」としており、日本麻酔科学会の『安全麻酔のためのモニター指針』にも「体温測定を行うこと」と記載されており、「末梢温は外気温に左右されるため核心温を測定する」あるいは「核心温と末梢温の2か所を測定する」ことが必要となる。

したがって、理想は核心温と末梢温の2か所を測定することである。

②術中の加温方法

術中の加温方法には、

- ①身体の外側から温める：温風式加温システム、アンダーボディタイプの電気式ウオーマー、温水マット、電気毛布
 - ②身体の内側から温める：輸液製剤の加温、アミノ酸製剤の投与
 - ③手術野からのアプローチ：洗浄液や灌流液の加温
- があるが、術中の加温法の違いによる鼓膜温の推移を調べた文献では、「加温効率は温風式加温システムが高い」²⁾としている。

〈温風式加温システム〉

温風式加温システムには、

- ①温風の対流による加熱：温風を送ることで患者全体を温風で包んで加温する
 - ②接触による熱伝導：じかに接する部分から熱を伝えることで加温する
- の2つの方法がある。

使用上の注意点として、

- ①ブランケットと患者体表面の間にタオルケットなどを挟んでしまうと、温風の対流が妨げられてしまうので注意が必要である
 - ②温風を出すホースがブランケットから外れてしまうと熱傷のリスクが高まるので、各メーカーの温風装置本体専用のブランケットを使用する
 - ③エアフィルターは各メーカーの推奨に従い定期的に交換する
- があげられる。

なお、温風による埃の影響を心配する声も当然あるが、正しい使い方と手術室の環境整備がきちんとしていけば、「温風式加温装置は手術室の空気清浄度に影響を与えない」という報告もある³⁾。

プレウォーミング（術前加温）について

①麻酔導入前に加温開始することの意義と利点

術前加温とは、「身体のトータルの熱量を増加させるために、手術前に熱量を与えておくこと」と定義される。術前に加温することにより末梢の温度を上昇させ、核心温との温度差を縮めることができる。

術前加温の効果は継続時間に依存し、その時間が長いとより多くの熱を末梢に与えることができるため、核心温との温度差が縮まり、麻酔導入後の再分布による体温低下が起こりにくいといえる。

1993年の2つの文献でも、「導入2時間前から温風式加温装置による加温は非加温群に比べて、導入から1時間後の体温を有意に高く維持した」「導入前90分以上温風式加温装置で加温すると、再分布性低体温は抑制され、手術終了時の体温も有意に高い」「プレウォーミングにより再分布性低体温が抑制された」という報告もある^{4) 5)}。

また、1995年の文献では、麻酔導入前30分間の術前加温により、末梢組織の熱量を麻酔導入後最初の1時間に深部から再分布される熱量よりも多く増加させることができ、一般的に麻酔によって誘発される血管拡張に続く核心温低下が予防されることが示された⁶⁾。

表3 婦人科腹腔鏡手術患者における早期加温（プレウォーミング）の有用性の検討

①目的

術前に加温を行うことは短時間でも術中の再分布性体温低下の予防につながる可能性がある。短時間プレウォーミングの有用性を検討するため、従来の麻酔導入後から加温開始する群に比べて、アンダーボディタイプのブランケットと温風式加温装置を用いて手術室入室後すぐに早期加温（プレウォーミング）として10分間加温する群における、再分布性体温低下の第1相体温低下に対する予防効果の可能性を鼓膜温を用いてprospectiveに検討する。

②研究対象

- 対象患者：20歳以上～50歳未満、ASA PS I～IIの患者、予定婦人科腹腔鏡下手術（良性腫瘍摘出術など）患者、文書による同意を取得している患者
- 除外患者：ASA PS III～VI、HbA1c \geq 6.0の糖尿病、BMI 30以上、緊急手術、抗コリン薬を内服、カテコラミン分泌亢進、コントロール不良の高血圧（収縮期血圧180mmHg以上）、使用する麻酔薬成分に対し過敏症の既往がある、妊娠中、授乳中または妊娠している可能性がある、悪性高熱症の既往または疑いがある

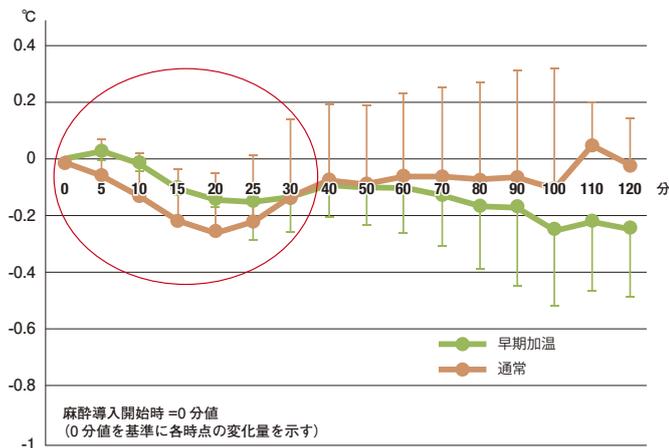
③方法

- 手術当日朝、ランダムに2群に分ける。
 - 手術室の室温をあらかじめ24℃に設定し、24～25℃程度で維持する。
 - ①早期加温群
アンダーブランケット（3 M™ ベアハガー™ アンダーボディブランケット モデル585）を用いて患者入室直後から加温開始。アンダーブランケットを患者入室前から加温しておく（上肢はタオルで覆う）
 - ②通常群
アッパーブランケット（3 M™ ベアハガー™ 術用ブランケット モデル522）を用いて麻酔導入終了後から加温開始（ブランケット上をタオルで覆う）
- 〈麻酔〉
- 手術室入室後、通常モニター装置（心電図、血圧計、酸素飽和度計、BISモニター等）
 - 麻酔導入：レミフェンタニル（0.5 μ g）投与し、プロポフォール（1mg/kg）で入眠後、ロクロニウム（0.6mg/kg）で気管挿管を行う。
麻酔維持：酸素、空気、セボフルラン（1～1.2%）、レミフェンタニル（0.25～0.5 μ g程度）
適宜、筋弛緩薬の使用は可能とする。
手術終了後、スガマデックスで筋弛緩薬を拮抗し、覚醒後に抜管する。
術中維持輸液量は腹腔鏡手術の通常量（5～7mL/kg/時程度）とする。
- 〈体温測定方法〉
- 患者入室後に鼓膜温測定を開始し、5分ごとに手術終了まで体温を連続測定。気管挿管後、咽頭温計を挿入し測定開始、5分ごとに記録。加温装置の温度は38℃に設定する。
- ①早期加温群：入室後10分間加温した後、麻酔導入開始、その後加温を継続
 - ②通常群：入室後、通常どおりに麻酔導入を開始し、気管切開後から加温開始

これらのさまざまな研究から、加温しない状態で2時間手術室にいと50kcalの熱量を失うのに対し、温風式加温装置で加温すると、30分後には69kcal、1時間後には136kcalが与えられることがわかった。つまり、再分布性低体温を予防するには30分以上加温すればよいことが明らかにされた。

また、術前加温がもたらすさらなる利点として、2001年に、術中の低体温を予防することで術後感染が減少することも報告された⁷⁾。

図2 鼓膜温の変化量の推移



②婦人科腹腔鏡手術患者におけるプレウォーミングの有用性の検討

このように、「プレウォーミングとして30分以上の術前加温が有効である」が、臨床で、30分以上のプレウォーミングは困難である。そこで、2012年には、比較的短時間の手術を対象に、短時間の術前加温の効果が検討された⁸⁾。非加温、10分、20分、30分の4群で比較(加温44°C後に手術室入室)したところ、非加温群に比べて加温群で有意に体温が高かった。10分間の加温でも、30分加温と同等の結果であった。

こうしたプレウォーミングの有用性についての報告が散見されるなか、私たちは「婦人科腹腔鏡手術患者における早期加温(プレウォーミング)の有用性の検討」を行った(表3)。

その結果、麻酔導入開始30分間の鼓膜温の推移、鼓膜温の変化量の推移とも、通常群よりも早期加温のほうが体温を維持できる傾向がみられた(図2)。また、手術開始10分間の咽頭温の推移では両群の差はほとんどなかった。

手術終了時36°C以下の症例は、鼓膜温では両群ともに0例、咽頭温では両群各1例であった。退室時シバリングは両群とも0例であった。

これらをまとめると、アンダータイプのブランケットを用いて10分間のプレウォーミングを行った結果、①今回測定した鼓膜温、咽頭温では両群に差はなかった、②鼓膜温、とくに変化量の推移で麻酔導入後30分間程度、早期加温群のほうが体温低下が少ない傾向が認められた。

プレウォーミングの有用性についてはさらなる検討が必要であるが、早期加温による末梢組織への熱量の蓄積は体温低下を抑えるうえで重要であると考えられるので、加温方法とその効率が重要となる。

- 1) Eshraghi, Y., & Sessler, D.I Exploratory Method-Comparison Evaluation of a Disposable Non-Invasive Zero Heat Flow Thermometry System. 2012 American Society of Anesthesiologists Annual meeting. A63
- 2) Hynson JM et al: Intraoperative warming therapies: a comparison of three devices. J Clin Anesth, 4(3): 194-199, 1992.
- 3) Sessler DI et al: Forced-air warming does not worsen air quality in laminar flow operating rooms. Anesth Analg, 113(6): 1416-1421, 2011.
- 4) Hynson JM et al: The effects of preinduction warming on temperature and blood pressure during propofol/nitrous oxide anesthesia. Anesthesiology, 79(2): 219-228, 1993.
- 5) Just B et al: Prevention of intraoperative hypothermia by preoperative skin-surface warming. Anesthesiology, 79(2): 214-218, 1993.
- 6) Sessler DL et al: Optimal duration and temperature of prewarming. Anesthesiology, 82(5): 662-673, 1995.
- 7) Melling AC et al: Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial. Lancet, 358(9285): 876-880, 2001.
- 8) Horn EP et al: The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia. Anaesthesia, 67(6): 612-617, 2012.

販売名：3M ベア-ハガー ペーシエントウォーミング ブランケット
 認証番号：223ADBZX00108000
 販売名：3M ベア-ハガー ペーシエントウォーミング モデル 775
 認証番号：224ADBZX00145000

3M、Bair Hugger、ベア-ハガーは、3M社の商標です。



スリーエム ジャパン株式会社
 ヘルスケアカンパニー

医療用製品事業部

<http://go.3M.com/medical-jp/>

Please Recycle. Printed in Japan.
 © 3M 2018. All Rights Reserved.
 HPM-659-B(0918)

2018年9月発行

カスタマーコールセンター

製品のお問い合わせはナビダイヤルで

0570-011-321

8:45~17:15 / 月~金 (土日祝年末年始は除く)
 全国どこからでも市内料金でご利用いただけます