

腹腔内冷却低体温法とその応用

鹿児島大学医学部第2外科

平 明 田中 紘輝 上村 亮三 熊谷 輝雄

ABDOMINAL CAVITY COOLING FOR GENERAL HYPOTHERMIA —AN EXPERIMENTAL AND CLINICAL STUDY—

Akira TAIRA, Koki TANAKA, Ryozo KAMIMURA
and Teruo KUMAGAE

The Second Department of Surgery, Kagoshima University Faculty of Medicine

一般腹部手術時の重要臓器血流遮断を安全にかつ簡便に行うために腹腔内冷却低体温法を実験および臨床の両面で検討した。実験では雑種成犬を開腹後腹腔内に ice slush をみたく肝、腎などを中心に温度変化、血流変化を観察した。食道温30℃までは肝、門脈系の血流分布率が変化しないことからこの域を安全域と考えた。実験的応用は腹部多臓器移植および肝同所性移植でおこない生存例を得て本法に問題がないことが判明した。臨床例では、腹部大血管手術、肝外傷、脾全剝門脈再建の計8例に使用し良好な成績が得られた。腹腔内冷却低体温法は簡便、安全で導入が早く応用の範囲は広いと考える。

索引用語：低体温、腹腔内冷却、臓器血流

1. はじめに

低体温を得るには生体の熱喪失量が熱産生量を上回る状態を作ればよい。低体温では生体はさまざまな生理、生化学的な変化を生ずる。それらは代謝の低下を基調とするもので循環もこれに呼応した変化を示す。したがって低体温下では臓器の血流を安全に遮断できる時間が延長し、この点を外科の領域で有効に利用できる。低体温を得るには全身を巡る循環血液を冷却すればよい。すなわち直接の冷却でも間接の冷却でもよく、いずれも物理的な熱伝導を利用する。前者は体外循環低体温法で後者は表面冷却、或は浸漬低体温法である。一般に低体温の導入には事前の準備を要するので特殊な手術、特に心臓血管系の手術に限定されることが多い。事実低体温法には時間を要し、習熟した麻酔医を要し単純でないことが多い。したがって低体温法の利点は重々承知しながらも活用には今一つふみ切

れないものがある。近年一般外科手術も循環器外科領域の知識を導入して発展していく傾向にある。必然的に臓器の血行遮断、血行再建術などが取入れられる。われわれは以前から簡便に導入できる低体温法として腹腔内冷却低体温法を実験に使用してきた。本法は臨床に使用しうることはもちろん、予定の術式として使用しても他の低体温法に劣るものではない。実験的な検討を経て腹腔内臓器移植実験での応用、および臨床例での応用を行っているので紹介する。

2. 腹腔内冷却低体温法の実験的検討

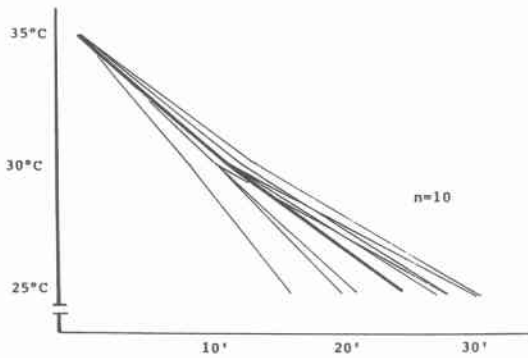
a. 方法

実験には体重9.0~12.0kgの雑種成犬を使用した(n=10)。thiamylal sodium 20~25mg/kgの静注、succinylcholine chlorideの筋注で気管内挿管しGOF麻酔とした。前投薬としてchlorpromazine 1mg/kgを投与しておいた。手術台にはあらかじめ冷却、加温用のマットを敷き温度の調整に使用した。実験犬は腹部正中切開で大きく開腹した。腹腔内にlactated Ringer液のice slushをみたした(ice slushはlactated Ringer液をあらかじめ冷凍庫で氷結させておき使用時に市販の水かき器でslushとしたもので心臓手術

※第30回日消外会総会シンポ2：消化器実験外科の進歩と新しい展開

<1987年10月16日受理>別刷請求先：平 明
〒890 鹿児島市宇宿町1208-4 鹿児島大学医学部
第2外科

図1 冷却による食道温の変化



で用いるものと同じである). その際肝上部で横隔膜には氷が直接触れないようにした. 特に心臓の下面に当たる部分をさけた(薄い横隔膜面を通して心表面を不均等に冷却し不整脈, 特に心室細動をきたさないようにすることと横隔神経麻痺をさけるためである). 温度測定は食道でおこなった. 循環動態を良好に保つため3~5r/kg/minのdopamineの点滴静注を行った. 心電図, 血圧を観察記録した. 食道温とは別に肝臓, 腎臓で表面より2.0cmの深さでの温度を測定し仮に臓器中心温と見なした(温度計プローブはモナサーム社製デジタル温度計モデル6500で先端に感温部があるものを使用した). 電磁血流計プローブ(日本光電MFV2001)を大動脈基部, 一側腎動脈, 肝動脈, および門脈に装着してそれぞれの流量を測定した. 大動脈基部での流量は心拍出量と見做した. 別に水素ガスクリアランス法(ユニークメディカル社製モデルPHg201, ワイヤタイプUHE-201)で小腸および大腸の血流量を測定し(n=6)門脈, 肝血流解析の試料とした.

b. 成績

食道温の下降はほぼ直線的で30℃までの下降に平均10分36秒, 25℃までの下降に平均24分36秒を要した. 30℃以下では下降の速度のばらつきが大きくなった(図1). 食道温25℃での肝臓の温度は平均21.9℃, 腎臓は平均23.9℃を示した(図2). 温度変化につれての血流量の変化は心拍出量では35℃での前値 1.19 ± 0.18 L/min/bodyを100%とすると30℃では89%, 25℃では48%に減少した. 肝臓では総肝血流量(門脈血流量+肝動脈血流量)が35℃で 410 ± 62 mlでこれを100%とすると30℃では 394 ± 52 mlで96%, 25℃では42%と減少した. 腎血流量は35℃で 208 ± 22 mlでこれを100%として30℃では 140 ± 21 ml(67%), 25℃では 78 ± 16 ml(38%)と減少した(図3). 収縮期, 拡張期の血圧は

図2 冷却による食道, 腎, 肝の温度降下の相異

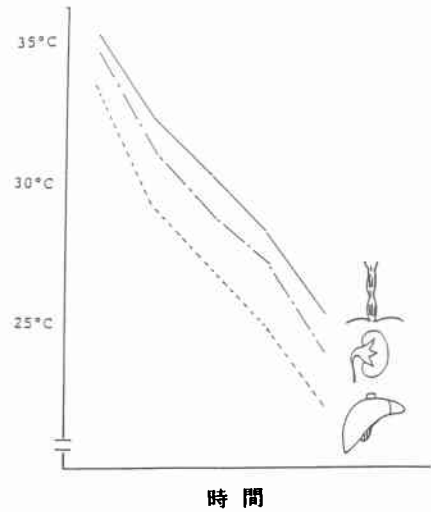
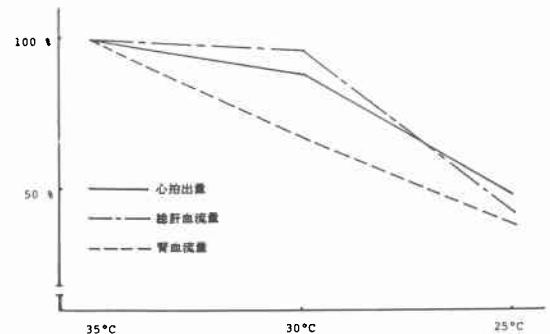


図3 温度変化に伴う心拍出量, 総肝血流量, 腎血流量の変化



心拍出量の減少につれて下降し, 30℃でおのおの78%, 76%, 25℃では共に57%で脈圧の減少も血圧下降に見合うものであった. 電磁血流計によった門脈血流量は35℃で 315 ± 67 mlでこれを100%とすると30℃で 308 ± 57 ml(98%), 25℃で 134 ± 27 ml(43%)で30℃までは減少しない特徴を示した. 門脈血流の多くを占める大腸, 小腸の血流量を水素ガスクリアランス法で測定して血流分布をみると大腸は30℃で35℃の102.5%, 25℃で50.9%を示し, 小腸はそれぞれ98.3%, 68%を示した(図4).

3. 腹腔内冷却低体温法の実験への応用

上記実験における腹腔内冷却低体温法を応用した実験は, 腹腔内多臓器移植¹⁾, および同所性肝移植^{2)~4)}である. 同所性肝移植はさらに, 肝血管床の洗い出しの有無, 洗い出しに用いた溶液の性状, 保存時間の長短

図4 温度変化に伴う心拍出量, 総肝血流量, 小腸血流量, 大腸血流量の変化

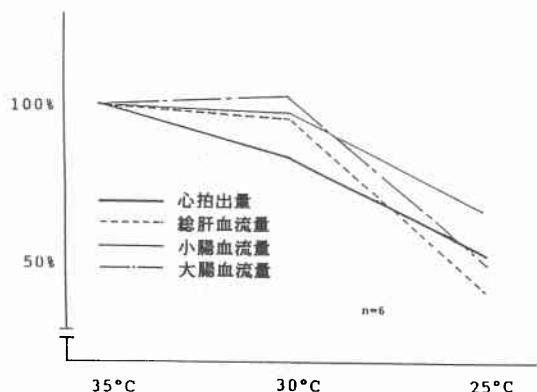


写真1 (H.E. 染色, ×200)

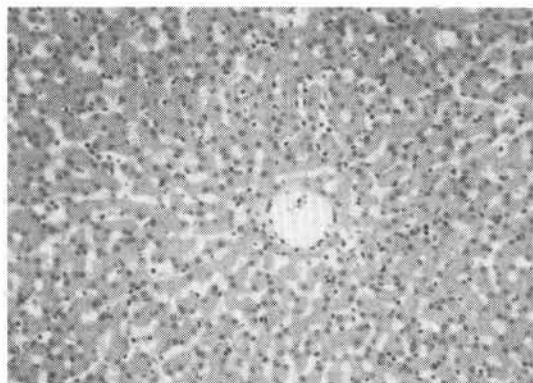


写真2 (H.E. 染色, ×80)

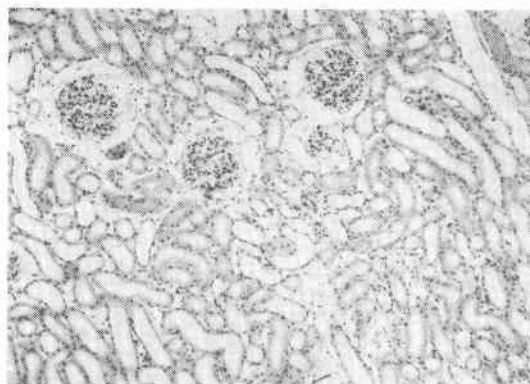


写真3 (H.E. 染色, ×80)

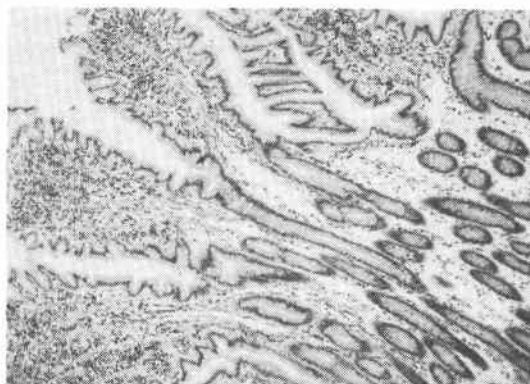


表1 腹腔内冷却法臨床例

症 例	年齢	性別	病 状	手術
1. N. M.	46歳	男	解離性大動脈瘤	大動脈解離根治術 (人工血管置換)
2. M. I.	57歳	女	大動脈・下大静脈瘻	瘻閉鎖
3. Y. T.	56歳	男	肝 破 裂	修 復
4. H. Y.	68歳	男	膵 臓 癌	膵全摘, 門脈再建
5. K. T.	65歳	男	〃	〃
6. K. Y.	71歳	男	〃	〃
7. R. S.	56歳	女	〃	〃
8. T. T.	64歳	男	〃	〃

により5群に分けた。いずれも腹腔内冷却低体温法を用いてドナーを20°C, レシピエントを30°Cを目標に低体温としている。良好な循環の維持にはdopamineを用いた。移植グラフトにもレシピエントにもheparinを用いないのを原則とした。特に洗い出しを行わないものでは全く使用していない。免疫抑制剤も系統的には用いていない。以上の実験で腹腔内多臓器移植では最長6日, 低温のみの肝移植では19日, 低温6時間保存で18日, Fluosol加Collins M液による洗い出し後6時間保存で16日, 同液で12時間保存で7日, 洗い出しを行わずに24時間保存で6日の生存を得た。写真1, 2, 3は腹腔内多臓器移植で6日生存例の剖検による肝, 腎・腸管の組織像で低温, ice slush使用による障害は考えられない。

4. 腹腔内低体温法の臨床応用

腹腔内冷却低体温法の臨床応用例は表1の通りで8例である。腹部大動脈手術に2例, 外傷性肝破裂に1

例, 膵癌の膵全摘⁵⁾, 門脈再建術に5例用いた。いずれも血行遮断時間の延長を目的としたものであるがすべて所定の時間以内に手術をおえており結果的にはあえて遮断延長を意図する必要はなかった。しかし手術時に余裕をもつことはできた。緊急に本法を用いたのは肝破裂例のみで他はすべて術前から計画的に使用した。after dropを見込めば32°C, 33°Cで冷却を中止し

て30℃近辺の温度が得られた。冷却に要した時間は平均15分である。異常な血圧の下降、不整脈などは全く経験していない。特に症例2は大量の腹部大動脈、下大静脈短絡を有し、心胸廓比58%、術前心拍出量10.0 l/m²で心不全をようやく制禦しえた状態であったが何ら問題はなかった。これらの症例は術後も腹腔内冷却の影響と思われる合併症を経験していない。

5. 考 察

低体温法を導入して生体の代謝を抑制すれば手術中の予定された臓器血流遮断、あるいは予期せざる危機に余裕をもって対処しうる。しかし、一方では低体温での術中管理は常温のそれと異なる面もあり人為的に作り出す異常生理への対応に習熟しておらねばならない。例えばpHの推移や動静脈血酸素飽和度較差などで低温での状態に習熟した経験的な力量もきわめて大切である。また低体温をおこなうにはそれだけの設備も必要となる。このような事情から従来低体温法は手術前にすでに予定されて行われる。ところで手術は術前に十分の検索がなされていても術中に予期しない変更を迫られることもあるし、危機にさらされることもある。出血の制禦と臓器血流の停止は密に関係することで安全に行うことができれば手術は全く異った展開を見せうる。腹腔内冷却低体温法は臨機に安全に導入しうるということできわめてすぐれた方法と考える。

腹腔内冷却低体温法は表面冷却低体温法として分類しうる。腹膜の表面積は成人では約2.0m²ときわめて広く、体表に匹敵するもので腹腔内冷却低体温は体表冷却低体温と基本的には同一といえる。しかも腹膜の血流は豊富で体表冷却を目的とした浸漬低体温よりも冷却の効率はいい。イヌでの実験で30℃までに10分36秒、臨床例では約15分と体温の低下はきわめて速い。したがって臨床例ではafter dropを考えて32~33℃で冷却を中止する必要がある。急速な冷却による循環動態を支え、また効率をよくするために少量のdopamineの使用がよい。ice slushを腹腔内にみたく方法は心臓外科におけるtopical coolingと全く同じである。われわれの実験できわめて特異的なことは腹腔内冷却時の肝、門脈系の態度である。電磁血流計による測定でも、また門脈血流の大部分をなすと考えられる大腸、小腸の水素ガスクリアランス法による測定でも30℃までは門脈血流量の低下がほとんどみられない。したがって総肝血流量の変化は主として肝動脈血流量の変化によるものであった。腎血流量がほぼ一直線をなして低下していくのに比べて肝の低体温に対す

る態度は非常に異ったものである。この結果から30℃までは肝、門脈系の循環動態はほとんど損われずに低体温を導入することのできる事が判明した。このような血流分布率は低体温を導入することに有利につながるものであろう。腹腔内を直接冷却する方法でも門脈系への分布率が減少しない様に生体が反応していることがわかる。一般に30℃での酸素消費量は常温の約70%と考えられる。臨床例では一応30℃を限界として腹腔内冷却低体温法を導入したが要すればさらに低温まで用いることは実験成績からも明らかである。その際体表を外面から冷却する浸漬低体温法や循環を確保している体外循環低体温法と異なる方法なので血流の臓器分布率には留意しておく必要がある。一般に低体温では不整脈の発生が問題となる。腹腔内冷却低体温法では低体温本来の不整脈の発生とさらに横隔膜を通して心臓の限られた局所の温度に変化を与える可能性がある。この点は十分に留意が必要でice slushを横隔膜に接しないようにすべきである。腹腔内の臓器が直接ice slushに接触することでの障害は実験的にも臨床的にもみられていない。臓器保存で用いる低体温の例などをみても臓器表面に凍害が生ずることはまじない。われわれが検討を加えた種々の角度からみて腹腔内冷却低体温法はきわめて有効な安全な低体温法と考えられる。腹部外科で特に肝、門脈系を中心として血行遮断許容時間が安全に進展されうると考える。

6. おわりに

簡便にかつ安全に低体温を得る方法として腹腔内冷却低体温法を実験および臨床の両面で検討した。本法による低体温はきわめて速かに得られ安全である。実験では腹腔内臓器の移植に広く応用し、臨床では肝、門脈系手術および大血管手術に使用した。肝、門脈系についての血流分布にも特性があり有用な方法と考えることができる。

文 献

- 1) 平 明, 熊谷輝雄, 原田袋蔵ほか: 横隔膜下多臓器移植の実験—第1報. 移植 19: 79—83, 1984
- 2) 熊谷輝雄, 原田袋蔵, 風呂井彰ほか: 同所性同種肝移植の実験的研究—低体温無灌流肝の動脈遮断法による移植. 日外会誌 87: 418—422, 1986
- 3) 森下靖雄, 原田袋蔵, 森山由紀則ほか: 同一donorからの複数臓器摘出に関する実験的研究—心及び肝移植を中心として—. 日外会誌 88: 792, 1987
- 4) 上村亮三, 熊谷輝雄, 原田袋蔵ほか: 低体温による腹部血行遮断の実験的研究—肝移植と関連して. 日低体温研究会誌 6: 25—29, 1986
- 5) 田中紘輝, 西 俊平, 熊谷輝雄ほか: 膀胱癌に対する門脈合併切除兼腔全摘術. 手術 41: 1169—1176, 1987