

## 体外循環後症例における消化管領域の循環動態の検討

高橋 徹\*, 国元文生\*\*, 小谷野 哲也\*, 石川 進\*  
 大滝 章男\*, 長谷川 豊\*, 大木 聡\*  
 坂田 修治\*, 村上 淳\*, 森下 靖雄\*

## 要 旨

体外循環後の消化管領域の循環動態を、胃粘膜 pH (pHi) と肝静脈血酸素飽和度 (Shvo<sub>2</sub>) を通して検討した。心臓手術症例にトノミータを胃内に挿入して pHi を、またカテーテルを肝静脈に挿入して Shvo<sub>2</sub> を、ICU 入室後に測定した。

【結果】心係数は 4 L/min/m<sup>2</sup> 以上で、体血管抵抗係数も正常域にあり、末梢循環は良好に維持されていた。pHi は ICU 入室後に低く、その後有意に上昇した。Shvo<sub>2</sub> は 60% 前後を推移した。

【まとめ】体外循環後の消化管粘膜血流は、心拍出量が維持されていても低く、これは 24 時間以内に改善した。Shvo<sub>2</sub> は有意な変化がなく、胃粘膜とは別の循環制御が行われていることが示唆された。pHi 測定および肝静脈血分析は、消化管の循環動態を反映する指標になると思われる。

## はじめに

体外循環を使用した手術後の消化管合併症は必ずしも多くないが、合併症が起きた際の致命率は 12~67% と、非常に高い<sup>1-4)</sup>。その原因の一つに体外循環中の消化管血流や灌流圧の低下が挙げられ、そのため術後肝障害や消化管合併症を引き起こす可能性がある。さらに、体外循環後も低心拍出量症候群 (low cardiac output syndrome, LOS) の状態では、消化管および肝の組織酸素要求量を供給することができず、肝不全や消化管機能不全を引き起こし、重篤な多臓器不全の一因となって

いる。一方、消化管領域の循環動態を簡便に測定する方法は少なく、全身の循環動態から推測せざるをえない。今回、体外循環後の循環動態を、消化管の酸素需給バランスを反映する胃粘膜 pH (pHi) と肝の酸素需給バランスを反映する肝静脈血酸素飽和度 (Shvo<sub>2</sub>) を通して、全身の循環を示す指標と比較検討した。

## 対象と方法

体外循環を使用した待機手術患者のうち、術前に肝、腎などの臓器障害がなかった 35 例を対象とした。平均年齢は 61 ± 2 歳で、男女比 (男/女) は各々 26 対 9 だった。疾患の内訳は、冠動脈バイパス術 13 例、僧帽弁置換術 10 例、大動脈弁置換術 6 例、僧帽弁および大動脈弁置換術 6 例だった。膜型人工肺および非拍動流のポンプを用いた中等度低体温体外循環を行い、体外循環時間は 198 ± 8 分で、大動脈遮断時間は 115 ± 5 分だった。

Shvo<sub>2</sub> 測定には、肝静脈カテーテルを用いた。カテーテルは術前日に X 線透視下で右または中肝静脈に挿入、留置し、ここから術後に採血し、血液ガス分析を行った。pHi 測定には、トノミータ (Trip™, Tonometrics, Helsinki) を使い、ICU 入室後に胃内に挿入、留置した。トノミータのバルーン内に生理食塩水 2.5 ml を注入し、1 時間後に 1 ml を吸引、破棄した後、検体を採取した。トノミータの検体および同時に採血した動脈血を、ABL520 (Radiometer, Copenhagen) を用いてガス分析を行った。心係数 (cardiac index, CI) は肺動脈カテーテルを用い、熱希釈法で測定した。これらの項目は、ICU 入室 6, 12, 24 時間後に測定した。

\*群馬大学医学部第二外科

\*\* 同 集中治療部

結果はすべて平均標準誤差で示した。統計には t 検定を用い、危険率が 5%未満を有意差ありとした。

**結 果**

I. 全身の循環動態 (図 1)

CI (L/min/m<sup>2</sup>) は、ICU 入室 6 時間後 4.2 ± 0.2, 12 時間後 4.1 ± 0.3, 24 時間後 4.4 ± 0.3 と、良好な値を示した。体血管抵抗係数 (dynes·sec·m<sup>2</sup>/cm<sup>5</sup>) は、ICU 入室 6 時間後 1589 ± 95, 12 時間後 1548 ± 90, 24 時間後 1514 ± 99 と、末梢循環は良好に維持されていた。

II. pHi (図 2, 3)

pHi は、ICU 入室 6 時間後 7.26 ± 0.01, 12 時間

後 7.32 ± 0.01, 24 時間後 7.34 ± 0.01 と、ICU 入室 6 時間後は十分な心拍出量にもかかわらず低値をとった。その後、心拍出量には変化がなかったが、pHi は有意に (p < 0.05) 上昇し、正常範囲<sup>5)</sup>まで回復した。動脈血 pH と pHi の差 (pH-gap) は、ICU 入室 6 時間後 0.14 ± 0.01 だったが、12 時間後 0.10 ± 0.01, 24 時間後 0.10 ± 0.01 と、ICU 入室 6 時間後よりも有意に (p < 0.05) 小さくなっており、全身のアシドーシスよりも遅れて胃粘膜のアシドーシスが改善していた。

III. Shvo<sub>2</sub> (図 4)

Shvo<sub>2</sub> (%) は、ICU 入室 6 時間後 60 ± 4, 12 時間後 62 ± 2, 24 時間後 58 ± 3 と、変化がなかった。

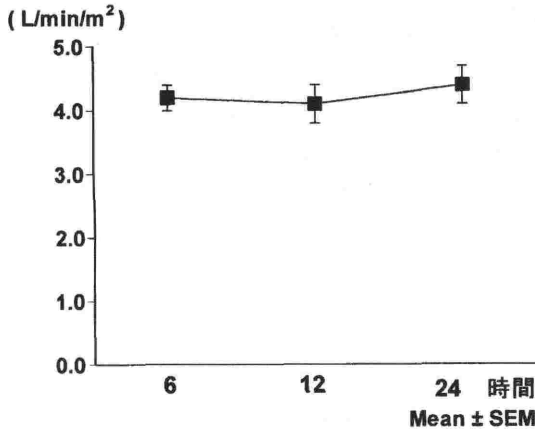


図 1 ICU 入室後の心係数の変化

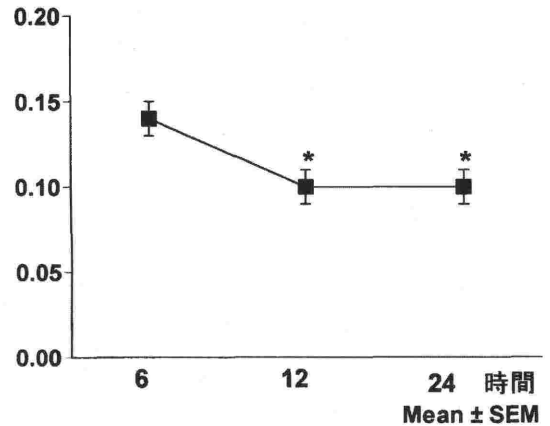


図 3 ICU 入室後の pH-gap の変化  
\* p < 0.05 vs 6 時間値

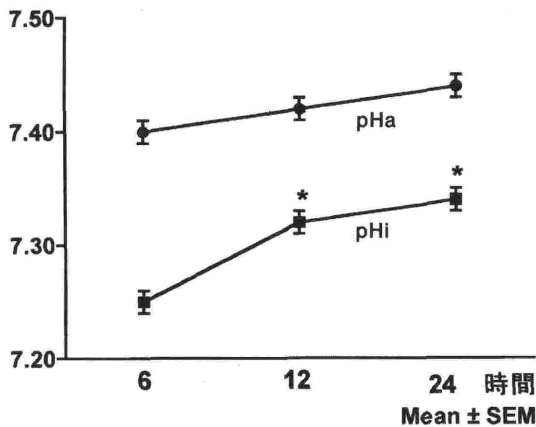


図 2 ICU 入室後の pHi の変化  
\* p < 0.05 vs 6 時間値

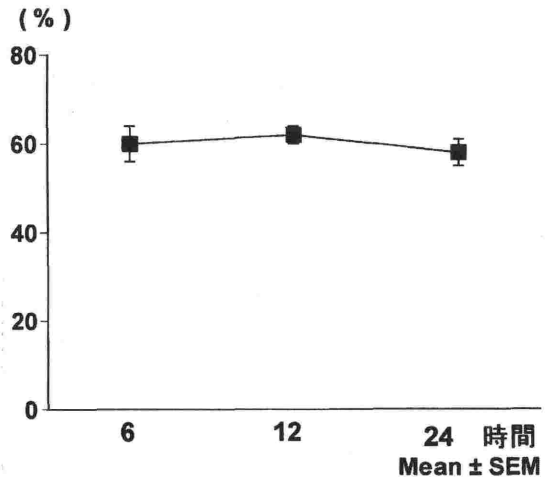


図 4 ICU 入室後の Shvo<sub>2</sub> の変化

## 考 察

体外循環後の血行動態の評価には、心拍出量や体血管抵抗、心内圧などの肺動脈カテーテルより得られる測定値や計算値、混合静脈血酸素飽和度など、様々な指標がある。一方、体外循環後の消化管合併症は高い死亡率にもかかわらず、消化管領域の循環動態の指標は少ない。消化管虚血は粘膜の防御機構を破壊し、粘膜透過性亢進による消化管内腔からの bacterial translocation を引き起こす。その結果、全身の菌血症、エンドトキシン血症の focus となり、多臓器不全となる<sup>6-8)</sup>。今回、体外循環後の症例に対して、消化管の酸素需給バランスを示す pHi と、肝および消化管領域全体の酸素需給バランスを示す Shvo<sub>2</sub> を通して、消化管領域の循環動態を評価した。

体外循環中、生体は controlled shock の状態にある。それ故、体外循環離脱後はショック離脱後の循環動態に類似し、全身の酸素化障害が遷延している。実験的には、ブタの敗血症や出血性ショックで消化管虚血が起こり、その評価に pHi の有用性が報告されている<sup>9,10)</sup>。臨床的には、重症患者の消化管領域の循環動態評価に pHi 測定が用いられている<sup>7,11,12)</sup>。非拍動流体体外循環が胃粘膜アシドーシスに関与し、また開心術後では胃粘膜アシドーシスが消化管合併症を反映する<sup>13,14)</sup>と報告されている。一方、カテコラミンで心拍出量を増加させても、消化管全体の血流は増加するものの pHi は低下するとの報告もある<sup>15,16)</sup>。Landow らは、低体温体外循環中は代謝が抑制されるため、消化管全体の血流は低下するものの pHi と Shvo<sub>2</sub> は高値を示し、加温後は代謝が回復するためともに低下し、ICU 入室1時間後の Shvo<sub>2</sub> は40%以下に、pHi は7.32以下になると報告している<sup>17)</sup>。彼らの報告では、術中から ICU 入室1時間後までの変化が示されているが、低下した Shvo<sub>2</sub> および pHi のその後の回復過程が検討されていない。今回の結果では、心拍出量が維持されていても術後早期の pHi は低値を示した。その後 pHi は有意に上昇し、ICU 入室24時間以内に正常値まで回復した。少なくとも術後24時間以内の pHi は、全身の循環動態を反映しなかった。また、胃粘膜のアシドーシスが全身のアシドーシスよりも遅れて回復しており、消化管領域の血流の異常分布が示唆さ

れた。一方、消化管全体および肝の酸素需給バランスを示す指標としての Shvo<sub>2</sub> は、全身の循環動態を反映すると思われた。

消化管領域の血流を変化させる因子には様々なものがある。動脈系は交感神経系に支配されており、全身の循環動態の変化に対して active にコントロールされる。一方、門脈系は交感神経支配がなく、全身の循環動態の変化に対して passive に変化する。体外循環中および術直後は交感神経系が刺激され、内因性カテコラミンが上昇した状態となり、消化管血流は減少する。さらに、体外循環によりレニン-アンジオテンシン系が刺激され、血液中のアンジオテンシン II が上昇するため、消化管の動脈は収縮、血流は減少する<sup>18,19)</sup>。アンジオテンシン II の上昇は、術後24時間以内に正常値に回復する<sup>19)</sup>。この結果、開心術後の急性期は、心拍出量が維持されているにもかかわらず消化管粘膜血流が低下し、その後このような血流の不均等分布が改善する。本研究での術直後の pHi の低値および回復過程は、術後急性期の血流の変化を反映したものであると思われる。一方、肝の酸素受給バランスを示す Shvo<sub>2</sub> には経時的な変化がなく、心拍出量が低下した場合、肝血流の低下で代償される可能性が示唆された。LOS の症例では、どのように消化管血流が変化し、そのことが消化管および肝にいかなる影響を与えるか、更に検討を要する。

pHi がどの程度低下し、また持続することで消化管粘膜に障害を与えるかは未だ不明である。体外循環後は消化管粘膜の透過性が上昇し、血液中にエンドトキシンが検出されるが、消化管のアシドーシスは関与しないとの報告がある<sup>20)</sup>。本研究では、短期間しか消化管の評価が可能でなかった。LOS が長期間続いたとき、消化管血流低下が多臓器不全のひとつとしての消化管機能不全および肝不全にどのような影響を与えるか、今後の検討課題である。

## 文 献

- 1) Hanks JB, Curtis SE, Hanks BB, et al : Gastrointestinal complications after cardiopulmonary bypass. *Surgery* 92 : 394-400, 1982
- 2) Leitman IM, Paull DE, Barie PS, et al : Intra-abdominal complications of cardiopulmonary bypass operations. *Surg Gynecol Obstet* 165 : 251-254, 1987

- 3) Pinson CW, Alberty RE : General surgical complications after cardiopulmonary bypass surgery. *Am J Surg* 146 : 133-1337, 1983
- 4) Ohri SK, Desai JB, Gaer JA, et al : Intraabdominal complications after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 52 : 826-831, 1991
- 5) Heard SO, Helmsmoortel CM, Kent JC, et al : Gastric tonometry in healthy volunteers: Effect of ranitidine on calculated intramucosal pH. *Crit Care Med* 19 : 271-274, 1991
- 6) Baue AE : The Role of the gut in the development of multiple organ dysfunction in cardiothoracic patients. *Ann Thorac Surg* 55 : 822-829, 1993
- 7) Fiddian-Green RG : Associations between intramucosal acidosis in the gut and organ failure. *Crit Care Med* 21 : S103-107, 1993
- 8) Andersen LW, Landow L, Baek L, et al : Association between gastric intramucosal pH and splanchnic endotoxin, antibody to endotoxin, and tumor necrosis factor-alpha concentrations in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 21 : 210-217, 1993
- 9) Montgomery A, Hartmann M, Jonsson K, et al : Intramucosal pH measurement with tonometers for detecting gastrointestinal ischemia in porcine hemorrhagic shock. *Circ Shock* 29 : 319-327, 1989
- 10) Montgomery A, Almqvist P, Arvidsson D, et al : Early detection of gastrointestinal mucosal ischemia in porcine *E. coli* sepsis. *Acta Chir Scand* 156 : 613-620, 1990
- 11) Gutierrez G, Bismar H, Dantzer D, et al : Comparison of gastric intramucosal pH with measures of oxygen transport and consumption in critically ill patients. *Crit Care Med* 20 : 451-457, 1992
- 12) Maynard N, Bihari D, Beale R, et al : Assessment of splanchnic oxygenation by gastric tonometry in patients with acute circulatory failure. *JAMA* 270 : 1203-1210, 1993
- 13) Fiddian-Green RG, Baker S : Predictive value of the stomach wall pH for complications after cardiac operations: Comparison with other monitoring. *Crit Care Med* 15 : 153-156, 1987
- 14) Gaer JAR, Shaw ADS, Wild R, et al : Effect of cardiopulmonary bypass on gastrointestinal perfusion and function. *Ann Thorac Surg* 57 : 371-375, 1994
- 15) Uusaro A, Ruokonen E, Takala J : Gastric mucosal pH does not reflect changes in splanchnic blood flow after cardiac surgery. *Br J Anaesth* 74 : 149-154, 1995.
- 16) Uusaro A, Ruokonen E, Takala J : Splanchnic oxygen transport after cardiac surgery: Evidence for inadequate tissue perfusion after stabilization of hemodynamics. *Intensive Care Med* 22 : 26-33, 1996
- 17) Landow L, Phillips DA, Heard SO, et al : Gastric tonometry and venous oximetry in cardiac surgery patients. *Crit Care Med* 19 : 1226-1233, 1991
- 18) Taylor KM, Bain WH, Morton IJ : The role of angiotensin II in the development of peripheral vasoconstriction during open-heart surgery. *Am Heart J* 100 : 935-936, 1980
- 19) Taylor KM, Morten IJ, Brown JJ, et al : Hypertension and the renin-angiotensin system following open-heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 74 : 840-845, 1977
- 20) Riddington DW, Venkatesh B, Boivin CM, et al : Intestinal permeability, gastric intramucosal pH, and systemic endotoxemia in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *JAMA* 275 : 1007-1012, 1996

### Splanchnic Circulation after Cardiopulmonary Bypass

Toru Takahashi\*, Fumio Kunimoto\*\*, Tetsuya Koyano\*, Yutaka Hasegawa\*, Susumu Ishikawa\*, Akio Ohtaki\*, Satoshi Oki\*, Shuji Sakata\*, Jun Murakami\* and Yasuo Morishita\*

\*Second Department of Surgery and \*\*Intensive Care Unit, Gunma University School of Medicine  
Gunma, Japan

To determine splanchnic circulation following open-heart surgery, gastric intramucosal pH (pHi) and hepatic venous oxygen saturation (ShvO<sub>2</sub>) were measured in 35 patients with open-heart surgery. A hepatic venous catheter for blood sampling was placed into the right or middle hepatic vein under the fluoroscopic guidance. A gastric tonometer was advanced into the stomach after the admission to the ICU. The results were as follows: 1) Cardiac index was maintained more than 4 L/min/m<sup>2</sup> after ICU admission, 2) gastric pHi at 6 hours after ICU admission increased significantly ( $p < 0.05$ ) compared to the values at 12 and at

24 hours, 3) ShvO<sub>2</sub> was about 60 % with no significant change. Despite sufficient cardiac output, gastric mucosal blood flow decreased following open-heart surgery, and returned to the normal level within 24 hours. Hepatic blood flow showed the different course compared to pHi. These data suggest that gastric mucosal and hepatic blood flow are regulated by a different mechanism. We conclude that gastric pHi and ShvO<sub>2</sub> may be useful for monitoring postoperative splanchnic circulation in patients after open-heart surgery.

**Key words :** Cardiopulmonary bypass, pHi, Hepatic vein

(Circ Cont 19 : 387~391, 1998)