

経食道心エコー法による心臓手術中の冠血流の評価 —イソフルランを用いて—

伊東浩司*, 工藤治彦*, 吉良慎一郎*, 水谷明男*
吉武重徳*, 岩坂日出男*, 野口隆之**, 谷口一男***

要 旨

経食道心エコー法を用いて心臓手術中の冠血流速度評価を試みた。弁置換等の非冠動脈手術症例7人（以下非冠動脈群）と冠動脈バイパスグラフト手術症例9人（以下冠動脈群）に分類して、イソフルラン濃度を0, 1, 2%と変化させたときの左冠動脈主幹部 LMT の冠血流速度を測定した。

血行動態値は、イソフルラン0%のときに比べて、1%および2%のときの両群の血圧および2%のときの冠動脈群の全身血管抵抗が有意に低下した。冠血流速度は、イソフルラン濃度上昇に伴い、非冠動脈群で上昇する傾向にあった。群内比較では冠動脈群の拡張期で0%と2%値 (0.76 ± 0.20 VS $1.18 \pm 0.29 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$) のみ有意差があった。群間比較では有意差はなかったがイソフルラン各濃度において冠動脈群は非冠動脈群と比べ拡張期は速く、収縮期は遅い傾向にあった。

緒 言

最近、冠動脈疾患を合併した患者の周術期管理が増加している。しかし、周術期の冠血行動態の臨床的評価は困難である。現在、心電図のST変化や経胸壁および経食道心エコー法（以下 TEE）による壁運動の異常で間接的に冠血行動態異常を評価しているといえる。一方、最近 TEE による冠動脈の描出ならびに冠血流評価への臨床応用が

試みられてきている¹⁾。TEE は近位冠動脈検出率が高く、その血流量を測定するのは困難だが、血流速度を測定することは比較的容易である¹⁾。

当院では心臓手術時、食道疾患のない全症例に TEE で心機能や壁運動をモニターしているが、われわれの知る限り周術期に TEE を用いて冠血流を評価した報告は見当たらない。本研究では術中の冠血行動態評価を試みることを目的に、冠盗血現象²⁾やそれに関連した心筋虚血³⁾が報告されているイソフルランを用いて、冠動脈疾患患者と非冠動脈疾患患者の冠血流速度の変化を比較検討した。

対象と方法

大分医科大学で心臓手術をうけた ASA 分類 II の患者27例に経食道心エコー法による冠血流速度の測定を試みた。このうち良好な血流波形を記録し測定しえたのは16例 (59%) であった。そのうち7例が弁置換手術等の非冠動脈バイパスグラフト手術群（以下非冠動脈群）、9例が冠動脈バイパスグラフト手術群（以下冠動脈群）の症例であった (Table 1)。非冠動脈群で冠動脈造影を行った患者は胸部大動脈瘤の2例だけでいずれも異常はなかった。冠動脈群では全例冠動脈造影で左冠動脈主幹部 LMT より末梢に狭窄があり、左冠動脈バイパスグラフト手術が施行された。麻酔導入はジアゼパム10mg およびフェンタニール $50 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ の緩徐静注にて行いパンクロニウム 8mg にて筋弛緩を得て気管内挿管を行った。中心静脈カテーテルおよび肺動脈カテーテルを挿入し両群ともニトログリセリン $0.5 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ の持

*大分医科大学麻酔学教室

** 同 集中治療部

*** 同 手術部

続静注を行った。

超音波診断装置は Aloka SSD 2000 と経食道探触 (5 MHz, 48 素子, UST-5247S-5) を用いた。冠血流波形は呼気終末時に、ドプラフィルター 100 Hz・sec⁻¹ を用い、strip chart に紙送り速度 100 mm⁻¹ で心電図と同時に記録した。

測定は胸骨正中切開後、侵襲も比較的一定で血行動態が落ち着いてから行った。イソフルランの吸入を行っていない時をコントロールとし、ランダムに 1%, 2% と吸入させ麻酔ガスモニター (Datex 社製 Capnomac) で定状状態を確認した。

TEE の B モード法横断面により得られる大動脈弁直上からわずかに上のレベルで LMT を描出し、カラー・ドプラ法にて血流シグナルを確認した。その後、LMT 中央部に 1 mm のサンプルボリュームを設置してパルス・ドプラ法により血流速度の測定を行った。冠血流シグナルは小さな収縮期波と大きな拡張期波より成り立っている (Fig. 1)。今回は、この拡張期および収縮期冠血流速

を測定した。同時に、血圧、心拍出量、心係数、全身血管抵抗係数、肺動脈圧、肺動脈楔入圧および中心静脈圧を測定した。なお、周術期に少しでも左室壁運動悪化が認められた症例、血圧が術前の値よりも 30% 以上低下するなど血行動態悪化を認めた症例、断層像による冠動脈描出ならびにパルス・ドプラ法による血流波形描出不良の症例およびパルス・ドプラ入射角が 30 度を越えた症例は本研究より除外した。

検定には群間比較には student's unpaired T test を、群内比較には paired T test を使用し、P < 0.05 をもって有意差ありとした。

結 果

背景因子は両群間において有意差はなかったが、冠動脈群では年齢が高くやや肥満傾向にあった (Table. 2)。イソフルラン濃度を 1%, 2% と上昇させるのに従い両群で血圧は有意に低下した。全身血管抵抗は低下傾向にあったが、有意差があったのは冠動脈群における群内比較で 1% 値と 2% 値だけであった (p = 0.021)。心拍出量および心係数は非冠動脈群が冠動脈群に比べ高い傾向にあり、濃度を上昇させるのに従い低下傾向にあったが、有意差はなかった (Fig. 2)。平均肺動脈圧および肺動脈楔入圧は群間比較では非冠動脈群の方が高い傾向にあったが、有意差がみられたのは肺動脈楔入圧の 0% 値のみであった (p = 0.0382)。中心静脈圧は非冠動脈群における群内比較で、1% 値が 0% 値に比べ有意に高かった (p = 0.0465) (Fig. 3)。冠血流速では、各濃度において冠動脈群は非冠動脈群に比べ拡張期が高く収縮期が遅い傾向にあったが有意差はなかった。また、イソフルラン濃度を上昇させるのに従い、非冠動脈群では、拡張期、収縮期ともに早くなる傾向があった。

Table. 1 Diagnosis and operation

	Diagnosis(n)	Operation(n)
Non coronary group	AR (1)	AVR (2)
	ASR (1)	MVR (1)
	MR (1)	VSD closure (1)
	VSD (1)	Bypassing (1)
	AAE (1)	Cabrol method (1)
	TAA (2)	
Coronary group	LAD stenosis (5)	AC bypass (9)
	LCX stenosis (4)	

AR: aortic regurgitation, ASR: aortic stenosis and regurgitation, MR: mitral regurgitation, VSD: ventricular septal defect, AAE: annulo aortic ectasia, TAA: thoracic aortic aneurysm, AVR: aortic valve replacement, MVR: mitral valve replacement, LAD: left anterior descending branch, LCX: left circumflex branch, AC bypass: aorto-coronary bypass.

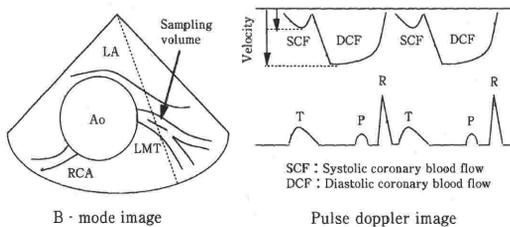


Fig. 1 Coronary blood flow pattern using transesophageal echocardiography.

Table. 2 Patient Backgrounds

	Non coronary group	Coronary group
n	7	9
Gender (M/F)	6/1	7/2
Age (yr)	54.6 ± 6.9	68.1 ± 3.4
Weight (kg)	60.6 ± 3.3	61.2 ± 4.4
Height (cm)	165.0 ± 1.8	158.4 ± 3.6
Body surface area (m ²)	1.68 ± 0.04	1.63 ± 0.06

Values are mean ± SE.

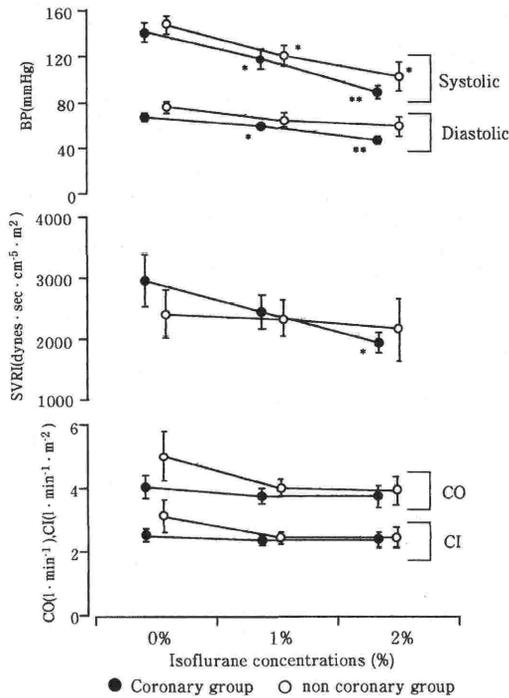


Fig. 2 Changes in blood pressure, systemic vascular resistance index, cardiac output and cardiac index. Data are expressed as mean \pm SE. *: $p < 0.05$ VS 0% value, **: $p < 0.01$ VS 0% value.

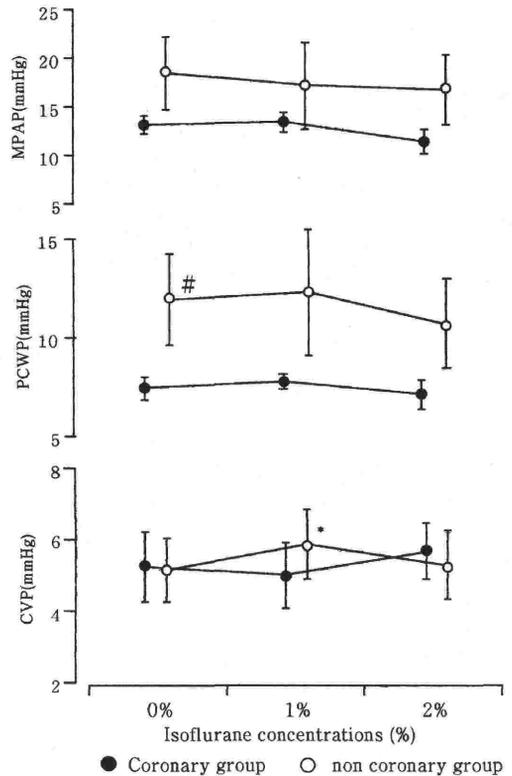


Fig. 3 Changes in mean pulmonary atrial pressure, pulmonary capillary wedge pressure and central venous pressure. Data are expressed as mean \pm SE. #: $p < 0.05$ VS non coronary group value, *: $p < 0.05$ VS 0% value.

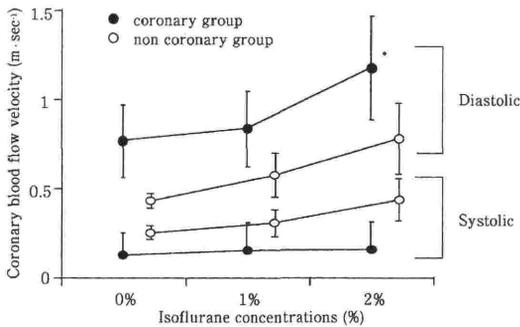


Fig. 4 Changes in coronary blood flow velocity. Normal diastolic coronary blood flow velocity was 51.9 ± 14.2 cm/sec. Data are expressed as mean \pm SE. *: $p < 0.05$ VS 0% value.

一方、冠動脈群では収縮期も拡張期もあまり変化がなく、拡張期の0%値と2%値でのみ有意差がみられた ($p = 0.0252$) (Fig. 4).

考 察

TEEによる冠血管および血流評価の報告は1980年代後半頃より散見される⁴⁾。原田らの報告によれば⁵⁾、断層法による検出率はLMTが92%、LADが63%であった。また冠血流に関して、カラー・ドプラ法ではLMTの血流検出率は67%であり、パルス・ドプラ法による流速測定では心拍動の影響を大きく受けたが、カラー・ドプラ法で明瞭な血流シグナルが表示されれば流速測定は十分可能であったとしている。今回、原田らの報告とほぼ同様に断層法ではほとんどLMTを検出でき、パルス・ドプラ法による検出率は59%であった。症例によればセグメント7まで観察可能である⁶⁾。また、冠血流量と冠血流速のよい相関も報告⁷⁾されており、周術期にも十分評価可能である

うと思われた。

1. イソフルランの影響

イソフルランの冠循環におよぼす影響を調べた報告は多い⁸⁻¹⁰⁾。しかし、それらの多くは動物実験であり、臨床的にはイソフルランにより心筋虚血を起こしたと思われる症例⁹⁾や左室の壁運動、心電図変化などの報告¹⁰⁾である。われわれの知る限り冠血行動態を周術期に臨床的に直接評価した報告は見当たらない。

冠灌流圧は拡張期血圧と左室拡張終期圧の差であり、今回、血行動態では心拍量および心係数は低下傾向にあったもののイソフルラン各濃度で有意差はなく、全身血管抵抗低下によると思われる血圧低下が最も冠血流量に影響を与えられた。一方、Hickey らは⁸⁾、血圧と心拍数を一定に保った場合、豚の正常な冠動脈でイソフルランを0, 1, 2, 3%と吸入させるのに従い、LADの血管抵抗の減少と血流量の増加を報告している。今回、血圧が低下したにもかかわらず、非冠動脈群ではイソフルランの濃度を上昇させるのにしたがってLMTやより末梢側の冠動脈が拡張し、LMTの血流量が増加し、有意差はなかったが血流速度が増加する傾向にあったと考えられた。冠動脈群ではイソフルランを2%吸入させたときだけ拡張期冠血流速度は有意に増加したが、その他では0%のときと比較してあまり変化しておらず、2%のときだけ拡張期冠血流量が増加したものと考えられた。血流量が低下したにもかかわらず血流速度が増加したのであれば、血管径が小さくなったか、狭窄が強まったことが考えられるが、心電図や左室壁運動が悪化した症例がなかったことを考えるとその可能性は低いと思われる。今回、側副血行路についての検討を行っておらずLMTより末梢の血流情報もないため、冠盗血現象の有無については不明であり、今後の検討課題と思われる。

2. 非冠動脈群と冠動脈群の変化

冠動脈狭窄があると狭窄に伴う異常な拡張期高流速を検出することで診断可能といわれている⁶⁾。また、狭窄部前後における流速の比を求めることで狭窄の評価も可能といわれている¹¹⁾。今回も、有意差はなかったが非冠動脈群に比べ冠動脈群で拡張期血流速度が速い傾向にあった。また、収縮期血流速度は遅い傾向にあった。これは、Losano¹²⁾ら

は冠血管狭窄存在下で収縮期の冠血管圧迫による冠血流量の減少を報告しており、同様に収縮期には冠血流量が減少したものと考えられた。

さらに、最近、薬物を用いてTEEの冠血流波形より冠予備能の評価が行われるようになった¹³⁾。ジピリダモールを経静脈的に投与し、投与前後のTEEで求めたLADの血流速度比による冠予備能を評価した報告では¹⁴⁾、冠狭窄率との間に有意な負の相関を認め、80%以上の特異度、感度でLADの有意狭窄の診断が可能であった。また、冠血流波形の加速時間や減速時間から冠予備能を評価した報告もあり¹⁵⁾、今回は血流速度だけしか測定しなかったが、周術期に冠予備能や冠狭窄も評価できる可能性がある。さらに、心筋虚血などの合併症を起こした症例の冠血流波形を評価検討することで周術期に診断や治療にも応用できるだろう。

今回、術中に冠血流を直接評価した意義は大きいと思われる。TEEによる冠血行動態の評価にはまだ限界があるものの、今後、症例検討、血流波形の評価検討がすすめば将来有用なモニターとなる可能性がある。

ま と め

1. 経食道心エコーを用いた心臓手術中の冠血行動態評価を試みた。
2. LMT冠血流速度は、イソフルラン濃度を0, 1, 2%と上昇させるのに従い非冠動脈群では拡張期も収縮期も上昇する傾向にあった。冠動脈群では、拡張期で2%のときだけ有意に上昇し、収縮期血流速度は遅かった。
3. TEEを用いた冠血流評価は周術期の冠循環モニターとして使用できる可能性がある。

本稿の要旨は、第17回日本循環制御医学会総会(1996年、東京)において発表した。

文 献

- 1) Yoshida K, Yoshikawa J, Hozumi T, et al : Detection of left main coronary artery stenosis by transesophageal color Doppler and two dimensional echocardiography. *Circulation* 81 : 1271-1276, 1990
- 2) Hogue CW, Pully DD, Lapas DG : Anesthetic induced myocardial ischemia : the isoflurane coronary steal controversy. *Coron Artery Dis* 4 : 413-419, 1993
- 3) Sigurdsson GH, Brouwer RP, Thomsson D : Repeated episodes of myocardial ischemia during combined thoracic epidural-isoflurane anaesthesia. *Acta Anaesth Scand* 38 :

- 521-524, 1994
- 4) Zwicky P, Daniel WG, Mugge A, et al : Imaging of coronary arteries by color coded transesophageal Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 62 : 639-640, 1988
 - 5) 原田昌彦, 平井寛則, 鈴木真事ら : 経食道心エコー法による冠動脈および冠血流の検出率に関する検討. *Jpn J Med Ultrasonics* 12 : 847-855, 1994
 - 6) 森田久樹, 水重克文, 平林浩一ら : ドプラ心エコー法による冠循環の評価. *日超医講演論文集* 57 : 21-22, 1990
 - 7) Marcus ML, Wright C, Doty D, et al : Measurement of coronary velocity and reactive hyperemia in the coronary circulation of humans. *Cir Res* 49 : 877-890, 1981
 - 8) Hickey RF, Cason BA, Shubayev I : Regional vasodilating properties of isoflurane in normal swine myocardium. *Anesthesiology* 80 : 574-581, 1994
 - 9) Diana P, Tullock WC, Gorcsan J. III, et al : Myocardial ischemia : A comparison between isoflurane and enflurane in coronary artery bypass patients. *Anesth Analg* 77 : 221-226, 1993
 - 10) Hohner P, Nancarrow C, Backman C, et al : Anaesthesia for abdominal vascular surgery in patients with coronary artery disease (CAD), Part I : Isoflurane produces dose-dependent coronary vasodilation. *Acta Anaesth Scand* 38 : 780-782, 1994
 - 11) 池田芳信, 門脇謙, 中込晃ら : 狭窄前後で流量に連続性のない左前下行枝起始部狭窄の冠狭窄度評価に関する検討. -セグメント6遠位部狭窄との対比-. *日超医講演論文集* 62 : 415-416, 1993
 - 12) Losano G, Gattullo D, Pagliaro P, et al : Properties of the myocardium affecting the coronary circulation. *Cardio-science* 6 : 13-17, 1995
 - 13) Iliceto S, Marangelli V, Memmola C, et al : Transesophageal Doppler echocardiography evaluation of coronary blood flow velocity in baseline conditions and during dipyridamole-induced coronary vasodilation. *Circulation* 83 : 61-69, 1991
 - 14) 室生卓, 吉川純一, 吉田清ら : 経食道心エコー・ドプラ法による冠動脈左前下行枝狭窄例の冠予備能の評価. *Jpn J Med Ultrasonics* 21 : 357-364, 1994
 - 15) 福田弘 : 左冠動脈前下行枝の血行動態と左室拡張機能との関係 : 経食道心エコー・ドプラ法による検討. *Jpn J Med Ultrasonics* 21 : 803-813, 1994

Evaluation of Coronary Blood Flow with Transesophageal Echocardiography in Response to Inhaled Isoflurane in Cardiac Surgery

Koji Ito*, Haruhiko Kudo*, Shinichiro Kira*, Akio Myzutani*, Shigenori Yoshitake*,
Hideo Iwasaka*, Takayuki Noguchi** and Kazuo Taniguchi***

*Departments of Anesthesiology, **Intensive Care Medicine and ***Surgical Clinic,
Oita Medical University, Oita, Japan

Coronary artery (left main trunc) blood flow velocity (CBFV) changes were measured with transesophageal echocardiography in response to inhaled isoflurane at the concentrations of 0%, 1% and 2%, in 7 non-coronary cardiac surgery patients (non coronary group) and in 9 coronary bypass graft surgery patients (coronary group). Anesthesia was maintained with high dose fentanyl, diazepam and pancuronium, and isoflurane was additionally inhaled during CBFV measurements.

Systemic blood pressure decreased significantly in both groups and systemic vascular resistance index decreased significantly at 2% isoflurane inhalation in

the coronary group. CBFV changes in the non coronary group in response to inhaled isoflurane were not significant. Both systolic and diastolic CBFV increased in the non coronary group as the isoflurane concentration increased, however, no significance was observed. In coronary group, 2% isoflurane inhalation significantly increased diastolic CBFV compared to the non inhaled patients (0.76 ± 0.20 vs 1.18 ± 0.29 m/sec). Although no significant difference in CBFV was seen between both groups, CBFV in the coronary group was faster at diastolic state and slower at systolic state than those of non coronary group.

Key Words : Transesophageal echocardiography, Coronary blood flow velocity, Isoflurane,
Cardiac surgery, Coronary disease

(Circ Cont 18 : 40~44, 1997)