

## 原 著

心臓手術中の大腿動脈圧、橈骨  
動脈圧の圧差の検討

——亜硝酸剤、カルシウム拮抗薬使用に関連して——

丸 山 一 男\* 橋 本 宇\* 大井 由美子\*  
奥 田 真 弘\* 栗 岡 孝 明\* 堀 口 良 二\*  
小 西 邦 彦\* 宗 行 万之助\*

## 要 旨

体外循環を用いた A-C バイパスや弁置換術中のニトログリセリン、ニカルジピン微量持続静脈内投与の動脈圧に対する影響を検討した。結果として、体外循環終了後60分において、ニトログリセリン、ニカルジピン投与群は、大腿動脈と橈骨動脈の動脈圧差が存在したが、非投与群では同時点で両動脈の圧差が認められなかった。両薬剤投与群において、平均動脈圧差は体外循環後180分で消失したが、収縮期動脈圧差は手術終了時まで存在した。

## はじめに

一般に観血的動脈圧測定部位として、橈骨動脈、足背動脈、大腿動脈、上腕動脈が使用されているが、麻酔薬や血管拡張薬により、各動脈間に圧差が生じたり、圧関係が逆転する例が報告されつつある<sup>1)</sup>。一方、体外循環を用いた心臓手術では、体外循環後、大動脈、橈骨動脈に、一過性の圧差が出現するとされている<sup>2,3)</sup>。近年、亜硝酸剤やカルシウム拮抗薬の心筋虚血、冠攣縮に対する有効性が明らかにされ、これらの薬剤が体外循環を用いた心臓手術に使用される機会が増加してきた。そこで、われわれは亜硝酸剤であるニトログリセリンと、カルシウム拮抗薬であるニカルジピンの体外循環後の動脈圧に対する影響を、大腿動脈と

橈骨動脈について検討した。

## 対象及び方法

## 1. 対 象

I. ニトログリセリンおよびニカルジピンの微量持続静脈内投与下に、心臓手術を受けた14名の患者〔大動脈冠状動脈バイパス術 (A-C バイパス)、弁置換術〕について、大腿動脈圧、橈骨動脈圧を経時的に記録した。

II. 一部上記患者を含む下記3群の患者について、麻酔導入後と体外循環終了後60分に、大腿動脈圧、橈骨動脈圧、心拍出量の測定ならびに体血管抵抗の算出を行った。

Group A; ニトログリセリンおよびニカルジピン微量持続静脈投与を併用した A-C バイパス術群16名 (男性9名, 女性7名, 年齢41~67歳, 平均 $58.3 \pm 7.8$ 歳)

Group B; 上記両薬剤を併用した弁置換術群5名 (男性2名, 女性3名, 51~64歳,  $58.8 \pm 8.8$ 歳)

Group C; 上記両薬剤を投与しなかった弁置換術群10名 (男性5名, 女性5名, 30~62歳,  $46.8 \pm 8.6$ 歳)

## 2. 方 法

全例麻酔導入45分前に、塩酸モルヒネ 10 mg 筋注、スコポラミン 0.5 mg の皮下注に加えて、ジアゼパム 5 mg またはドロペリドール 2.5~5 mg の筋注を麻酔前投薬として行った。麻酔導入薬として、100%酸素換気下でフェンタニール

\*三重大学医学部麻酔学教室

70~100  $\mu\text{g/kg}$ , パンクロニウム 6 mg, 必要に応じてジアゼパム 5~10 mg の静注を併用し, リドカイン 150 mg の気管内噴霧後経口気管内挿管を施行し, フェンタニール 200~1000  $\mu\text{g}$  静注, ジアゼパム 10 mg 静注, または両剤の併用, 必要に応じて50%笑気投与を体外循環開始までに行った. 全例体外循環開始までにメチルプレドニゾン 30 mg/kg, 体外循環開始後にクロルプロマジン 0.5~1.5 mg/kg の静注を行った.

対象 I と対象 II Group A, B では, 麻酔導入直前より, ニトログリセリン 0.25~0.5  $\mu\text{g/kg/min}$ . とニカルジピン 0.25~0.5  $\mu\text{g/kg/min}$ . の微量持続静脈内投与を開始し, 体外循環中も含めて手術後まで継続した. 対象 II の Group C では, これらの薬剤の投与を行わなかった.

麻酔導入前に, 橈骨動脈へ経皮的に 5 cm-19 ゲージテフロンカテーテル, 麻酔導入後に大腿動脈に経皮的に 6.5 cm-18 ゲージテフロンカテー

表 1 systolic arterial pressure

Time	Radial	Femoral	Gradient
1.	125 $\pm$ 19 (14)	128 $\pm$ 19 (14)	3
2.	129 $\pm$ 19 (14) @	138 $\pm$ 22 (14)	9
3.	107 $\pm$ 26 (14) *	121 $\pm$ 26 (14)	14
7.	74 $\pm$ 30 (14) *	109 $\pm$ 30 (14)	35
8.	82 $\pm$ 22 (14) *	118 $\pm$ 22 (14)	36
9.	98 $\pm$ 26 (14) *	133 $\pm$ 19 (14)	35
10.	97 $\pm$ 30 (9) *	118 $\pm$ 22 (9)	21

diastolic arterial pressure

Time	Radial	Femoral	Gradient
1.	62 $\pm$ 14 (14)	61 $\pm$ 14 (14)	1
2.	65 $\pm$ 16 (14)	64 $\pm$ 17 (14)	-1
3.	55 $\pm$ 16 (14)	56 $\pm$ 16 (14)	1
7.	43 $\pm$ 10 (14)	43 $\pm$ 11 (14)	0
8.	51 $\pm$ 10 (14)	52 $\pm$ 11 (14)	1
9.	59 $\pm$ 13 (14)	58 $\pm$ 12 (14)	-1
10.	57 $\pm$ 16 (9)	59 $\pm$ 13 (9)	2

mean arterial pressure

Time	Radial	Femoral	Gradient
1.	85 $\pm$ 11 (14)	83 $\pm$ 11 (14)	2
2.	86 $\pm$ 15 (14)	88 $\pm$ 19 (14)	2
3.	75 $\pm$ 19 (14)	76 $\pm$ 19 (14)	1
4.	45 $\pm$ 11 (14) *	49 $\pm$ 7 (14)	4
5.	50 $\pm$ 11 (14) @	52 $\pm$ 11 (14)	2
6.	51 $\pm$ 11 (14) *	57 $\pm$ 11 (14)	6
7.	55 $\pm$ 15 (14) *	62 $\pm$ 15 (14)	7
8.	63 $\pm$ 15 (14) *	70 $\pm$ 15 (14)	7
9.	77 $\pm$ 19 (14) *	82 $\pm$ 15 (14)	5
10.	72 $\pm$ 22 (9)	76 $\pm$ 22 (9)	4

Mean $\pm$ S. D.

@ shows  $p < 0.05$ , \* shows  $p < 0.01$

Number of patients shown in parentheses

1. post induction, 2. chest open, 3. pre-CPB, 4. Aorta Cramp 5 min, 5. Aorta Cramp 30 min, 6. Cramp off 7-10. 15, 60, 120, 180 min post CPB respectively

テルが留置され、耐圧延長チューブ、イントラフローを介して、P 23 トランスデューサーに接続され、血圧測定ユニット AP610G（日本光電）または DS-1100（フクダ電子）により、大腿動脈、橈骨動脈のそれぞれについて収縮期動脈圧、拡張期動脈圧、電氣的に算出された平均動脈圧が同時に記録された。なお測定に用いた血圧測定系（トランスデューサー、延長チューブ、イントラフロー）、測定器は、1 人の患者について同一機種を使用し、術途中で変更することはなかった。

心拍出量が、右内頸静脈より肺動脈に留置されたスワンガンツカテーテルを用い、熱希釈法により測定された。

#### I. 大腿動脈、橈骨動脈、両動脈圧の経時的変

化の測定（ニトログリセリン、ニカルジピン投与下）

対象14名について、以下の測定時間に収縮期動脈圧、拡張期動脈圧、平均動脈圧が記録された。

①麻酔導入後、②胸骨切開後、③体外循環開始直前、④大動脈クランプ後5分、⑤大動脈クランプ後30分、⑥大動脈クランプ解除時、⑦体外循環終了後15分、⑧体外循環終了後60分、⑨体外循環終了後120分、⑩体外循環終了後180分。

#### II. ニトログリセリン、ニカルジピン投与群と非投与群との比較

対象IIの Group A, B, C それぞれの患者について、大腿動脈、橈骨動脈での収縮期動脈圧、拡張期動脈圧、平均動脈圧、心拍出量の測定ならび

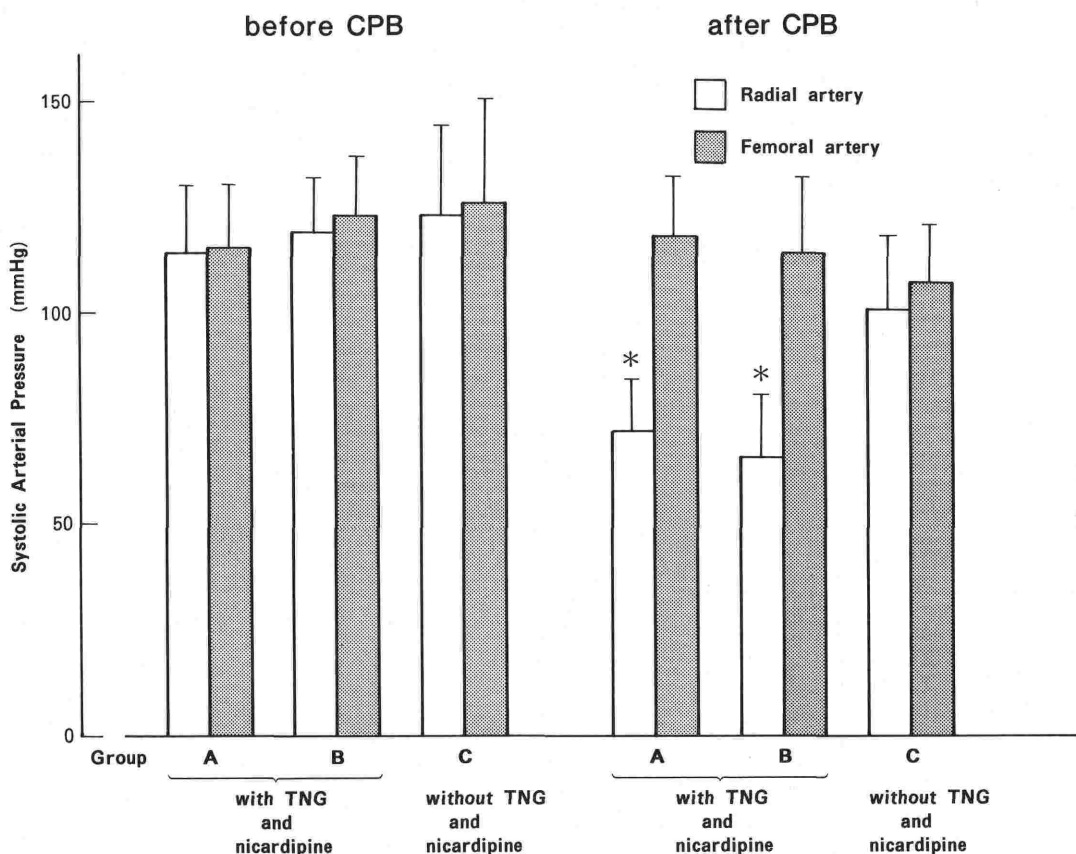


図1 体外循環前後の大腿動脈と橈骨動脈の収縮期動脈圧

before CPB；麻酔導入後

after CPB；体外循環終了後60分

Group A；ニトログリセリン (TNG)、ニカルジピン投与下の A-C bypass 術, N=16

Group B；同薬剤投与下の弁置換術, N=5

Group C；同薬剤非投与下の弁置換術, N=10

に体血管抵抗の算出を麻酔導入後と体外循環終了後60分の2測定時間に行った。体血管抵抗は、大腿動脈の平均動脈圧を用いて以下の式により算出した。

$$\text{体血管抵抗} = \frac{\text{平均大腿動脈圧} - \text{中心静脈圧}}{\text{心拍出量}} \times 80 (\text{dyn} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5})$$

統計処理には、student's t test を用い、同一群のデータに対しては paired student's t test を用いた。

## 結 果

### I. 大腿動脈、橈骨動脈、両動脈圧の経時的变化

ニトログリセリン、ニカルジピンの両者を微量持続静脈投与を行った14症例の、経時的動脈圧変化を表1に示した。収縮期動脈圧では、大腿動脈圧が体外循環直前より橈骨動脈圧に比し高値を示し、その圧差は体外循環終了後に増大し、手術終了時まで持続した。平均動脈圧では、体外循環開

始後より大腿動脈圧が橈骨動脈より高値を示したが、その差は体外循環後2時間で消失した。拡張期動脈圧では両者に差はなかった。この14例の結果は血管拡張薬を併用していない心臓手術で大動脈圧と橈骨動脈圧とを比較した報告と比べると、圧差の程度と、圧差の持続時間において増強しているように思われた。

### II. ニトログリセリン、ニカルジピン投与群と非投与群との比較

収縮期動脈圧では、図1に示すごとく、before CPB で示した麻酔導入後の測定値では、各 Group で大腿動脈圧、橈骨動脈圧に差はなかった。after CPB で示した体外循環後60分の測定値では、ニトログリセリン、ニカルジピンの微量持続静脈内投与を行った Group A, B の両群において、大腿動脈圧が橈骨動脈圧に比して高値を示した。Group A で収縮期動脈圧差 ( $\Delta$ SYST と略す) は 16~85 mmHg (平均  $45.7 \pm 17.6$ ) ( $p < 0.01$ )、Group B で  $\Delta$ SYST は 28~56 mmHg (平均  $48.8 \pm 12.3$ ,  $p < 0.01$ ) であった。

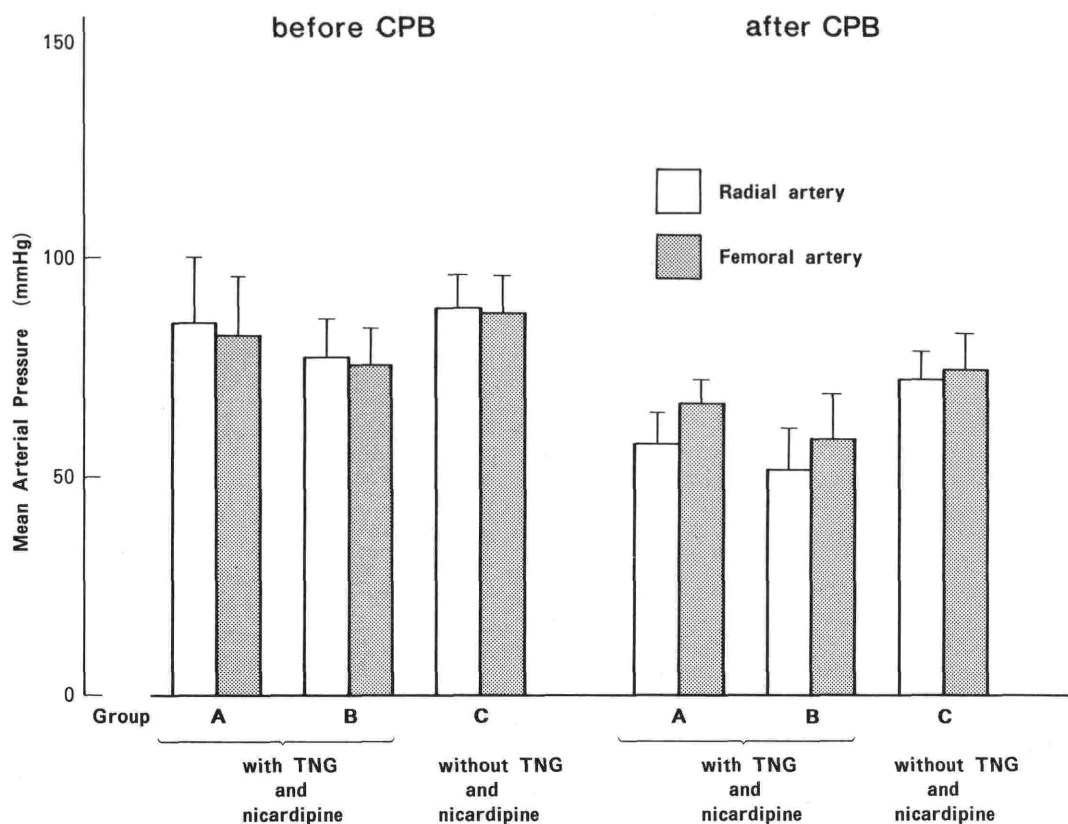


図2 体外循環前後の大腿動脈と橈骨動脈の平均動脈圧

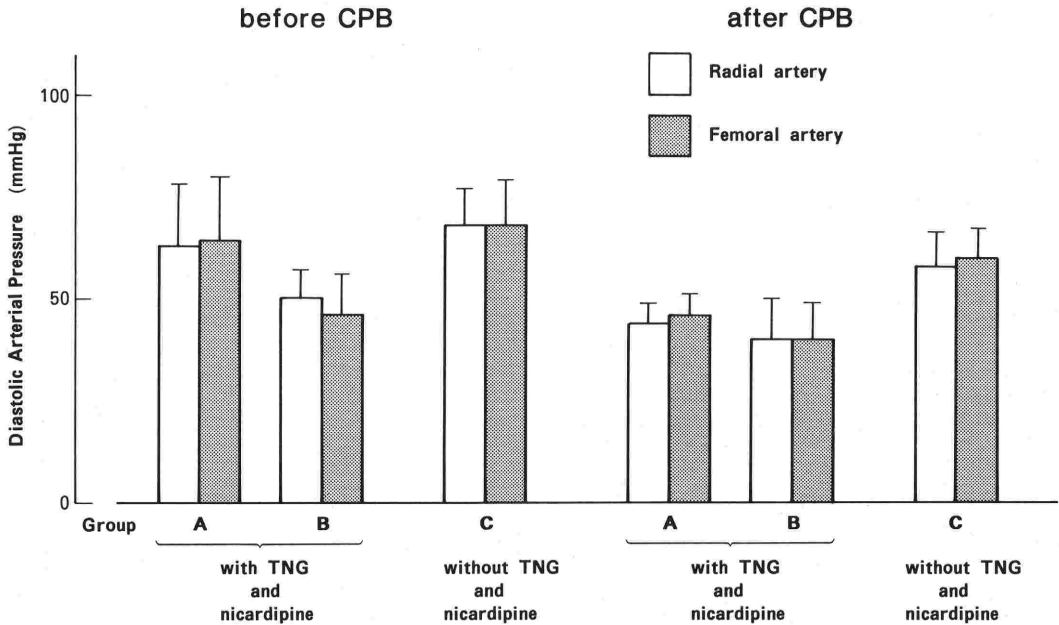


図3 体外循環前後の大腿動脈と橈骨動脈の拡張期動脈圧

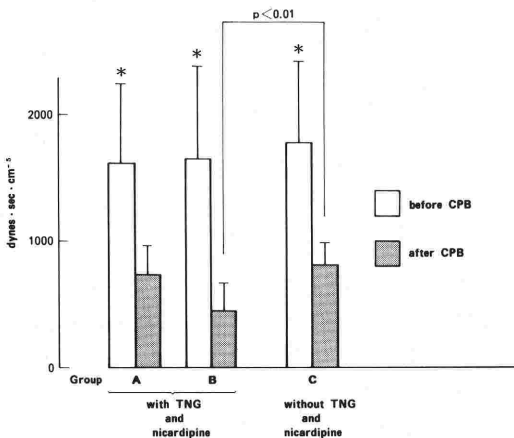


図4 体外循環前後の体血管抵抗

一方、ニトログリセリン、ニカルジピンの投与を行わなかった Group C では、体外循環後の両動脈圧差に差はみられなかった。

平均動脈圧では、図2に示すごとく、収縮期動脈圧と同様の結果を示し、Group A, B において、大腿動脈圧が橈骨動脈圧より体外循環後に高値を示し、その平均動脈圧差 ( $\Delta$  DIAS) は Group A で 1~17 mmHg (平均  $8.9 \pm 5.8$ ,  $p < 0.01$ ), Group B で 2~11 mmHg ( $6.8 \pm 3.3$ ) ( $P < 0.01$ ) であった。Group C では有意な差はなかった。

拡張期動脈圧では、図3に示すごとくいずれの

群、時点においても大腿動脈圧、橈骨動脈圧に差はみられなかった。

大腿平均動脈圧を体平均動脈圧として算出した体血管抵抗は、体外循環後に全群に於いて低値を示した。また、弁置換術を受けた Group B, C 間で比較すると、体外循環後の測定値で、ニトログリセリン、ニカルジピン投与を受けた Group B において体血管抵抗は低値を示した。(図4)

## 考 察

われわれは、A-C バイパスや弁置換手術中のニトログリセリン、ニカルジピン微量持続静脈内投与の動脈圧に対する影響を調べた。結果として、体外循環終了後60分においても大腿動脈と橈骨動脈の動脈圧差が存在したが、これらの薬剤を投与しなかった群では体外循環終了後60分で両動脈の圧差が認められなかった。このことは、ニトログリセリンとニカルジピンを併用した体外循環を用いた心臓手術では、体外循環後橈骨動脈圧のみを測定していると、血圧を予想外に低く評価することになり、ひいては強心薬や昇圧薬の過量投与を招く可能性を示している。

Stern らは、心臓手術で大動脈圧と橈骨動脈圧の測定を同時に行い、大動脈収縮期動脈圧が体外循環終了後平均20分間橈骨動脈圧より高かったと

報告し、同様に、Gravlee らも中心動脈と末梢動脈の圧差は体外循環終了後10～20分で消失したとしている。これらの報告により、橈骨動脈に加えて大動脈の圧測定が体外循環中から終了後にかけて必要とされている。通常は、体外循環終了後60分以内（平均約20分）に大動脈・橈骨動脈圧較差が消失するので、それ以後は橈骨動脈圧を指標に循環管理が行われている。彼らの報告では、ニトログリセリン、ニカルジピンの投与はなされていないので、これらの血管拡張作用を持つ薬剤を術中に使用した場合にみられる圧差の程度と持続時間を検討することは、臨床的に重要になろう。

ニトログリセリンとニカルジピンの投与を受けなかった対象Ⅱの Group C では、体外循環終了後60分の時点で圧差が認められなかった。この結果は、これまでの報告と一致している。また、対象Ⅰで、これらの薬剤を使用した14例で、各動脈圧の経時変化を記録したところ、平均動脈圧の差は体外循環後180分で消失した。一方、収縮期動脈圧差は、手術終了時まで存在することが示された。圧差の程度は症例によって様々で、持続時間も従来の報告より長い。これらの結果は、ニトログリセリン、ニカルジピンを併用した体外循環を用いた心臓手術では、中心動脈と末梢動脈の圧差の程度と持続時間が、増強することを示しており、臨床的に注意を要する点となろう。通常、体外循環後1～2時間は循環動態が不安定であるので、特に厳密な強心薬、昇圧薬の投与量調節が必須で、そのためには正確な動脈圧を知る必要がある。従って、心臓手術において亜硝酸剤、カルシウム拮抗薬投与例の増加を考えると、体外循環を用いた心臓手術では、大腿動脈圧の測定が循環管理上有用となると思われる。

Pauca らは、体外循環後に末梢血管抵抗が減少することを示唆し<sup>4)</sup>、Stern らは血管拡張が体外循環後の大動脈、橈骨動脈圧差の原因であるとしている。われわれの結果では、血管拡張薬の使用により大腿動脈と橈骨動脈の圧差が増強したことから、圧差の生ずる原因としての血管拡張説を支持していると思われる。ニトログリセリンは、心臓手術で心筋虚血を減少するために経静脈的に投与される<sup>5,6)</sup>。カルシウム拮抗薬も、冠動脈の血流分布を改善し、冠動脈攣縮を防止すると言われている。体外循環を用いた心臓手術では、交感神

経の緊張、低体温、体液、電解質バランスの変化により冠攣縮がおりやすい状況にある。ニカルジピンはニフェジピン同様、dihydropyridine 系のカルシウム拮抗薬で、臨床的に脳血流の改善、降圧薬として使用されてきたが、狭心症にも有効であるとされ、慢性うっ血性心不全患者の心機能改善にも使用されている<sup>7,8,9)</sup>。Cohen らは、術中の冠攣縮がニトログリセリン静脈内投与と胃管を介するニフェジピン投与で治療され、再発防止にも有効であったと報告している<sup>8)</sup>。このように、ニトログリセリンとカルシウム拮抗薬の心臓手術での併用が増加してきたが、心臓手術では投与量を確実に把握することが必要であり、経静脈的に投与することが望ましい。ニフェジピンは臨床に使用できる静注薬がないため、われわれは今回ニカルジピンを使用した。術中の冠攣縮は一例も発生しなかった。

まとめると、体外循環を用いた心臓手術において、心筋虚血の減少と冠攣縮の予防を目的として、ニトログリセリン、ニカルジピンの投与を行うと、体外循環終了後に、橈骨動脈圧が大腿動脈圧より低く測定される。従って、このような薬剤を併用する場合、血圧の評価にあたっては、動脈圧の測定部位を考慮する必要がある。

## 文 献

- 1) Abou-Madi, M., Lenis, S., Archer, D., Ravussin, P., Trop, D.: Comparison of direct blood pressure measurements at the radial and dorsalis pedis arteries during sodium nitroprusside- and isoflurane-induced hypotension. *ANESTHESIOLOGY* 65:692-695, 1986.
- 2) Stern, D. H., Gerson, J. I., Allen, F. B., Parker, F. B.: Can we trust the direct radial artery pressure immediately following cardiopulmonary bypass? *ANESTHESIOLOGY* 62:557-561, 1985.
- 3) Gravlee, G. P., Pauca, A. L., Cordell, A. R., Mills, S. A., Hudspeth, A. S.: Comparison of brachial, radial, and aortic arterial pressure monitoring during cardiac surgery. *ANESTHESIOLOGY* 61: A69, 1984.
- 4) Pauca, A. L., Meredith, J. W.: Possibility of A-V shunting upon cardiopulmonary bypass discontinuation. *ANESTHESIOLOGY* 67:91-94, 1987.
- 5) Kaplan, J. A., Dunbar, R. W., Jones, E. L.: Nitroglycerin infusion during coronary artery surgery. *ANESTHESIOLOGY* 45:14-21, 1976.
- 6) Bale, R., Powles, A., Wyatt, R.: I. V. Glyceryl trinitrate: Haemodynamic effects and clinical use

- in cardiac surgery. *Br J Anaesth* 54:297-301, 1982.
- 7) Ryman, K. S., Kubo, S. H., Lystash, J., Stone, G., Cody, R. J.: Effect of nicardipine on rest and exercise hemodynamics in chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 58:583-588, 1986.
- 8) Cohen, D. J., Foley, R. W., Ryan, J. M.: Intraoperative coronary artery spasm successfully treated with nitroglycerin and nifedipine. *Ann Thorac Surg* 36:97-100, 1983.
- 9) Scheidt, S., LeWinter, M. M., Hermanovich, J., Venkataraman, K., Freedman, D.: Efficacy and safety of nicardipine for chronic, stable angina pectoris: A multicenter randomized trial. *Am J Cardiol* 58:715-721, 1986.

### Comparison between pressures measured from the radial artery and femoral artery during cardiac surgery

Kazuo Maruyama, Hiroshi Hashimoto, Yumiko Ohi  
Masahiro Okuda, Takaaki Kurioka, Ryoji Horiguchi\*  
Kunihiko Konishi, Mannosuke Muneyuki

Department of Anesthesiology School of Medicine Mie University

\*Department of Anesthesia Matsusaka Chuo Hospital Koseiren of Mie

Nitrates (as TNG) and calcium channel blockers are frequently administered during cardiac surgery. We decided to investigate whether or not nitrates, in conjunction with calcium channel blockers, would influence central and peripheral arterial pressure gradient after cardio-pulmonary bypass (CPB) during cardiac surgery. Our study demonstrated that combined TNG and nicardipine infusion during cardiac surgery involving coronary artery bypass grafting or valve replacement resulted in a significant femoral-to-radial arterial pressure gradient at 60 minutes after CPB. On the

other hand, without TNG and nicardipine, there was no significant femoral-to-radial arterial pressure gradient at 60 minutes after CPB. This suggests that during cardiac surgery combined with TNG and nicardipine infusion, systolic and mean arterial pressure might be underestimated during and after CPB when measured at the radial artery as compared to the femoral artery, resulting in a possible inappropriate overadministration of inotropic and vasoactive drugs needed to control blood pressure.

**Key words:** radial artery, femoral artery, cardiovascular surgery