

# Study on Chest Wall Ischemia after IMA Harvesting

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/8251">http://hdl.handle.net/2297/8251</a>

## 内胸動脈採取の前胸壁血流におよぼす影響の研究

金沢大学医学部外科学第一講座 (主任: 岩 喬教授)

浅 井 徹

(平成3年1月17日受付)

有茎内胸動脈グラフトの2種類の採取方法が、胸骨および前胸壁組織の血流におよぼす影響について研究した。成熟イヌ8頭に対し、胸骨正中切開を行い両側の内胸動脈をそれぞれ異なる方法で有茎グラフト状に剝離し閉胸した。一方は、内胸動脈、筋、周囲組織を含む方法(組織内動脈採取法 *in situ technique*)にて、他方は、内胸動脈のみを採取する方法(動脈骨格化採取法 *skeleton technique*)にて、ともに起始部より筋横隔膜動脈分岐部直前まで胸壁裏面より剝離し末梢側で切断した。ラジオアイソトープ標識トレーサーを用いて、胸骨正中切開前、切開後、両側内胸動脈採取後、閉胸後の前胸壁組織の血流を決定し比較検討した。胸骨柄、胸骨体、肋間筋、肋骨の血流 (ml/100g per min) はそれぞれ胸骨正中切開前の  $8.97 \pm 0.63$ ,  $8.76 \pm 0.66$ ,  $10.72 \pm 1.94$ ,  $7.07 \pm 0.78$  から内胸動脈採取後、組織内動脈採取法側の  $4.73 \pm 1.38$ ,  $1.28 \pm 0.27$ ,  $2.98 \pm 0.53$ ,  $2.50 \pm 0.48$  動脈骨格化採取法側の  $3.67 \pm 0.82$ ,  $2.60 \pm 0.68$ ,  $3.08 \pm 0.69$ ,  $3.33 \pm 0.54$  といずれの方法にても有意な低下 (肋間筋  $p < 0.05$ , 他  $p < 0.01$ ) を示した。採取法の違いでは、胸骨体と肋骨の血流減少の程度は組織内動脈採取法側で著しく認められた ( $p < 0.01$ ) が、胸骨柄と肋間筋では有意差を認めなかった。また、胸骨正中切開と閉胸ではいずれの組織でも変化を認めなかった。以上より、内胸動脈採取の際に周囲組織の剝離を回避することによって胸骨の虚血を軽減し、術後創部感染症の発生率を減少できることが示唆された。

---

**Key words** internal mammary artery, sternal ischemia, *in situ technique*, *skeleton technique*

---

冠動脈バイパス術 (coronary artery bypass grafting, CABG) が今日多くの施設で施行され虚血性心疾患の治療手段として確立されている。有茎の内胸動脈 (internal mammary artery, IMA) グラフトは、大伏在静脈グラフトとともに最も頻繁に用いられているが、高い長期開存率と術後の生育能を有するため、近年好んで用いられることが多くなってきた。

しかしながら、稀ではあるが開心術後の重篤な合併症として問題となっている胸骨創部感染症の頻度が、内胸動脈を用いる冠動脈バイパス術で増加し、動脈の胸壁裏面からの剝離とそれともなう胸骨への血流減少がこれと密接に関係していることが臨床的にも実験的にも報告されている。

そこで著者はイヌを用いて、一方の内胸動脈を従来行われている動脈、筋、周囲軟部組織を含めた採取

法(組織内動脈採取法)により、他方を内胸動脈のみを剝離する方法(動脈骨格化採取法)により胸壁から遊離し、両群の胸骨および前胸壁組織の血流減少に対する影響をラジオアイソトープ標識トレーサーを用いた組織血流測定法により比較検討した。

### 対象および方法

#### I. 対 象

体重 24~30kg (平均 27kg) の成熟イヌ 8 頭を用い、各々 4 頭ずつ、一方の群は左側に組織内動脈採取法を右側に動脈骨格化採取法を施行し、他方の群は左右逆に行い実験終了後、それぞれの半胸壁の各部の組織血流量を比較検討した。

#### II. 麻酔および術中管理

Alpha chloralose (Aldrich Chemical Co., Milwa-

ukee, 米国) 100mg/kg による静脈麻酔下気管内挿管し, Model 607A (Harvard Apparatus CC, Dover, 米国) による調節呼吸 (換気回数10~25回/分) を行った. 14G カテーテルを右大腿動脈に挿入し, 動脈圧を持続記録し, 術中収縮期圧を 110mmHg 以上に維持した. また30分毎に動脈血ガスおよび電解質を測定し生理学的正常範囲内に補正した.

### III. 手術

まず大腿動脈に 14G カテーテルを挿入し, これを術前にキャリブレーションを行った Holter Pump (Extracorporeal Medical Specialties Inc., Philadelphia, 米国) に接続し, 各々のラジオアイソトープ注入後の血液レファランス標本の採取に用いた.

次に左側胸部第4肋間に約 4cm の小切開を行い, 左心耳に 16G カテーテルを挿入し, 各々のラジオアイソトープの注入に使用した.

そして前胸壁正中に皮切を加えた後, 振動型の電気ノコギリ Stryker 810 (Stryker, Kalamazoo, 米国) にて胸骨正中切開を施行し, 出血が認められた場合は骨髄にはワックスをそのほかには電気メス Bard System 3000 (Bard, Englewood, 米国) を用いて止血したが, これらの使用は最小限にとどめた.

両側の内胸動脈は後に述べる2種類の方法で採取した. 閉胸はステンレスワイヤーにて行い, すべての実験が終了した後に塩化カリウムの静注で動物を屠殺した.

その後直ちに組織標本の採集を行った. 16個の半胸壁をそれぞれ1) 胸骨柄, 2) 胸骨, 3) 第1~7肋間筋 (胸骨に隣接する部分約 5cm), 4) 第1~8肋骨 (胸骨に近接する部分約 5cm) の4群に分けガンマシンチレーションスペクトロメーター用のプラスチックチューブに採集した.

### IV. 内胸動脈採取法 (図1)

#### 1. 組織内動脈採取法

临床上広く用いられている方法で, 内胸動脈と内胸静脈と周囲の軟部組織および筋 (M. transversus thoracis) を一塊の組織束として胸壁裏面から電気メスを用いて剝離した. 内胸動脈の分枝は, 中枢側を止血用クリップで閉塞したのち, 末梢側を電気メス (30w, coagulation mode) で切断した. 内胸動脈の起始部, すなわち鎖骨下動脈の前下面から, 筋横隔膜動脈分岐部まで完全に遊離したのち, 後者の部で動脈を切断した.

#### 2. 動脈骨格化採取法

内胸動脈を覆う表層の筋 (M. transversus thoracis) に電気メス (30w, coagulation mode) で切開を加え動

脈のみを露出した. 分枝は組織内動脈採取法と同様に処理し切断した. その後上記と同様の範囲を遊離し切断した.

### V. 組織血流測定法

術中の組織血流は, Cerium-141, Strontium-85, Niobium-95, Scandium-46 で標識された4種類のトレーサー (15  $\mu$  m microsphere, DuPont Company, Wilmington, 米国) を用いて行った. これらを各々のイヌで任意の順に1) 胸骨正中切開前 (baseline), 2) 切開後, 3) 両側内胸動脈剝離後, 4) 閉胸後の時点

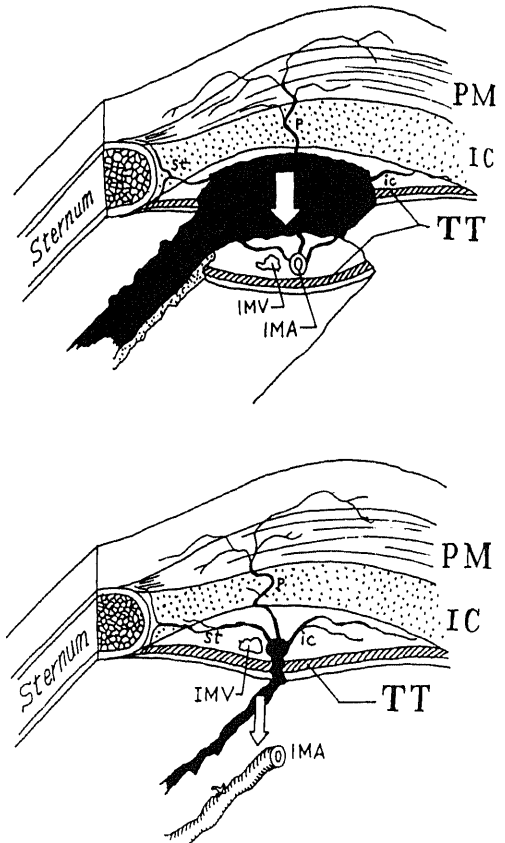


Fig.1. Horizontal sectional models of IMA harvesting techniques. In the in situ technique, IMA was taken down (white arrow) together with IMV and the surrounding tissue as an in situ pedicle. In the skeleton technique, only IMA was harvested (white arrow) as a skeletonized artery. IMA, internal mammary artery. IMV, internal mammary vein. PM, M. pectoralis major. IC, M. intercostalis internus. TT, M. transversus thoracis. ic, intercostal branch. st, sternal branch. p, perforating branch.

で左心耳に挿入した 16G カテーテルから注入し、同時に左大腿動脈に接続したポンプを作動し、120秒間のレファランス標本を採集した。手術後採集した各組織別標本とレファランス血液標本は、重量測定の後ただちに Auto-gamma scintillation spectrometer (Packard Instrument Co., Downers Grove, 米国) を用いて、4 種類のアイソトープの光電ピークに対するウインドーのカウント数を200秒間測定した。低エネルギーピークに及ぼす高エネルギーピークのコンプトン散乱のクロストークを考慮し、Heymann ら<sup>10)</sup>の例に従い4元連立方程式を解いて、各々のアイソトープによる組織標本カウント数を決定した。そして各々の時点の組織血流量は、その時点で注入したアイソトープの組織標本カウント数のレファランス血液標本カウント数に対する割合を用いて下記の方法で行った。

$$\text{組織血流量} = \frac{\text{レファランス血流量} \times \text{組織標本カウント数}}{\text{レファランス血液標本カウント数}}$$

これによって、組織 100g あたりの血流量を求めた。

VI. 統計学的処理

統計学的処理は SPSS/PC+(SPSS inc., Chicago, 米国) を用い有意差検定は repeated measure ANOVA を用いて行い、 $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  を有意とした。なお表中の数値は、平均±標準誤差にて表示した。

成 績

表1は各々の組織の100gあたりの血流量(平均±標準誤差)を経時的に採取法による違いを比較して表

示したものである。

I. 胸骨柄の血流量の経時的変化(図2)

内胸動脈の剝離後の血流は、術前に比べてその採取法に関わらず有意に ( $p < 0.01$ ) 減少した。しかし採取法の違い、胸骨正中切開、閉胸による血流量の変化に有意差は認められなかった。

II. 胸骨体の血流量の経時的変化(図3)

胸骨柄と同様に、いずれの採取法にても内胸動脈の剝離後の血流は、術前に比べて有意に ( $p < 0.01$ ) 減少した。採取法の違いでは、組織内動脈採取法によって採取した群は、動脈骨格化採取法による群と比べて血流量減少の程度がより著しかった ( $p < 0.01$ )。しかし胸骨正中切開、閉胸による血流量の変化に有意差は認められなかった。

III. 肋間筋の血流量の経時的変化(図4)

胸骨体、胸骨柄と同様に、いずれの採取法にても内胸動脈の剝離後の血流は、術前に比べて有意に ( $p < 0.05$ ) 減少した。しかし採取法の違い、胸骨正中切開、閉胸による血流量の変化に有意差は認められなかった。

IV. 肋骨の血流量の経時的変化(図5)

肋間筋、胸骨体、胸骨柄と同様に、いずれの採取法にても内胸動脈の剝離後の血流は、術前に比べて有意に ( $p < 0.01$ ) 減少した。採取法の違いでは、胸骨柄と同様に組織内動脈採取法によって採取した群は、動脈骨格化採取法による群と比べて血流量減少の程度がより著しかった ( $p < 0.01$ )。しかし採取法の違い、胸骨正中切開、閉胸による血流量の変化に有意差は認められなかった。

Table 1. Tissue blood flow (ml/100g per min)

Tissue	Technique	Baseline	Sternotomy	IMA-harvest	Closure
Manubrium	in situ	8.76±1.13	7.96±1.17	4.73±1.38*	4.93±1.71
	skeleton	9.17±0.67	7.62±1.25	3.67±0.83*	5.05±1.45
Sternum	in situ	8.49±0.98	8.76±1.87	1.28±0.27*!	1.85±0.55
	skeleton	9.02±0.92	9.12±1.89	2.60±0.68*!	3.76±0.99
Intercostal muscles	in situ	10.41±2.94	7.69±2.64	2.98±0.53**	2.89±0.55
	skeleton	11.03±2.74	9.28±3.61	3.08±0.70**	3.62±0.79
Ribs	in situ	7.20±1.33	7.46±1.81	2.50±0.48*!	3.53±1.01
	skeleton	6.95±0.92	7.81±1.54	3.33±0.54*!	4.60±1.09

Blood flow measurements were made with the reference-withdrawal radioactive microsphere technique. Each harvesting technique group includes eight samples (n=8). Values are means±standard error of the mean (SEM). \*  $p < 0.01$  baseline vs. IMA-harvest, \*\*  $p < 0.05$  baseline vs. IMA-harvest, !  $p < 0.01$  in situ vs. skeleton technique, repeated measures ANOVA.

図6は内胸動脈採取前後の各組織の平均血流量を表している。胸骨および他の前胸壁組織は、動脈採取によって血流量の平均値でいずれも50%以上の減少を認

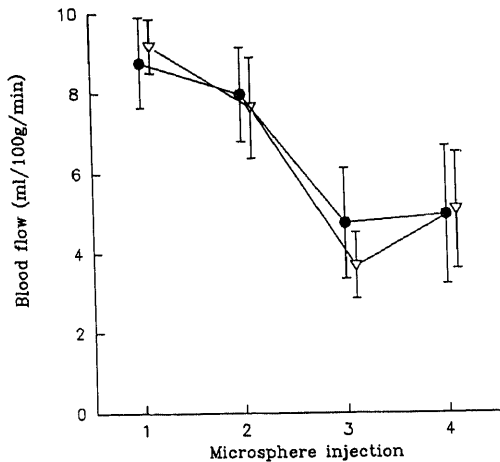


Fig. 2. Mean blood flow of manubriums. Numbers on horizontal axis indicate the point of each measurement; 1, before median sternotomy (baseline); 2, after median sternotomy; 3, after bilateral IMA harvesting; 4, after wire closure of the chest. —●—, blood flow measured with the in situ technique. —▽—, blood flow measured with the skeleton technique. Values are plotted as means  $\pm$  SEM.

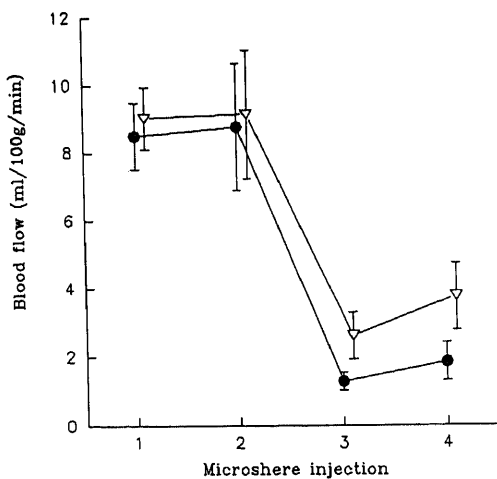


Fig. 3. Mean blood flow of sternal bodies. Numbers on horizontal axis are explained in Fig. 2. —●—, blood flow measured with the in situ technique. —▽—, blood flow measured with the skeleton technique. Values are plotted as means  $\pm$  SEM.

めた。採取法の違いが最も影響を及ぼした組織は胸骨体であった。組織内動脈採取法によって採取した群は、動脈骨格化採取法による群のおよそ50%の血流量であった。

## 考 察

胸骨正中切開は、心臓各部を容易に操作できること

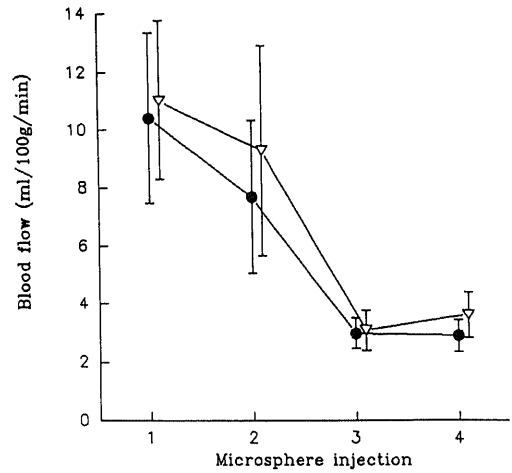


Fig. 4. Mean blood flow of intercostal muscles. Numbers on horizontal axis are explained in Fig. 2. —●—, blood flow measured with the in situ technique. —▽—, blood flow measured with the skeleton technique. Values are plotted as means  $\pm$  SEM.

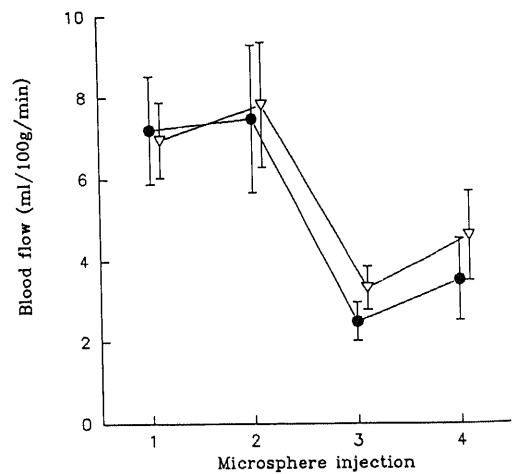


Fig. 5. Mean blood flow of ribs. Numbers on horizontal axis are explained in Fig. 2. —●—, blood flow measured with the in situ technique. —▽—, blood flow measured with the skeleton technique. Values are plotted as means  $\pm$  SEM.

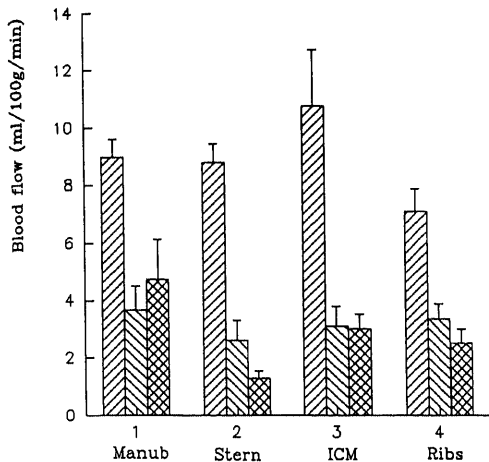


Fig. 6. Ischemic effect of IMA harvest. Blood flows after IMA harvesting by two different techniques are compared with baseline measurements in each tissue. Manub, manubriums. Stern, sternal bodies. ICM, intercostal muscles. Ribs, ribs. Z, baseline. X, after harvesting the skeletonized IMA pedicle. Y, after harvesting the in situ IMA pedicle. Values are plotted as means+SEM.

と、術後呼吸管理上すぐれていることから Julian<sup>9)</sup>が開心術に対して初めて用いて以来、心大血管への到達法として広く行われている。しかし、稀ではあるが手術後に胸骨創部感染が起ると極めて重篤であり、報告によると抗生物質の持続灌流<sup>4-8)</sup>や組織弁充填術<sup>9-10)</sup>を行っても死亡率が5.3~36%<sup>50)10)14)15)17)</sup>と高く多くの外科医から恐れられてきた。

また冠動脈バイパス手術が虚血性心疾患の治療手段として確立されているが、Green<sup>18)</sup>が有茎内胸動脈をグラフトとして用いるようになって以来、その長期開存率が静脈グラフトに比べてかなり高いという報告<sup>19)</sup>により近年ますます使用される頻度が増加している。しかしながら内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術、特に両側の内胸動脈を用いた手術の場合に胸骨創部感染症の発生率が著しく上昇するという報告<sup>20)22)</sup>があり、内胸動脈を胸壁裏面から剝離した後に生じる胸骨の虚血がこの重篤な合併症の発生率増加に密接に関連していることが示唆されている。しかし、このことは、それらの報告の18年前に Arnold が胸骨の血流を死体で詳細に調べた基礎研究<sup>23)</sup>の考察により既に予測されていた。

Arnold は造影剤とX線写真を用いた研究の結論で、胸骨の血流が内胸動脈の分岐からによる骨膜血管叢のみによって供給されると述べている。そして両側内胸

動脈の起始部からの剝離は胸骨の完全な虚血状態を引き起こすと考え、これを術後胸骨創部感染症の原因として言及している。ところが、ここで問題となることは彼の解剖学的検索では肋間動脈からの血流が十分に評価されていないことであり、Grmoljez<sup>24)20)</sup>はその臨床報告の中で逆にたとえ両側の内胸動脈を剝離しても胸骨には十分な副側血行が存在すると述べている。

こうした解剖学的検索や臨床報告の定性的な見解に対して、Lust<sup>27)28)</sup>はブタを用いた一連の実験でラジオアイソトープ標識トレーサーを使用して内胸動脈の剝離前後の生理学的な組織血流を定量的に評価している。その報告の中では術後の胸骨血流は術前の約25%まで低下し術後3週間にも回復しないというデータを発表している。また、Seyfer<sup>30)</sup>は霊長類を用いて同様の実験を行い、約90%の胸骨血流の減少を報告している。

著者の今回の実験は、これらの報告の下に、内胸動脈と共に有茎組織内グラフトとして通常剝離される筋、静脈、周囲軟部組織を含んだ組織束がはたしてどれほど胸骨への副側血行に関与しているかを調べる目的で行われた。モデルのイヌは人と比べて胸骨の形態がいくぶん異なり類似性の問題は残るものの、内胸動脈のサイズは人のものよりもやや太い程度で血流量の変化を調査する上では十分参考になるとおもわれた。

胸骨および他の前胸壁組織は、動脈採取によって血流量の平均値でいずれも50%以上の減少を認めているが、この結果は前述の報告の結果と一致し、内胸動脈が胸骨および他の前胸壁組織の主要な血流供給になっていることを意味している。

さて今回の8頭すべての手術で、組織束や動脈を剝離する際に一貫して不必要な電気メスの濫用を避け、骨膜や肋間動脈を完全に温存できたにも関わらず、組織内動脈採取法の群で、動脈採取後の胸骨体血流量の平均値が動脈骨格化採取法の群の約50%しか存在しなかったことは、注目に値する。このことは、すなわち胸骨への非内胸動脈性血流供給の約50%が組織内動脈採取法による動脈採取によって損なわれたということになる。これを逆に考えると、貴重な副側血行路の約50%が、組織内グラフトの動脈以外の組織束のある部分を通っていたともいえる。

では一体組織内グラフトの動脈以外の組織束のどの部分が胸骨への副側血行の通路となっているのか。ここで今一度図1の内胸動脈採取法を比較してみると、まず筋(M. transversus thoracis)およびそれにとまなう筋膜がその部分であることは非常に考えにくい。な

ぜならその部分は動脈骨格化採取法を用いた際にも既に切断されており両採取法の効果の違いの説明にならないからである。ということは、逆に内胸動脈の周囲とくに深層に位置する軟部組織が副側血行の通路となっていると推測される。

実際の臨床の場面では内胸動脈の採取法は外科医の判断に委ねられるが、動脈骨格化採取法にもしも問題があるとすればそれは、動脈から周囲軟部組織を除去することが生育能、長期開存率に与える悪影響の可能性である。しかし、このことに関しては著者の知る限り未だに報告はない。本研究からは動脈骨格化採取法が組織内動脈採取法に比べて胸骨の虚血をある程度緩和することが明らかになった。

内胸動脈を使用した冠動脈バイパス術は、我が国でも今後年々増加するものと思われるが、内胸動脈採取の際にできる限り周囲軟部組織を温存することが胸骨の虚血の抑制に関係し、術後胸骨創部感染症の発生率上昇を抑制しようとする。

#### 結 論

内胸動脈剝離にともなう胸壁虚血に関する研究として、成熟イヌを用い2種類の動脈採取法を行い組織血流量の変化について検討した。

1. 内胸動脈剝離にともない胸骨柄、胸骨体、肋骨、および肋間筋の血流量は著しく減少した。
2. 動脈骨格化採取法は組織内動脈採取法に比べて、胸骨体と肋骨において血流減少の程度が小さかった。
3. 胸骨正中切開と閉胸によって胸骨柄、胸骨体、肋骨、および肋間筋の血流量は有意の変化を認めなかった。
4. 内胸動脈を剝離する際に、動脈周囲軟部組織をできるだけ温存することによって、胸骨の虚血を緩和しそれにとまなう胸骨創部感染症の発生率上昇を抑制しようとする。

#### 謝 辞

稿を終えるに臨み、岩 喬教授のご指導、ご校閲に深甚なる謝意を表します。また実験に御協力いただいたニューヨーク大学メディカルセンターの Eugene A. Grossi, MD, Michael A. Parish, MD に厚く感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) Heymann, M. A., Payne, B. D., Hoffman, J. I. & Rudolph, A. M.: Blood flow measurement with radionuclide-labeled particles. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 20, 55-79 (1977).

- 2) Rudy, L. W., Heymann, M. A. & Edmunds, L. H.: Distribution of systemic blood flow during cardiopulmonary bypass. *J. Appl. Physiol.*, 34, 194-200 (1973).
- 3) Julian, O. C., Lopez-Belio, M., Dye, W. S., Javid, H. & Grove, W. J.: The median sternal incision in intracardiac surgery. *Surgery*, 42, 753-757 (1957).
- 4) Grossi, E. A., Culliford, A. T., Krieger, K. H., Kloth, D., Press, R., Baumann, G. & Spencer, F. C.: A survey of 77 major infectious complications of mediansternotomy. *Ann. Thorac. Surg.*, 40, 214-223 (1985).
- 5) Thurer, R. J., Bognolo, D., Vargas, A., Isch, J. H. & Kaiser, G. A.: The management of mediastinal infection following cardiac surgery. an experience utilizing continuous irrigation with povidone-iodine. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 68, 962-968 (1974).
- 6) Cheung, E., Craver, J., Jones, E., Murphy, D. A., Hatcher, C. R. & Guyton, R. A.: Mediastinitis after cardiac valve operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 90, 517-522 (1985).
- 7) Bryant, L. R., Spencer, F. C. & Trinkle, J. K.: Treatment of median sternotomy infection by mediastinal irrigation with an antibiotic solution. *Ann. Surg.*, 169, 914-920 (1969).
- 8) Shumaker, H. B. & Mandelbaum, I.: Continuous antibiotic irrigation in the treatment of infection. *Arch. Surg.*, 86, 384-387 (1963).
- 9) Heath, B. & Bagnato, J.: Poststernotomy mediastinitis treated by omental transfer without postoperative irrigation or drainage. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 94, 355-360 (1987).
- 10) Scully, H., Leclerc, Y., Martin, R. D., Tong, C. P., Goldman, B. S., Weisel, R. D., Mickleborough, L. L. & Baird, R. J.: Comparison between antibiotic irrigation and mobilization of pectoral muscle flaps in treatment of deep sternal infections. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 90, 523-531 (1985).
- 11) Jurkiewicz, M. J., Bostwick, J., Hester, T. R., Bishop, J. B. & Craver, J.: Infected median sternotomy wound: successful treatment by muscle flaps. *Ann. Surg.*, 191, 738-743 (1980).
- 12) Pairolo, P. C. & Arnold, P. G.: Manag-

- ement of infected median sternotomy wounds. *Ann. Thorac. Surg.*, **42**, 1-2 (1986).
- 13) **Paierolo, P. C. & Arnold, P. G.**: Management of recalcitrant median sternotomy wounds. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **88**, 357-364 (1984).
- 14) **Majure, J., Albin, R., O'Donnell, R. & Arganese, T. J.**: Reconstruction of the infeted median sternotomy wound. *Ann. Thorac. Surg.*, **42**, 9-12 (1986).
- 15) **Lee, A. B., Schimert, G. & Shatkin, S.**: Total excision of the sternum and thoracic pedicle transposition of the great omentum; useful stratagems in managing severe mediastinal infection follwing open heart surgery. *Surgery*, **80**, 433-436 (1976).
- 16) **Nahai, F., Rand, R., Hester, T. R., Bostwick, J. & Jurkiewicz, M. J.**: Primary treatment of the infected sternotomy wound with muscle flaps: a view of 211 consecutive cases. *Plast. Reconstr. Surg.*, **84**, 434-441 (1989).
- 17) **Sarr, M. G., Gott, V. T. & Townsend T. R.**: Mediastinal infection after cardiac surgery. *Ann. Thorac. Surg.*, **38**, 415-423 (1984).
- 18) **Green, G. E.**: Internal, mammary artery-to-coronary artery anastomosis: three years' experience with 165 patients. *Ann. Thorac. Surg.*, **14**, 206-211 (1972).
- 19) **Tyras, D. H., Barnes, H. B., Kaiser, G. C., Codd, J. E., Pennington, D. G. & Willman, V. L.**: Bypass grafts to the left anterior descending coronary artery: saphenous vein versus internal mammary artery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **80**, 327-333 (1980).
- 20) **Culliford, A. T., Cunningham, J. H., Zeff, J. R., Isom, O. W., Teiko, P. & Spencer, F. C.**: Sternal and costochondral infections following open-heart surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **72**, 714-726 (1976).
- 21) **Loop, F. D., Lytle, B. W., Cosgrove, D. M., Mahfood, S., McHenry, M. C., Goormastie, M., Stewart, R. W., Golding, L. A. & Taylor, P. C.**: Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity, and cost of cate. *Ann. Thorac. Surg.*, **49**, 179-187 (1990).
- 22) **Kouchoukos, N. T. Wareing, T. H., Murphy, S. F., Pelate, C. & Marshall, W. G.**: Risks of bilateral internal mammary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.*, **49**, 210-219 (1990).
- 23) **Arnold, M.**: The surgical anatomy of sternal blood supply. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **64**, 586-610 (1972).
- 24) **Grmoljez, P. F. & Barner, H. B.**: Bilateral internal mammary artery mobilization and sternal healing. *Angiology*, **29**, 272-274 (1978).
- 25) **Bahn, C. H. & Holloway, G. A.**: Effect internal mammary artery mobilization on sternal blood flow. *Chest*, **98**, 878-880 (1990).
- 26) **Ottino, G., DePaulis, R., Pansini, S., Rocca, G., Tallone, M. V., Comoglio, C., Costa, P., Orzan, F. & Morea, M.**: Major sternal wound infection after open-heart surgery: a multivariate analysis of risk factors in 2,579 consecutive operative procedure. *Ann. Thorac. Surg.*, **44**, 173-179 (1987).
- 27) **Lust, R. M., Sun, Y. S. & Chitwood, W. R.**: Prolonged, lateralized sternal devascularization with internal mammary artery mobilization and increased experimental infection rate following bilateral use. *Surg. Forum*, **46**, 313-314 (1990).
- 28) **Lust, R. M., Kasagi, Y., Chapman, S. F., Morrison, R. F., Sun, Y. S. & Chitwood, W. R.**: Influence of unilateral and bilateral internal mammary artery takedown on sternal blood flow. *Circulation*, **76**, (suppl IV), IV488 (1987).
- 29) **Lust, R. M., Kasagi, Y., Morrison, R. F., Sun, Y. S., Austin, E. H. & Chitwood, W. R.**: Residual sternal ischemia following median sternotomy repair despite retention of one intact internal mammary artery. *Circulation*, **78**, (suppl II), II477 (1988).
- 30) **Seyfer, A. E., Shriver, C. D., Miller, T. R. & Graeber, G. M.**: Sternal blood flow and mobilization of the internal mammary arteries. *Surgery*, **104**, 899-904 (1988).



**Study on Chest Wall Ischemia after IMA Harvesting** Tohru Asai, Department of Surgery (I), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Juzen Med. Soc., **100**, 157—164 (1991)

**Key words** in situ technique, internal mammary artery, skeleton technique, sternal ischemia

#### Abstract

The Blood flows of sternum and chest wall components were studied to determine any difference in the ischemic phenomenon of internal mammary artery (IMA) harvesting, by using two different techniques. Eight dogs underwent median sternotomy and bilateral IMA harvesting. On each dog, in a randomized fashion one IMA was harvested as a skeletonized artery and the other was taken down as an in situ pedicle, which included the internal mammary vein, muscles and its surrounding soft tissue. The vessels were then divided and ligated distally. Microspheres, fifteen micrometers in diameter, labeled with radioisotopes, were used with standard reference sample technique to measure the blood flow distribution, at the baseline, after sternotomy, after IMA harvesting and closure of chest, and each tissue component was harvested. The blood flows of the manubrium, sternal body, intercostal muscles and ribs were significantly decreased, regardless of the harvesting technique; from  $8.97 \pm 0.63$ ,  $8.76 \pm 0.66$ ,  $10.72 \pm 1.94$  and  $7.07 \pm 0.78$  ml/min/100 g at baseline to  $4.73 \pm 1.38$ ,  $1.28 \pm 0.27$ ,  $2.98 \pm 0.53$  and  $2.50 \pm 0.48$  ml/min/100 g after harvesting the IMA by the in situ technique and to  $3.67 \pm 0.82$ ,  $2.60 \pm 0.68$ ,  $3.08 \pm 0.69$  and  $3.33 \pm 0.54$  ml/min/100 g after harvesting by the skeleton technique respectively (means  $\pm$  SEM.  $p < 0.05$ , intercostal muscles.  $p < 0.01$ , others. repeated measures ANOVA). In addition, the magnitude of this ischemia was more prominent with the in situ harvesting technique in sternal body and ribs ( $p < 0.01$ ). The results confirm that harvesting an IMA graft by either technique significantly decreases sternal blood flow as well as the blood flow of chest wall components. These results suggest that by minimizing the mobilization of tissue during IMA harvesting it decreases ischemia and the incidence of postoperative sternal wound infection associated with IMA harvesting.