

術中断層心エコー図法による冠状動脈の描出

Coronary artery imagings by intraoperative two-dimensional echocardiography

宮沢 総介
鈴木 茂
佐々木達海
中村 譲
森田紀代造
水野 朝敏
新井 達太

Sosuke MIYAZAWA
Shigeru SUZUKI
Tatsuumi SASAKI
Yuzuru NAKAMURA
Kiyozo MORITA
Asatoshi MIZUNO
Tatsuta ARAI

Summary

Using a new diagnostic ultrasonographic apparatus for tomographic imagings during surgery, we attempted to image the coronary arteries to delineate vascular lesions. Twenty patients were studied, including four with ischemic heart disease, eight with valvular disease, and eight with congenital anomalies. A T-shaped, 7.5 MHz electronically-focused linear array scanner sterilized with formalin gas was placed directly over the exposed surface of the heart. Echocardiograms of the coronary systems were obtained in the following selected planes.

Plane 1: With the scanner probe on the main pulmonary artery, the main trunk of the left coronary artery (LMT) was imaged;

Planes 2 and 3: Tomographic imaging of the left anterior descending artery (LAD) was accomplished with the probe of the scanner applied to the anterior interventricular sulcus;

Planes 4 and 5: For imaging the right coronary artery (RCA), the scanner probe was placed over the right atrioventricular groove.

The LMT and its branches (LAD and the circumflex branch, Cx) were readily visualized echocardiographically in plane 1 in nearly all cases examined. Satisfactory imagings of the RCA were also easily achieved in planes 4 and 5. Nevertheless, attempts to image the LAD in planes 2 and 3 entailed some difficulty.

Echograms of adult patients were of higher intensity and brighter, with an increased prominence of the intima of the coronary arteries, compared to those of children. The echocardiographic features in coronary artery stenosis were remarkably consistent with the angiographic findings in respect to the location of stenotic lesions.

Advantages of echographic observations of the coronary arteries using this noninvasive procedure lie not only in providing accurate information as to the site of stenosis but in delineating the morpho-

東京慈恵会医科大学 心臓外科
東京都港区西新橋 3-19-18 (〒105)

Department of Cardiovascular Surgery, Jikei University School of Medicine, Nishishinbashi 3-19-18, Minato-ku, Tokyo 105

Received for publication July 26, 1984; accepted September 7, 1984 (Ref. No. 28-56)

logic features of the vessel wall, as well. Using this procedure optimal sites for vascular graft sutures in cases requiring aorto-coronary bypass surgery may be appropriately selected, hence this is a valuable diagnostic aid to increase the safety of surgical procedures.

Key words

Intraoperative echocardiography Coronary artery

はじめに

冠動脈の画像診断は今日でも冠動脈造影法(CAG)に頼らざるをえず,超音波断層装置の有用性は,拡大した冠動脈瘤や冠動脈のごく起始部に限って認められているにすぎない¹⁻³⁾.

今回我々は新たに開発された術中専用断層エコー装置を用い,開心術中に直接心表面に当てた探触子により冠動脈の描出を試み,鮮明な画像を得ることに成功した.術中断層エコー図法の有用性については既に多くの報告があるが⁴⁻⁹⁾,冠動脈を対象としたものは少なく⁷⁾,しかも明瞭,かつかなりの長さにわたって描出したという論文はない.今後,本法が心臓外科領域で有用な検査法となると考えられるので報告する.

対象と方法

20例の開心術症例に対して冠動脈の描出を試みた.その内訳は先天性心疾患8例(心房中隔欠損症4例,ファロー四徴症3例,両大血管右室起始症1例),弁膜症8例(僧帽弁狭窄症4例,僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症2例,大動脈閉鎖不全症1例,僧帽弁狭窄兼三尖弁閉鎖不全症1例),および冠動脈狭窄症4例である.

Fig. 1 に示すように,室温24時間でホルマリンガス消毒した探触子を直接心表面に当て,冠動脈を描出した.心エコー図の記録には,**Fig. 2** に示すごとく,①~⑤の断面を用いた.

断面①は左冠動脈主幹部(LMT)を観察するためのものである.主肺動脈上に探触子を当てると,肺動脈後方を廻る左冠動脈を描出することができ,多くの場合,分枝する回旋枝(Cx)の起始部が観察できた.断面②,③は左冠動脈前下行枝

(LAD)を描出するためのもので,前室間溝に直接探触子を当て記録した.断面④,⑤は右冠動脈(RCA)を観察するためのもので,右房室間溝に直接探触子を当てて描出した.断面②~⑤では探触子から冠動脈までの距離は5mm前後となるので,このため,より明瞭な画像を得る目的で,探触子に人体と同じ音響特性をもつゴム材料から成るエコーカップラーを取りつけて描出する試みも行った.記録はVTRおよびポラロイド写真撮影にて行った.

装置

アロカ製術中専用断層エコー装置SSD-330を用いた.探触子は7.5MHzのリニアスキャンで,焦点(focus)は約1,2.5,4cmの3段階可変である.今回は冠動脈の描出に的を絞りを,焦点はもっとも短いものを選択した.このさい,焦点付近でのビーム幅は約1mm(-6dB点をとる場合)となる.また,この装置には5.0MHzの探触子も用意されており,この場合の焦点は約2,4,6cmの3段階可変である.Dynamic focusも可能で,この場合,1cm~10cm前後の深さまで描出でき,冠動脈だけでなく,心臓全体が観察可能であった.

結 果

良好な画像の得られた症例の中から,4例を選んで提示する.

症例1: 12歳,女性,心房中隔欠損症

Fig. 3 は本症例の左冠動脈起始部を断面①で描出したものである.大動脈からLMTが起始し,LADとCxに分枝するのが分る.**Fig. 4** は同症例のLADを断面②,③で描出したもので,長い距離にわたって連続像として捉えることができる.LADから起始し,探触子から遠ざかる方向

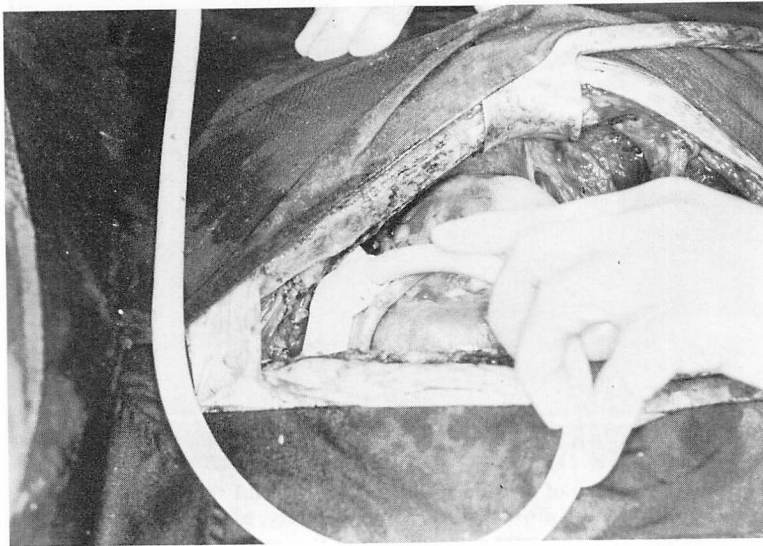


Fig. 1. Echocardiographic technique to image the coronary artery during surgery.

Echocardiograms are obtained for imaging the coronary arteries with a T-shaped linear scanner placed directly over the surface of the heart. The scanner is sterilized with formalin gas for 24 hours at room temperature.

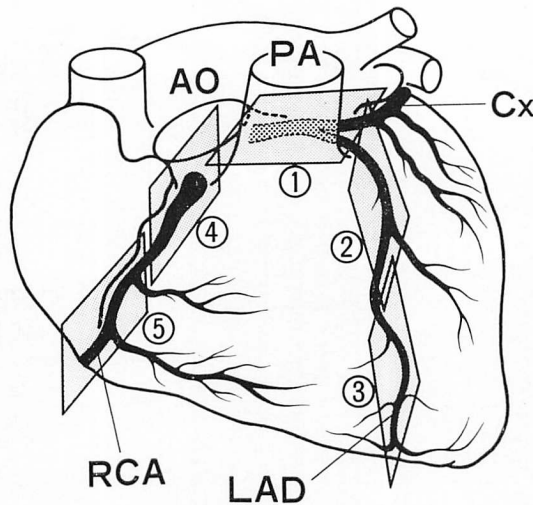


Fig. 2. Five planes for imaging coronary arteries.

Plane 1 is for imaging the left main coronary artery (LMT). With the scanner probe positioned over the main pulmonary trunk (PA), the LMT which is situated behind the PA can be visualized in most instances to the origin of its circumflex branch. Planes 2 and 3 are chosen to attain images of the left anterior descending artery (LAD) by placing the probe directly over the anterior interventricular sulcus. For evaluating the right coronary artery (RCA), images on planes 4 and 5 taken with the probe applied directly over the surface of the right atrioventricular groove are examined.

AO=aorta; PA=pulmonary artery; RCA=right coronary artery; LAD=left anterior descending artery; Cx=left circumflex branch.

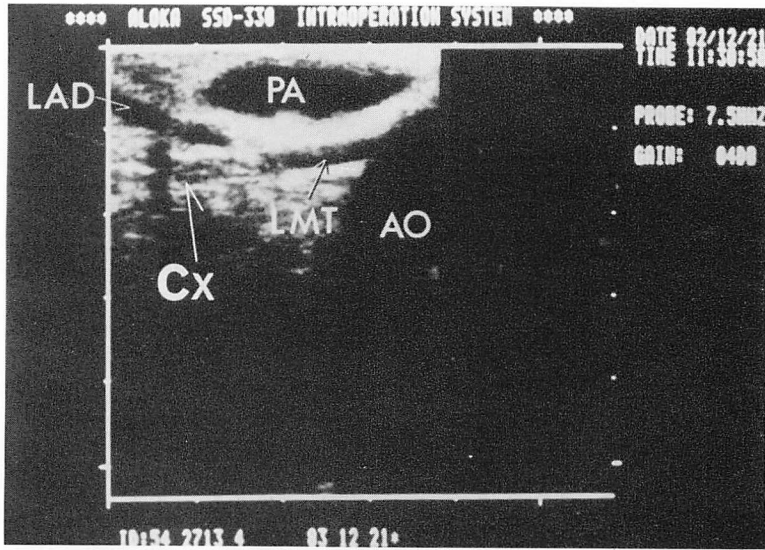


Fig. 3. Left coronary artery of a 12-year-old girl with atrial septal defect.

An echocardiogram shows the proximal left coronary artery, as viewed on plane 1. The echogram depicts the LMT arising from the aorta and sending out the branches including LAD and Cx.

PA=pulmonary artery; LAD=left anterior descending artery; Cx=left circumflex branch; LMT =main trunk of the left coronary artery; AO=aorta.

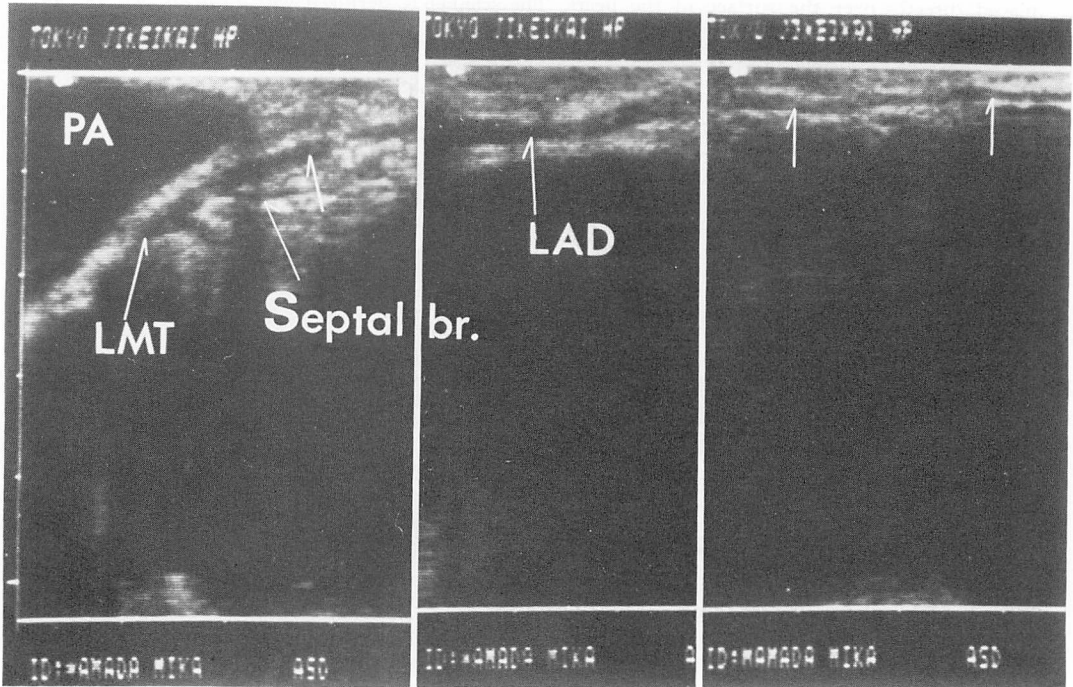


Fig. 4. LAD of the same patient as in Fig. 3.

Continued imagings of the coronary vessel is accomplished by the proximal-to-distal scanning. The branch arising from the LAD and running away from the scanning device seems to be the perforating branch to the interventricular septum.

PA=pulmonary artery; LMT=main trunk of the left coronary artery; LAD=left anterior descending artery. Septal br.=septal perforating branch of LAD.

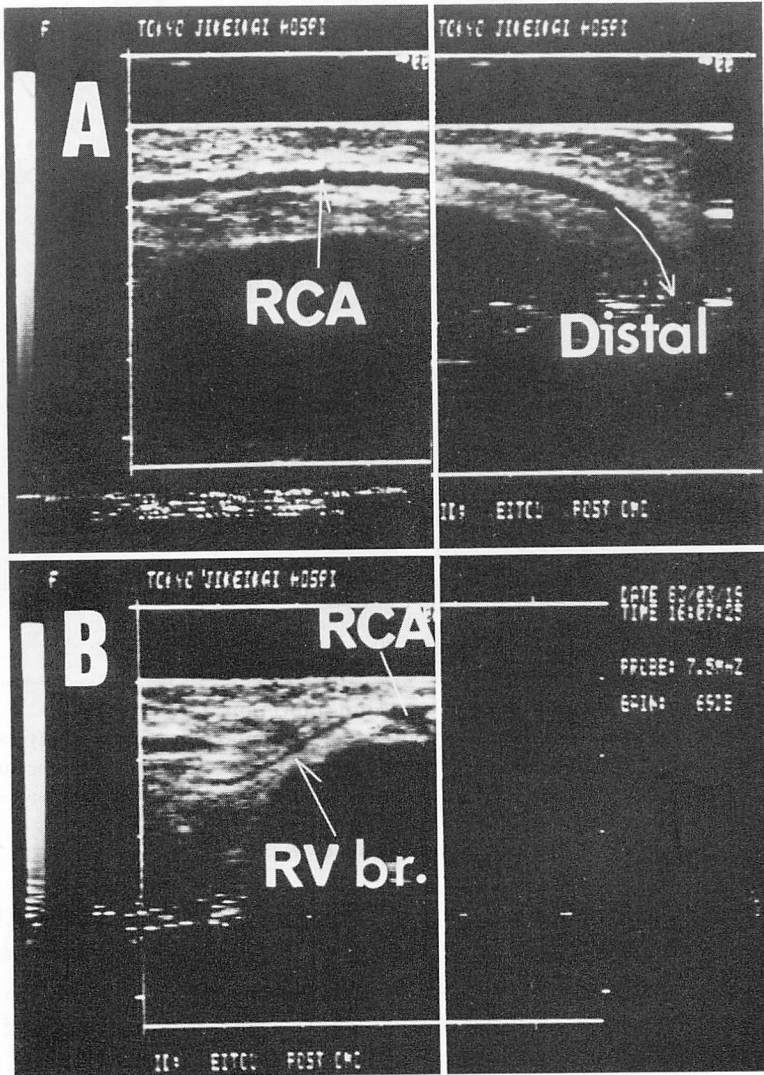


Fig. 5. RCA of a 59-year-old woman with mitral stenosis.

In Fig. 5A, the midportion of the RCA is visualized. It is noted that the artery shows a much greater echo brightness and thickness of its intima, compared to that in the foregoing cases of a young girl. There is no evidence of stenosis whatsoever. A small arterial branch of about 1 mm in diameter, probably the acute marginal branch, is imaged in Fig. 5B as viewed with the scanner probe slightly altered in angle.

RCA=right coronary artery; RV br.=right ventricular branch (acute marginal branch).

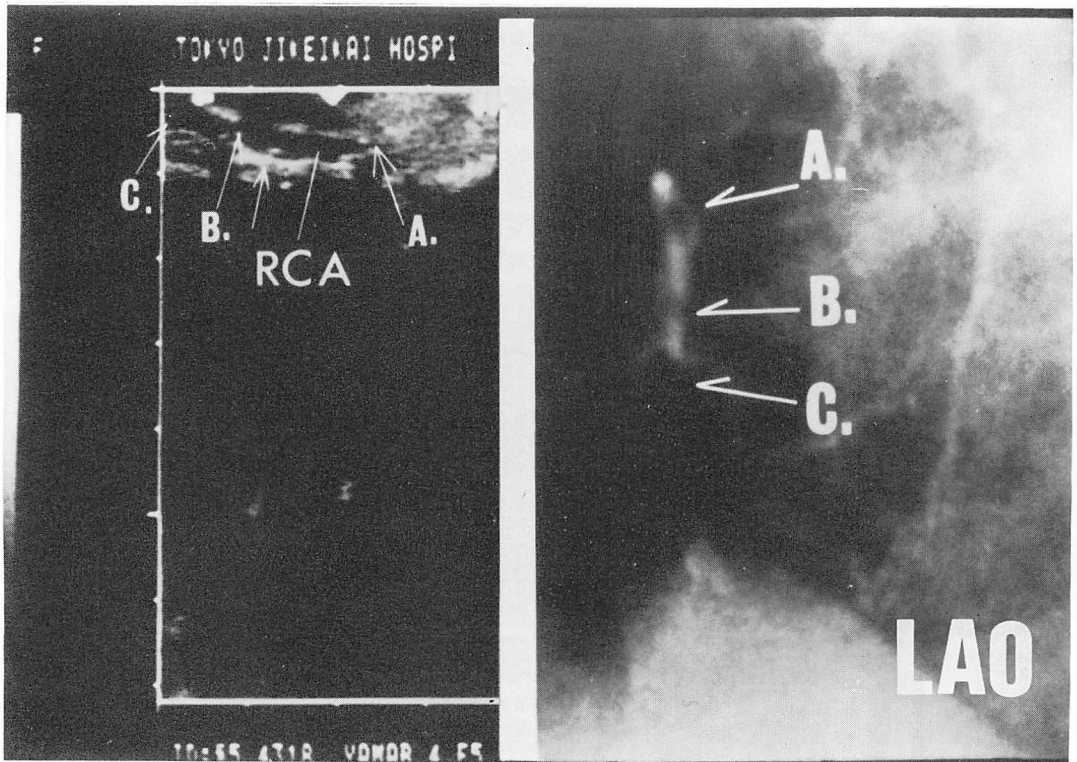


Fig. 6. RCA of a 41-year-old man with myocardial infarction.

The RCA is demonstrated by cineangiography to be totally occluded in its proximal portion, along with visualization of its mid-portion via a bridge collateral and with peripheral reocclusion. The 2-D echogram of the vessel reveals irregular, uneven intimal surfaces with stenotic lesions at A and B in this figure.

RCA=right coronary artery. LAO=left anterior oblique view.

に向かう枝は中隔枝と考えられる。

症例 2: 59 歳, 女性, 僧帽弁狭窄症

Fig. 5 は本症例の RCA を断面④, ⑤で描出したものである。**Fig. 5A** では RCA の中間部が描出されている。前記の小児例に比べて, 内膜面のエコー輝度が強いが, 狭窄は認められない。**Fig. 5B** は同症例で探触子の方向を僅かに変えた時に描出されたもので, 右室枝 (acute marginal branch) と考えられ, 直径は約 1 mm である。

症例 3: 41 歳, 男性, 心筋梗塞

Fig. 6 は本症例の RCA である。CAG では完全閉塞ののち bridge collateral を介してその末梢が造影されるが, 再び閉塞している。この部

分をエコー図法で観察すると, 血管内腔が凹凸不整で, A と B の部分で狭窄が認められる。**Fig. 7** は同症例の左冠動脈 (LCA) である。CAG では LAD に 99% 狭窄を認め, Cx にも 75% の狭窄を有する。エコー図法断面②で LAD を観察すると, D と F で狭窄がみられる。

症例 3: 54 歳, 男性, 心筋梗塞

Fig. 8 は本症例の RCA である。CAG では, 起始部に 50% の狭窄を認め, RCA より側副血行路を介して LAD が造影される。エコー図法断面④で観察すると, 内腔に突出する輝度の強いエコーがみられ, atherosclerotic plaque と考えられる。**Fig. 9** は同症例の LCA で, LAD の

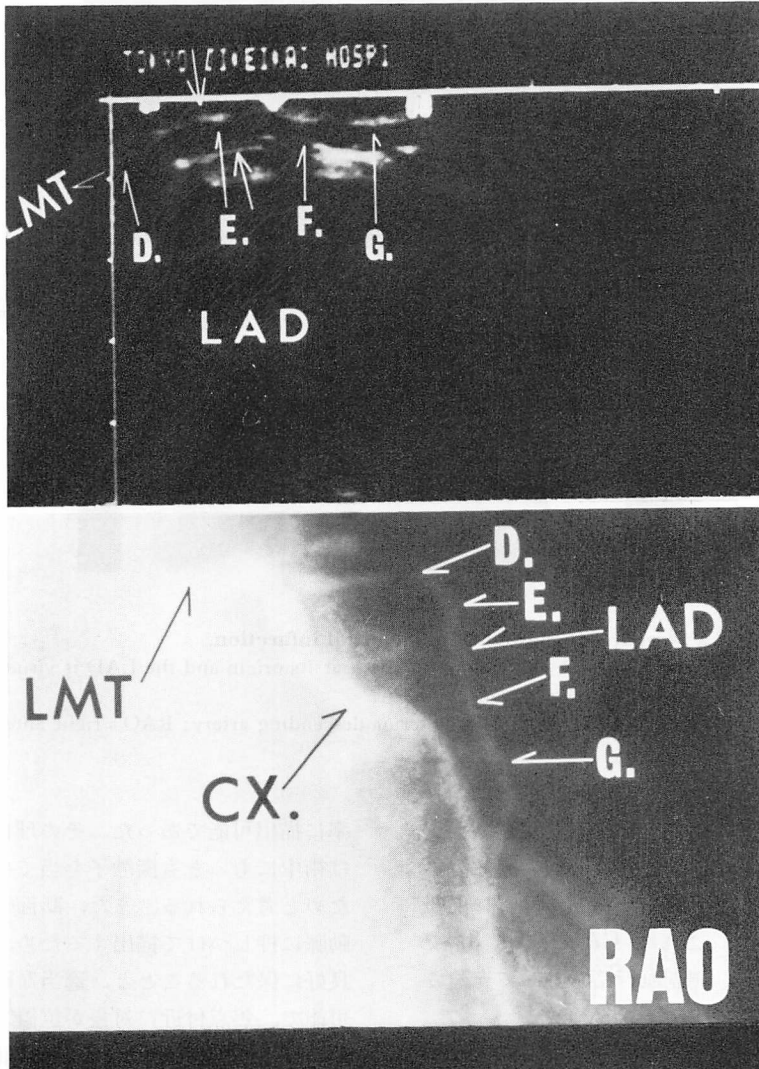


Fig. 7. LCA of the same patient as in Fig. 6.

The LAD is stenosed by 99% cineangiographically. The vessel is significantly narrowed at D and F, and dilated at E and G on the 2-D echogram.

LMT=main trunk of the left coronary artery; Cx=left circumflex branch; LAD=left anterior descending artery; RAO=right anterior oblique view.

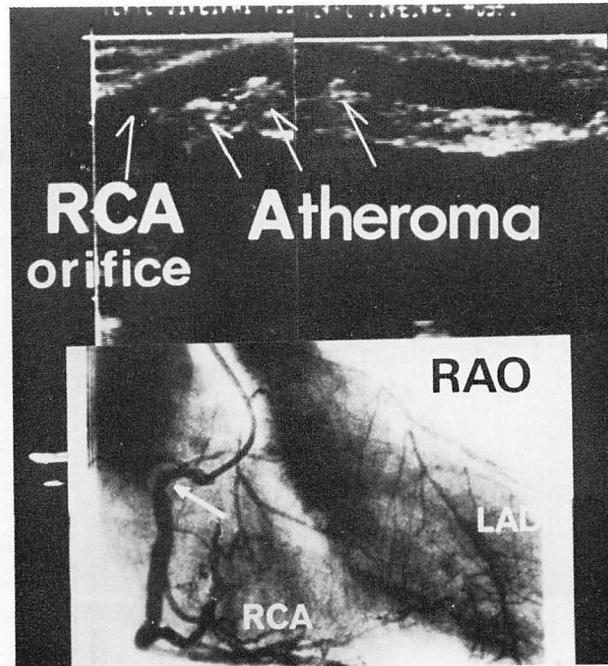


Fig. 8

Fig. 8. RCA of a 54-year-old man with myocardial infarction.

By cineangiography, the RCA has a 50% stenosis at its origin and the LAD is visualized by collateral flow via the septal perforators from the RCA.

RCA=right coronary artery; LAD=left anterior descending artery; RAO=right anterior oblique view.

完全閉塞を認める. この部分をエコー図法断面①で観察すると, 内腔が消失した部分が見える. これより末梢側を断面②で観察すると, 徐々に内径を増す血管が出現し, これは CAG (Fig. 8) でみられた RCA より, 側副血行路を介して充盈された LAD と考えられる.

考 察

心臓手術では, 心筋保護液で心停止を得た後は, 手術操作に専念するため, 術中エコー図法による冠動脈の観察は大動脈遮断前と遮断解除後に行った. このため, 拍動中の心臓に直接探触子を当てざるをえず, 冠動脈の描出は弁などの他の心内構造物の描出ほど容易ではない. とはいえ, RCA 起始部(断面④)および LMT (断面①)は高

率に描出可能であった. その理由として, 断面④は術中にもっとも探触子を当てやすい部分であるためと考えられる. また, 断面①は探触子を主肺動脈に押しつけて描出するため, 探触子の固定が良好に保たれることと, 適当な距離をおくことが可能で, 焦点付近に対象が位置するためと考えられる. これに対して, LAD (断面②, ③)では探触子を左側奥へ入れなくてはならず, 操作性に問題があるため, 描出できる率は低い. Cx および RCA 末梢 (posterior descending branch, atrioventricular branch) を描出するためには, 心臓の下へ探触子を入れなくてはならず, 安全性を考慮して今回は描出を試みなかったが, 今後, 探触子の形状を工夫すれば, 比較的安全に行いうるものと考えられる.

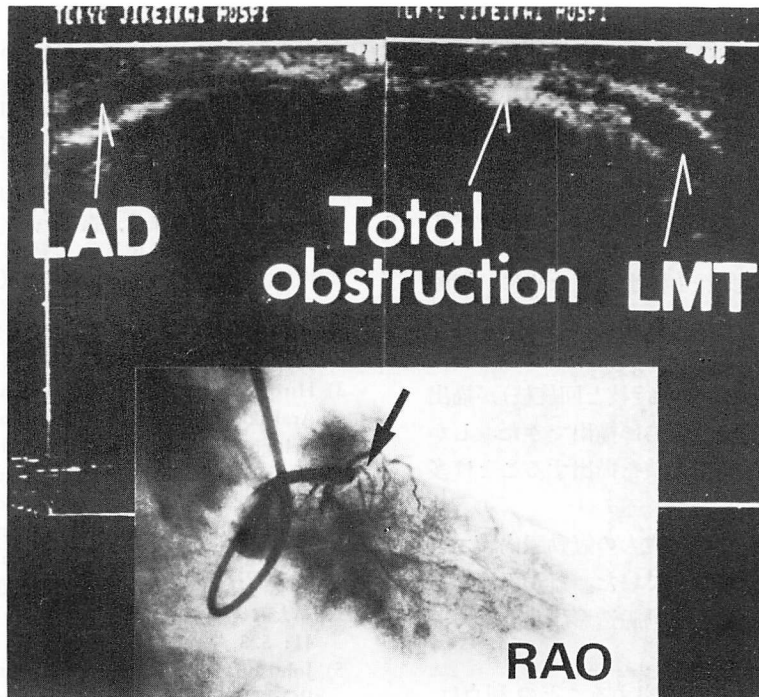


Fig. 9

Fig. 9. LCA of the same patient as in Fig. 8.

The angiogram demonstrates a total obstruction of the LAD. By echography, this portion of the vessel is seen devoid of luminal space, while in the area distal to it, a blood vessel with progressively increasing inner diameter is observed. This might be the distal portion of the LAD, which contains contrast medium infused via the RCA.

LAD=left anterior descending artery; LMT=main trunk of the left coronary artery; RAO=right anterior oblique view.

本法は、術中においてのみ行いうる方法であるが、他の検査法と比べて、いくつかの利点を持っている。CAGは血管内腔の充盈像を描出する方法で、血管壁の状況を詳細に診断することはできず、かつ侵襲的方法である。ファイバースコープ法は血管内腔を肉眼的に観察できるという優れた点を有するが、やはり血管壁全層の観察は不可能と思われ、しかもエコー図法に比してより侵襲的である。すなわち、本報告における断層心エコー図法では、術中における心臓に対して非侵襲的に冠動脈病変部を観察でき、さらに血管壁全層の情報得られるという利点を有する。

A-C バイパス術では、冠動脈病変の存在部位

を正確に認識し、もっともふさわしい部分へグラフト縫合を行うべきである。そのために、これまではCAG所見を参考にしてきたが、どの部分へグラフトを縫合すべきかという点では多分に経験的であり、客観性に乏しいものであった。本法を用いれば、グラフト縫合のための最適部位を縫合直前に確認することが可能で、より理想的な手術への一助となると思われる。

要 約

新たに開発された術中専用断層エコー装置を用いて、冠動脈の描出を試みた。対象は虚血性心疾患4例、弁膜症8例、先天性心疾患8例の計20例

である。ホルマリンガス消毒した T 型のリニア型探触子 (発振周波数 7.5 MHz) を直接心臓に当て、次の 5 つの断面を用いて冠動脈を観察した。

断面①: 探触子を主肺動脈上に置き、これを通して左冠動脈主幹部を描出する。

断面②, ③: 左前下行枝を描出するために探触子を前室間溝に当てる。

断面④, ⑤: 右冠動脈を描出するために、探触子を右房室間溝に当てる。

断面①では、ほとんどの症例において容易に左冠動脈主幹部とその枝(前下行枝と回旋枝)が描出できた。また右冠動脈も容易に描出できた。しかし、断面②, ③で左前下行枝を描出することは多少難しかった。

小児の冠動脈に比して、成人の冠動脈内膜エコー輝度は強く、かつ肥厚していた。冠動脈狭窄症における狭窄の部位は、冠動脈造影所見とよく一致した。

冠動脈をエコー図法で観察することの利点は、狭窄部位が分ることに加えて、壁の性状が容易、かつ無侵襲的に観察できるところにある。本法を用いることによって、グラフト縫合のための最適部位を確認することが可能であり、したがってこの方法はより安全性の高い手術への一助となると考えられる。

文 献

- 1) Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC, Johnson KW, Eggleton RC: Noninvasive visualization of the left main coronary artery by cross-sectional echocardiography. *Circulation* **54**: 169, 1976
- 2) 松尾裕英, 松本正幸, 濱中康彦, 永田正毅, 別府慎太郎, 大原龍彦, 土井光徳, 千田彰一, 仁村泰治, 山田義夫, 川島康生, 森 透, 河内寛治, 播磨良一, 大國英和, 小塚隆弘, 藤野正興, 太田光重: 急性熱性皮膚粘膜リンパ節症候群 (MCLS) における冠動脈瘤の超音波像について: 扇形電子走査型超音波心臓断層法 (第 9 報). *日超医講演論文集* **31**: 139, 1977 (抄)
- 3) Hirose O, Misawa H, Kijima Y, Yamada O, Arakaki Y, Kajino Y, Ryuji Y, Kowata T, Echigo S, Kamiya T. Two-dimensional echocardiography of coronary artery in Kawasaki disease (MCLS): Detection, changes in acute phase, and follow-up observation of the aneurysm. *J Cardiology* **11**: 89, 1981 (in Japanese)
- 4) 末永義人, 伊佐治文朗, 田中 稔, 阿部稔雄, 弥政洋太郎: 術中心エコー図の意義. *日超医講演論文集* **41**: 523, 1982 (抄)
- 5) Johnson ML, Holmes JH, Spangler RD, Paton BC: Usefulness of echocardiography in patients undergoing mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* **64**: 922, 1972
- 6) Spotnitz HM, Malm JR: Two-dimensional ultrasound and cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* **83**: 43, 1982
- 7) Sahn DJ: Cross-sectional ultrasonic imaging of the coronary arteries in open chested humans; The evaluation of coronary atherosclerotic lesions at surgery. *Am J Cardiol* **47**: 403, 1981 (abstr)