

心房中隔穿刺術のガイドとしての 経皮的左心バイパス補助循環法の有用性に 関する検討

Usefulness of Intracardiac Echocardiography for Guidance of Transseptal Puncture Procedure

宮本 直政
許 俊 鋭
元 山 猛
洪 瑞 松*
鈴木 成雄
相 原 聡
松 村 誠
尾本 良三
土 肥 豊
松尾 博司

Naomasa MIYAMOTO
Shunei KYO
Takeshi MOTOYAMA
Jui-Sung HUNG*
Shigeo SUZUKI
Satoshi AIHARA
Makoto MATSUMURA
Ryozo OMOTO
Yutaka DOHI
Hiroshi MATSUO

Abstract

The clinical usefulness of intracardiac echocardiography (ICE) for the guidance of transseptal puncture procedure during percutaneous left heart bypass support (PLHBS) and percutaneous transvenous mitral commissurotomy (PTMC) was investigated to replace intraoperative transesophageal echocardiography monitoring which requires mild sedation and causes patient discomfort. The ICE procedure was assessed in 3 patients with PLHBS and 18 with PTMC using a 10 MHz rotating 8 French probe system especially developed for the purpose.

Transseptal puncture procedure was observed by intraoperative ICE monitoring in the right atrium. The ICE images showed the transseptal puncture (Brokenbrough) needle as a point casting an acoustic shadow. By moving the ICE probe up and down, the excursion of the needle and its approach to the septal wall could be clearly observed. If the puncture needle is forced into the intra-atrial septum, the septal wall was clearly observed to protrude into the left atrium (tent-formation). In a tent-formation the puncture site could be determined by ICE alone.

Intracardiac echocardiography guidance was useful and may improve the safety and reliability of the transseptal puncture procedure in PLHBS and PTMC.

Key Words

echocardiography (intracardiac), transseptal puncture, percutaneous left heart bypass support, percutaneous transvenous mitral commissurotomy

はじめに

カテーテルインターベンションにおける心房中隔穿刺術は、経皮的左心バイパス補助循環法 (percutaneous

left heart bypass support : PLHBS) や経皮的僧帽弁交連裂開術 (percutaneous transvenous mitral commissurotomy : PTMC) の施行において必須のカテーテル手技である¹⁻⁷⁾。この心房中隔穿刺術は多くの施設で X 線透視

埼玉医科大学 心臓病センター：〒350-04 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38

Saitama Heart Institute, Saitama Medical School, Moroyama-machi, Saitama; *Department of Cardiology, Chang Gung Medical College, Taipei, Taiwan, Republic of China

Address for reprints : MIYAMOTO N, MD, Saitama Heart Institute, Saitama Medical School, Morohongo 38, Moroyama-machi, Iruma-gun, Saitama 350-04

Received for publication April 8, 1994; accepted July 28, 1994

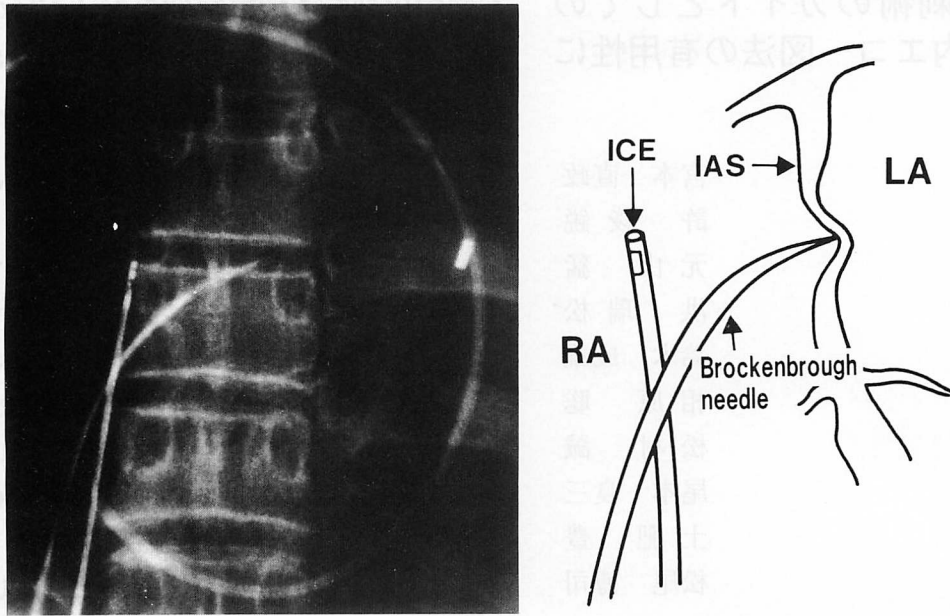


Fig. 1 Fluoroscopic image of the transseptal puncture procedure using ICE monitoring
 ICE=intracardiac echocardiography; IAS=intra-atrial septum; RA=right atrium; LA=left atrium

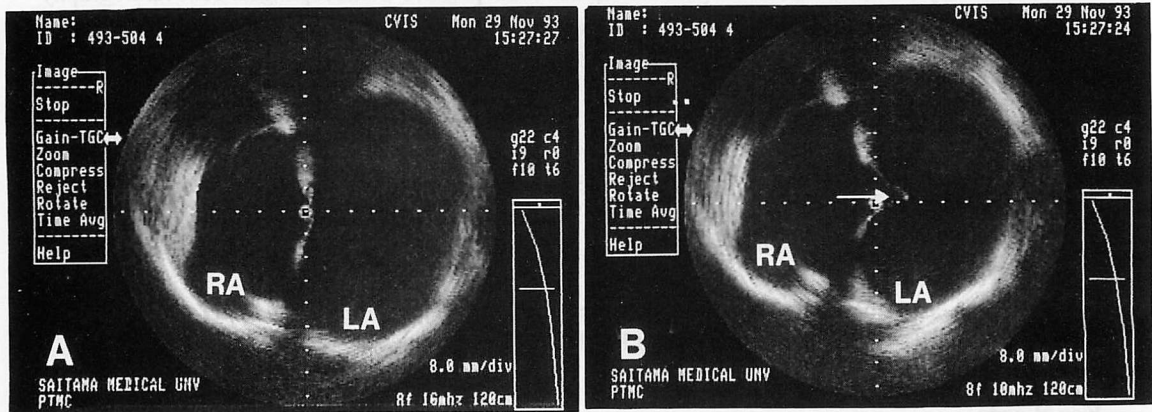


Fig. 2 ICE images of both atria and the intra-atrial septum
 A : Before the puncture procedure.
 B : Tent-formation (arrow) of the intra-atrial septum produced by a Brockenbrough needle during the transseptal puncture.
 Abbreviations as in Fig. 1.

下で術者の経験に頼って行われているのが現状である。しかし心房中隔穿刺術は心臓カテーテル法の最も高度な技術を必要とする手技の一つであり、合併症として誤穿刺による心タンポナーデを引き起こす危険性が常に存在する^{8,9)}。これはしばしば致命的合併症となり、誤穿刺が原因の死亡例が報告されている^{10,11)}。この心房中隔の誤穿刺は今後 PLHBS 法や PTMC 術の普及

とともに、さらに増加する可能性があり、心房中隔穿刺術の施行には安全・確実なガイドの開発が必要と考えられる。

本研究の目的は、心房中隔穿刺術における経皮的心腔内エコー図法 (intracardiac echocardiography : ICE) のガイドとしての使用方法を確立し、その臨床的有用性を検討することである。

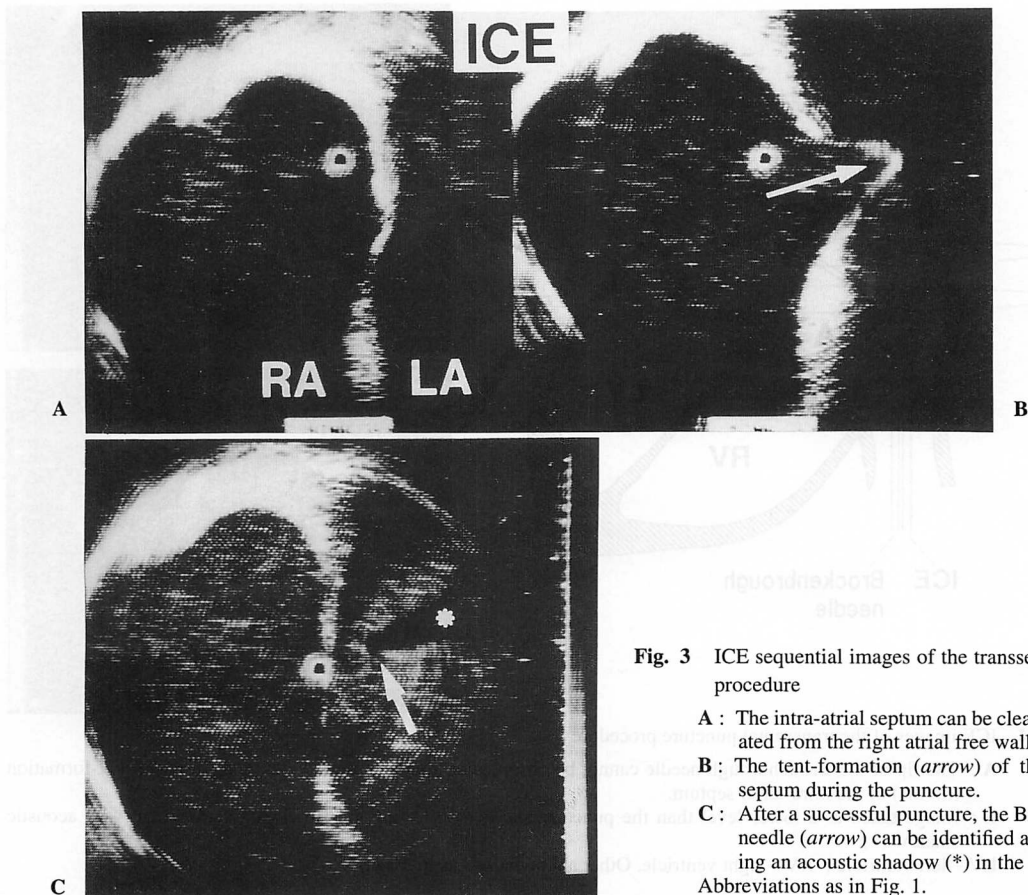


Fig. 3 ICE sequential images of the transseptal puncture procedure

A : The intra-atrial septum can be clearly differentiated from the right atrial free wall.
B : The tent-formation (arrow) of the intra-atrial septum during the puncture.
C : After a successful puncture, the Brockenbrough needle (arrow) can be identified as a point casting an acoustic shadow (*) in the left atrium.
 Abbreviations as in Fig. 1.

対象と方法

急性心不全に対してPLHBSを施行した3例(全例男)および僧帽弁狭窄症に対してPTMCを施行した18例(男3例, 女15例)の合計21例(平均年齢 58 ± 9.5 歳, 36-71歳)を対象とした。

方法はPLHBS施行症例では左房脱血管挿入部より, PTMC施行症例では井上バルーンカテーテル挿入部位より約5-10mm末梢側の右大腿静脈に8Frのシースを挿入し, ここよりICE探触子を経皮的に右房内に挿入留置して, 一連の心房中隔穿刺手技を連続的に観察した(Fig. 1)。ICE探触子は, 検者自身がカテーテル手技中に常に観察したい位置に上下に出し入れし留置した。

超音波診断装置はアロカ製心腔内エコー装置ALOKA-PROTOTYPEまたはCVIS製血管内エコー装置を用い, 両社とそれぞれ共同開発した発振周波数10MHzでサイズは8Frの探触子回転型ICE探触子を

使用した。

全例において, 本研究の目的および起こりうる合併症について患者および家族に説明し, 文章による承諾を得た。

結 果

1. ICE探触子は全例でなんら問題なく右房内に挿入留置が可能であった。上大静脈または高位右房のレベルから, ICEにより心腔内を観察しながら探触子を徐々に引き抜くと, 左房および心房中隔が観察できた。さらに探触子を上下に移動しながら心房中隔を観察すると, 明らかに壁厚の薄い卵円窩が同定可能であった(Fig. 2)。

2. 全例でICE画像上心房中隔穿刺針およびMullin Sheathは輝点として観察され, 穿刺針の後方には扇状にacoustic shadowが認められた(Fig. 3)。

3. ICE探触子を上下に移動しながら心腔内を観察することで, 穿刺針の先端部の高さや位置および走行

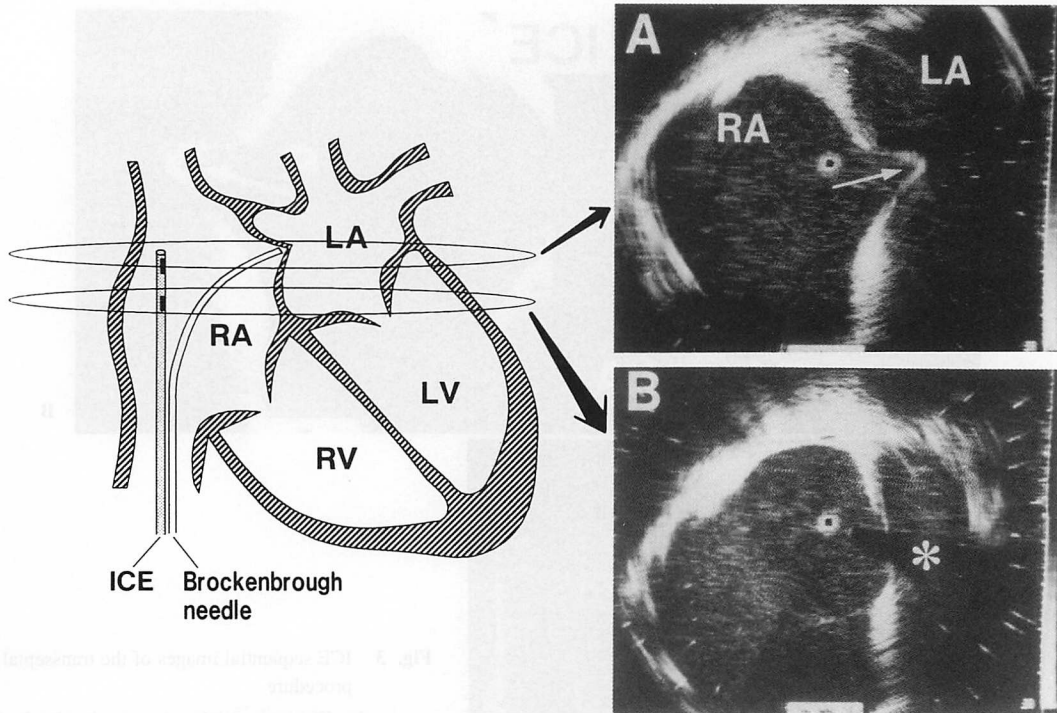


Fig. 4 ICE images of the transseptal puncture procedure

A : The tip of the Brockenbrough needle cannot be observed at the puncture site where there is the tent-formation (arrow) of the intra-atrial septum.

B : Image taken at a lower level than the puncture site demonstrating the Brockenbrough needle with acoustic shadow (*).

LV=left ventricle ; RV=right ventricle. Other abbreviations as in Fig. 1.

状態，さらに心房中隔面と穿刺針との位置関係が推定できた (**Fig. 4**).

4. Brockenbrough 針を軽く心房中隔に押しつけると，心房中隔壁がテント状に左房側に張り出すのが明瞭に観察でき，とくに穿刺部位が卵円窩にあるときには，左房側への張り出しは大きく先鋭化したテント状になり (tent-formation)，穿刺部位の同定が可能であった (**Figs. 2-4**).

5. ICE 画像上，穿刺針の後方に出現する扇状の acoustic shadow により，心房中隔壁の一部に描出不能な部位が認められたが (**Fig. 4**)，穿刺針を動かすことで全方向の描出が可能であった。

6. 心房中隔穿刺後，Brokenbrough 針から生理食塩水を注入することで，全例に左房内にコントラストエコーが観察され，穿刺針が左房内に確実に挿入されたことの確認が可能であった。

7. PLHBS 症例では，経心房中隔左房脱血管が下大静脈から右房，さらに心房中隔を通過して左房へ挿入留置されているのが明瞭に観察できた (**Fig. 5**)。左房脱血

管の心腔内での走行状態が把握可能であった。

8. 全例においてなんら合併症を認めることなく，心房中隔穿刺術が安全かつ迅速に施行できた。

考 案

経皮的左心バイパス補助循環法 (PLHBS) は 1962 年 Dennis らにより臨床に導入されたが，経心房中隔的脱血カニューレの安全な左房内への挿入留置が，高度なカテーテル操作技術を必要としたため^{8,9)}，その後広範な臨床使用には至らなかった。近年，心停止症例や心原性ショック症例および supported PTCA (percutaneous transluminal coronary angioplasty) における経皮的心肺補助循環法の有用性が報告され^{2,4)}，再び PLHBS 法の臨床応用が広く行われると考えられる。しかも，心停止や心原性ショックを含む重症心不全症例に対する経皮的補助循環は，心臓カテーテル検査室においてだけでなく，集中治療室においても迅速かつ安全に施行される必要がある。したがって経皮経心房中隔的左心バイパス術の施行には，安全な心房中隔穿刺ガイドの

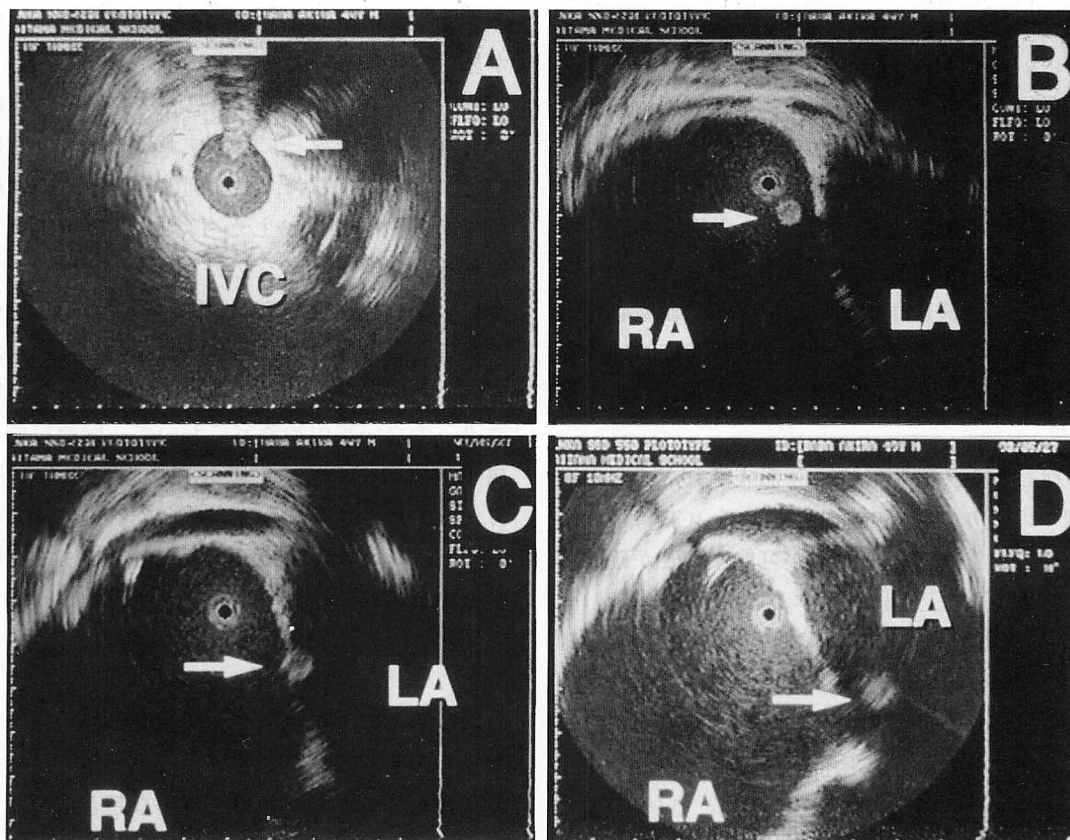


Fig. 5 ICE images of the left atrial cannula (arrow) in a left heart bypass patient
 A : Inferior vena cava level. B : Lower right atrium level. C : Puncture site level. D : Upper level from puncture site.
 IVC=inferior vena cava. Other abbreviations as in Fig. 1.

Table 1 Advantages and limitations of guidance tools for the transeptal puncture procedure

Guiding tool	Fluoroscopy	TEE	ICE
Difficulty	Easy	Easy	Easy
Invasiveness	No	Yes	Yes
Discomfort	No	Yes	No
Sedation	No	Yes	No
Confirmation of			
needle tip	Impossible	Easily possible	May be difficult
puncture site	Impossible	Easily possible	Easily possible

ICE does not require sedation or cause patient discomfort, permitting the precise confirmation of the puncture site.

TEE=transesophageal echocardiography.

Other abbreviation as in Fig. 1.

開発が必要である。

また PTMC 術は僧帽弁狭窄症に対する治療法の一つとして確立され、今日多くの施設で行われるようになった^{5-7,10,11)}。この PTMC にも心房中隔穿刺術が必要

であり、多くは X 線透視下で術者の経験に頼って行われている。しかし心房中隔穿刺術の合併症としての誤穿刺はしばしば致命的であり、わが国に限らず、死亡例が報告されてきた¹⁰⁻¹²⁾。この誤穿刺は術者が PTMC に不慣れな初期に起こるだけでなく、Hung は PTMC 症例 300 例以上施行した熟練期にも生じたと報告している¹³⁾。

これら心房中隔穿刺手技における誤穿刺は、今後カテーテルインターベンションの普及拡大とともにさらに増加する可能性があり、心房中隔穿刺術施行には安全・確実なガイドの開発が必要と考えられる。

われわれは、術中経食道心エコー図法 (biplane transesophageal echocardiography : TEE) が安全な心房中隔穿刺のガイドとして有用であることを報告してきた^{2-4,7)}。この術中 TEE の操作には十分な技術と経験を持っていることが必要であり、十分な局所麻酔と鎮静が得られれば苦痛を伴うことは少ないが、術者の熟練

度に大きく依存しているため、多くの施設でこの恩恵に浴せずにいる (Table 1)。

ICE は 1963 年に尾本が世界に先駆け臨床応用に関する検討を行ったが^{14,15)}、体表面心エコー図法の発展とともに以後の臨床研究は中断していた。しかし最近の血管内超音波法の発展とともに、さらに詳細な心腔内解剖学的評価法として、ICE も再評価されるに至った¹⁶⁻²³⁾。われわれは発振周波数 10MHz の探触子回転型心腔内エコー装置を開発し²⁰⁻²³⁾、心房中隔穿刺術における安全なガイドとしての ICE の有用性を臨床例において検討した^{20,23)}。

今回の検討から、穿刺針により形成された心房中隔の左房側への張り出し (tent-formation) を ICE により確認することで、穿刺部位の同定が可能となったことが確認できた。ICE 探触子を上下に動かすことで、頭尾方向 (長軸方向) の位置関係が、ICE 画像上では前後方向 (短軸方向) の位置関係が把握でき、確実に卵円窩への穿刺が可能であった。穿刺針先端の位置の同定も穿刺針が acoustic shadow を引く輝点として観察されるので、ICE 探触子をゆっくり上方へ移動させることで (やや慣れることが必要だが)、輝点の最上部すなわち穿刺針先端を確認できた。したがって ICE を心房中隔穿刺時のガ

イドとして用いることで、安全で確実な心房中隔穿刺が施行できると考えられた。

ICE をガイドとして用いた心房中隔穿刺術は、従来の X 線単独モニターに比較すればその安全性は格段に向上すると考えられ、誤穿刺の合併症予防に極めて有用である (Table 1)。しかも術中 TEE モニターのように熟練した TEE 術者を必要とせず、カテーテル検者自身による右心カテーテル操作のみでよいことや、付加的な患者の苦痛はほとんど伴わないことから、多くの施設で臨床応用が可能と考えられる。また X 線透視モニターのない集中治療室において、緊急に施行する心房中隔穿刺術や心房中隔欠損形成術のガイドとして、カテーテルアブレーションなどの各種のカテーテルインターベンション時のモニターとしても臨床応用が可能と考えられ、今後の検討すべき課題と考えられた。

結 論

経皮的に心腔内断層エコー図法を、心房中隔穿刺時のガイドとして用いることで、安全で確実な心房中隔穿刺術が可能であり、極めて有用な超音波ガイド法と考えられた。

要 約

われわれは経皮的左心バイパス法および経皮的僧帽弁交連裂開術において、心房中隔穿刺に経食道心エコー図法をガイドとして用いることの有用性を報告してきた。しかし経食道心エコー図法は患者の不快感を伴うため、軽い鎮静剤の投与が必要であった。そこで本研究では、心房中隔穿刺術における経皮的に心腔内エコー図法のガイドとしての有用性を、経皮的左心バイパス補助 3 症例と経皮的僧帽弁交連裂開術 18 症例において検討した。

装置はアロカ製および CVIS 製心腔内エコー図装置を用い、両社とそれぞれ共同開発した発振周波数 10 MHz でサイズは 8 Fr の ICE 用探触子を使用した。右房内に挿入した ICE 探触子で、心腔内を観察しながら心房中隔穿刺術を施行した。

ICE 画像上心房中隔穿刺針 (Brockenbrough 針) は輝点として観察され、穿刺針の後方には扇状に acoustic shadow が認められた。ICE 探触子を上下に移動しながら観察することで、穿刺針の先端部の高さや位置、さらに心房中隔面と穿刺針との位置関係が推定できた。Brockenbrough 針を軽く心房中隔に押しつけると、心房中隔壁がテント状に左房側に張り出すのが明瞭に観察でき (tent-formation)、穿刺部位の同定が可能であった。以上より、ICE を心房中隔穿刺時のガイドとして用いることで、安全で確実な心房中隔穿刺が施行できると考えられた。

文献

- 1) Dennis C, Carlens E, Senning A, Hall DP, Moreno JR, Cappelletti RR, Wesolowski SA : Clinical use of a cannula for left heart bypass without thoracotomy. *Ann Surg* 1962; **156** : 623–637
- 2) Miyamoto N, Kyo S, Imafuku H, Motoyama T, Muramatsu T, Ide M, Omoto R, Dohi Y : Case report of treatment for cardiogenic shock using percutaneous cardiopulmonary support in combination of V-A bypass and A-A bypass. *Coronary* 1992; **9** (Suppl) : 175–178 (in Japanese)
- 3) Kyo S, Motoyama T, Miyamoto N, Muramatsu T, Imafuku H, Ide M, Dohi Y, Omoto R : A case of PTCA supported by percutaneous left heart bypass (left atrial-aortic bypass; PCPS-AAB). *Jpn J Interv Cardiol* 1992; **7** : 262–268 (in Japanese)
- 4) Kyo S, Motoyama T, Miyamoto N, Noda H, Dohi Y, Omoto R : Percutaneous introduction of left atrial cannula for left heart bypass : Utility of biplane transesophageal echocardiographic guidance for transseptal puncture. *Artif Organs* 1992; **16** : 386–391
- 5) Inoue K, Nakamura T, Kitamura F, Miyamoto N : Non-operative mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *Jpn Circ J* 1982; **46** : 877
- 6) Inoue K, Owaki T, Nakamura T, Miyamoto N : Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; **87** : 394–402
- 7) Miyamoto N : Intraoperative monitoring of percutaneous transvenous mitral commissurotomy by biplane transesophageal echocardiography. *J Saitama Med School* 1992; **19** : 251–262 (in Japanese)
- 8) Braunwald E : Transseptal left heart catheterization. *Circulation* 1968; **37**, **38** (Suppl III) : 74–79
- 9) Baim SD, Grossman W : Percutaneous approach, including transseptal catheterization and apical left ventricular puncture. *in Cardiac Catheterization Angiography and Intervention* (ed by Grossman W). Lea & Febiger, Philadelphia, 1991, pp 62–81
- 10) The National Heart, Lung, and Blood Institute Balloon Valvuloplasty Registry : Complication and mortality of percutaneous balloon mitral commissurotomy. *Circulation* 1992; **85** : 2014–2024
- 11) Herrmann HC, Ramaswamy K, Isner JM, Feldman TE, Carrol JD, Pichard AD, Bashore TM, Dorros G, Massumi GA, Sundram P, Tobis JM, Feldman RC, Ramee S : Factors influencing immediate results, complication, and short-term follow-up status after Inoue balloon mitral valvotomy: A North American Multicenter Study. *Am Heart J* 1992; **124** : 160–166
- 12) 茅野真男, 楠原正俊, 大井田史継, 島田 恵, 佐藤 徹, 西川 邦, 鈴木 暁, 熊丸裕也 : PTMC施行時, 心タンポナーデにより死亡した1例. *Jpn J Interv Cardiol* 1992; **7** (Suppl) : 193
- 13) Hung JS : The role of echocardiography in patient selection for percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Proceeding of the 61st Annual Scientific Meeting of the Japanese Society of Ultrasonics in Medicine, Meet the Asian Experts : Echocardiography and PTMC* 1992; **1** (abstr)
- 14) Omoto R, Atsumi K, Hori M, Suma K, Toyoda T, Sakurai Y, Muroi T, Fujimori Y, Hasegawa T, Tsunemoto M, Sugimura M, Saigusa M, Uchiyama A, Uchida R, Nagasaki K : Ultrasonic intravenous sonde. *Jpn J Med Elect Biol Engin* 1963; **1** : 90 (in Japanese)
- 15) Omoto R : Intracardiac scanning of the heart with the aid of ultrasonic intravenous probe. *Jpn Heart J* 1967; **8** : 569–581
- 16) Schwartz SL, Pandian NG, Kusay BS, Kumar R, Weintraub A, Katz SE, Aronovitz M : Real-time intracardiac two-dimensional echocardiography: An experimental study of in vivo feasibility, imaging planes, and echocardiographic anatomy. *Echocardiography* 1990; **7** : 443–455
- 17) Pandian NG, Kumar R, Katz SE, Tutor A, Schwartz SL, Weintraub A, Gillam LD, McKay RG, Konstam MA, Salem DN, Aronovitz M : Real-time, intracardiac, two-dimensional echocardiography. *Echocardiography* 1991; **8** : 407–422
- 18) Schwartz SL, Pandian NG, Kumar R, Katz SE, Kusay BS, Aronovitz M, Konstam MA, Salem DN : Intracardiac echocardiography during simulated aortic and mitral balloon valvuloplasty: In vivo experimental studies. *Am Heart J* 1992; **123** : 665–674
- 19) Schwartz SL, Gillam LD, Weintraub AR, Sanzobrino BW, Hirst JA, Hsu T, Fisher JP, Marx G, Fulton D, McKay RG, Pandian NG : Intracardiac echocardiography in humans using a small-sized (6 F), low frequency (12.5 MHz) ultrasound catheter. *J Am Coll Cardiol* 1993; **21** : 189–198
- 20) Hung JS, Fu M, Yeh KH, Chua S, Wu JJ, Chen YC : Usefulness of intracardiac echocardiography in transseptal puncture during percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Am J Cardiol* 1993; **72** : 853–854
- 21) Matsumura M, Miyamoto N, Kyo S, Yamada E, Omoto R : Percutaneous, transvenous intracardiac ultrasound imaging with a reusable, small size (5.7 F) and low frequency (10 MHz) ultrasound probe: Its practicality, utility and safety. *Circulation* 1993; **88** (Part 2) : I-658
- 22) Miyamoto N, Kyo S, Motoyama T, Imafuku H, Muramatsu T, Matsumura M, Omoto R, Dohi Y : Transseptal observation of the percutaneous transvenous mitral commissurotomy by intracardiac echocardiography. *Circulation* 1993; **88** (Part 2) : I-110
- 23) Miyamoto N, Kyo S, Motoyama T, Imafuku H, Muramatsu T, Matsumura M, Omoto R, Dohi Y : Clinical utility of intracardiac echocardiography in percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Jpn J Med Ultrasonics* 1993; **20** : 660–668 (in Japanese)