

小児用 Matrix Biplane 経食道心エコー探触子の使用経験：探触子選択の重要性に関する検討

Pediatric Matrix Biplane Transesophageal Echo Probe: Evaluation of Probe Selection in Patients

小林 俊樹
許 俊 鋭*
尾本 良三*
新井 克巳
高索 映子
常 本 實*
小池 一行

Toshiki KOBAYASHI
Shunei KYO*
Ryozo OMOTO*
Katsumi ARAI
Eiko TAKANAWA
Minoru TSUNEMOTO*
Kazuyuki KOIKE

Abstract

We have developed four different probes for the wide use of transesophageal echocardiography in children. The adult matrix biplane probe (M-BP) can generate transverse and longitudinal plane images simultaneously from a single transducer, and facilitates easier and faster understanding of the three-dimensional anatomy of the heart. This probe can be used in patients weighing more than 15 kg. The pediatric matrix biplane probe (PM-BP) has the same function as the M-BP in a smaller probe head and shaft, and can be used in patients weighing more than 5 kg. The conventional pediatric biplane probe (P-BP) with two transducers has a smaller probe head profile than the PM-BP, and can be used in a baby as small as 2.7 kg. The newborn single plane probe (N-SP) has the smallest profile with a 4 mm diameter shaft, and can be used like a nasogastric tube. We choose probes according to the size of the patient and purpose of the study. As a rule, smaller probes are less invasive and reduce the risk of the study. However, larger probes have better image quality and penetration. Proper selection of the probe is the key to the safe and effective use of this new methodology.

Key Words

transesophageal echocardiography (TEE), pediatric matrix biplane TEE probe, pediatric patient

はじめに

われわれは1988年より小児症例に対しても経食道心エコー図検査 (transesophageal echocardiography: TEE) を行ってきた。当初、年間7件であった検査回数も年々増加し、1992年には年間69件に達している (Fig. 1)。TEE 施行状況も当初は開心手術中の心内修復の評価や、集中治療室での心機能の評価が主であった¹⁻³⁾。しかし近年、エコー図検査室においての外来症例の検査や、インターベンションカテーテル施行中の術中モニターとして心臓カテーテル検査室での使用も増加し

てきている^{4,5)}。小児におけるTEEにおいて侵襲性を抑えて有効な情報を得るためには、各検査状況と症例に応じた探触子を適切に選択する必要がある。

Matrix biplane (以下マトリックス) 探触子は、横断面と縦断面が同一部位で同時に観察可能な探触子である。このため2断面の観察部位が約1 cmずれていて、同時観察が不可能な従来のbiplane探触子に比較し、短時間で解剖学的評価が可能となる。われわれは以前より小児用・新生児用探触子を開発し、小児症例に対してTEEを行ってきた。今回、従来の探触子に加えて小児用マトリックス TEE 探触子を開発した⁶⁾。このため

埼玉医科大学心臓病センター 小児科, *同・心臓外科: 〒350-04 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38
Department of Pediatrics and *Cardiothoracic Surgery, Heart Institute, Saitama Medical School: Morohongo 38, Moroyama-machi, Iruma-gun, Saitama 350-04

Received for publication August 31, 1993; accepted December 6, 1993 (Ref. No. 40-239)

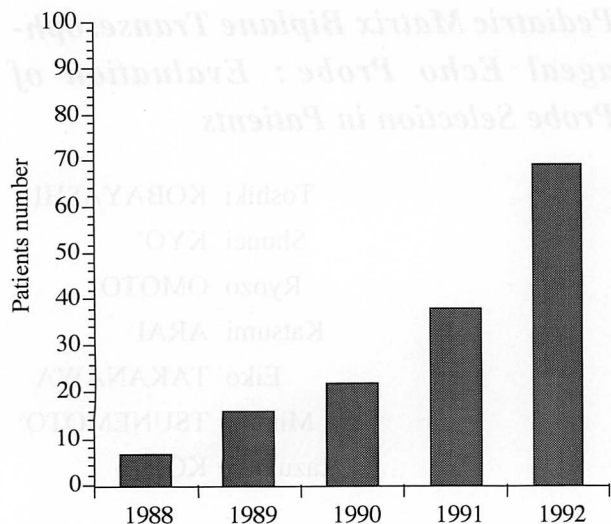


Fig. 1 Number of transesophageal echocardiography (TEE) procedures performed

従来の探触子と比較検討を行い、同探触子の有用性について検討するとともに、各小児症例の検査状況にさいして適切な探触子選択についての検討も行ったので報告する。

方法と対象

1991年7月より1本の成人用探触子と3本の小児用探触子 (Fig. 2) を小児症例に対し使用している。探触子の選択は、検査症例の年齢や体重、疾患、検査状況により決定された。とくに全身麻酔下の症例や、右心室などの食道より離れた部位の観察のときには、可能な限り素子数の多い太い探触子を使用した。マトリックス探触子は36素子で、シャフト径11 mm、先端部の長さ21 mm、幅12 mm、奥行き9 mmである。小児用マトリックス探触子は24素子で、シャフト径7 mm、先端部分の長さ17 mm、幅9 mm、奥行き7 mmである。小児用 biplane (以下小児用) 探触子は、シャフト径7 mm、横断面が24素子、縦断面が26素子の2個の探触子を持ち、先端部分の長さ15 mm、幅6.5 mm、奥行き7 mmと細長い。新生児用探触子は16素子 single plane でのシャフト径が4 mmで、先端の長さ10 mm、幅4 mm、奥行き5 mmである。

装置はアロカ製SSD-870を使用した。TEEを施行した小児症例における各探触子の使用状況および症例の年齢、体重分布等に対して分析を行い、各探触子の使用適応と有用性について検討を行った。

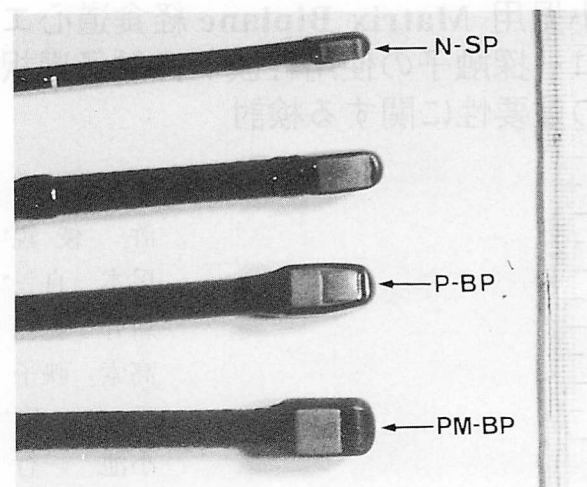


Fig. 2 Photo showing pediatric TEE probes

PM-BP=pediatric matrix biplane; P-BP=pediatric biplane; N-SP=newborn single plane

結 果

1991年7月-1993年4月に延べ105例にTEEを施行した。検査は手術室にて全身麻酔下の開胸手術症例が61件(58.1%)、心エコー図検査室で入院もしくは外来症例を22件(20.9%)、集中治療室で人工呼吸管理下の症例を14件(13.3%)、心臓カテーテル検査室にてカテーテルインターベンション中に8件(7.6%)施行された (Fig. 3)。

探触子の使用頻度は小児用マトリックス探触子が46件(43.8%)、小児用探触子が28件(26.7%)、画像が最も良好なマトリックス探触子は23件(21.9%)、新生児用探触子は8件(7.6%)であった (Fig. 4)。

各探触子別の体重分布を図に示す (Fig. 5)。マトリックス探触子は主として20 kg以上の症例に使用されている。症例の過半数が全身麻酔下の症例であり、局所麻酔だけでの施行は10件あるが、対象は13歳以上の年長児であり、うち6件は以前よりTEEの経験がある症例であった。小児症例は観察視野深度が成人に比較すると浅いため、成人のTEEより良好な画像が得られた。小児用マトリックス探触子は5 kg以上より使用可能であった。10 kg以下の症例では先端形状が太いため小児用探触子に比較して挿入時に抵抗があるが、いったん挿入してしまうと食道壁との密着性が良く、良好な画像が得られた。小児用マトリックス探触子の30 kg以上の症例は、ほとんどが心エコー図検査室において覚醒下でTEEが施行されていた症例であった。

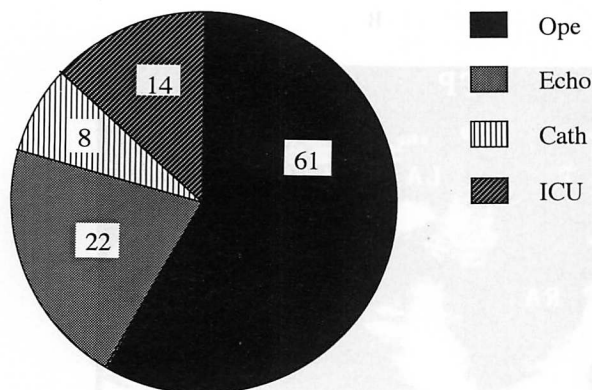


Fig. 3 Location of TEE procedures
Ope=operating room; Echo=echo laboratory; Cath=catheterization room; ICU=intensive care unit

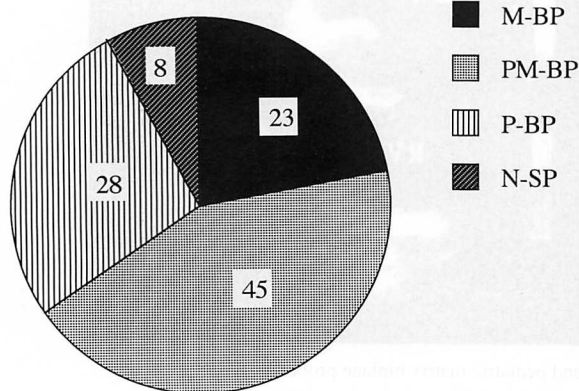


Fig. 4 Type of TEE probe used
M-BP=matrix biplane. Other abbreviations as in Fig. 2.

小児用マトリックス探触子はマトリックス探触子と比較してシャフト径が細いため、患児に対する精神的圧迫が緩和されたうえ、挿入時の嚥下がマトリックス探触子と比較して容易であった。しかし探触子が細いため食道壁の密着不良となる症例があり、探触子の操作に熟練を必要とした。

小児用探触子の使用最低体重は、人工呼吸管理下の2.7 kgの総肺静脈還流異常症であった。検査は約5分で終了したが、経胸壁心エコー図検査では入手不可能であった肺静脈の評価が可能であった。小児用探触子は小児科領域では最も適応症例の広い探触子であるが、新生児や低体重の症例では探触子による気道圧迫のため1回人工換気量が低下し、長時間の検査では動脈血酸素飽和度や体血圧の低下が出現する症例もみられた。またPM-BPと比較して探触子先端が細長いた

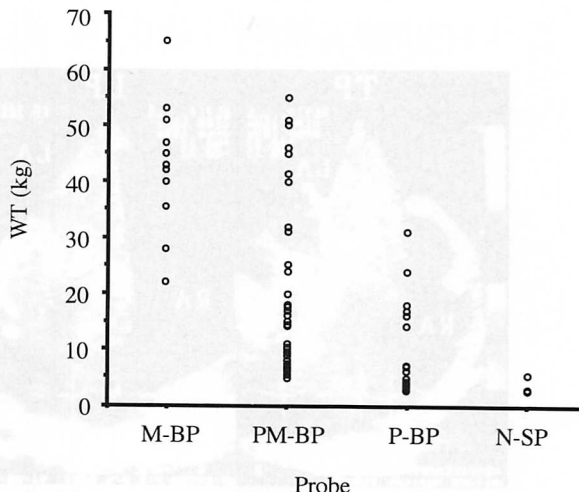


Fig. 5 Patient weight and TEE probe used
Abbreviations as in Figs. 2 and 4.

め、先端部の近位に位置する縦断面は食道壁に対して密着性が低下する傾向が強く、このために生じる画像劣化がしばしば観察された。新生児用探触子は横断面だけであり観察可能深度は3 cm以下であった。しかし探触子全体が細く柔らかいため、長時間の使用にも気道圧迫が出現しない利点がある。そして新生児は吸綴反射があるため、鎮静や局部麻酔の必要がなく、容易に探触子の挿入が可能であった。

4症例は小児用マトリックス探触子とマトリックス探触子の両探触子で2回以上のTEEが行われた。小児用マトリックス探触子とマトリックス探触子の画像を比較すると、心房などの視野深度の浅い部位の解剖評価では、両探触子の間で差を認めなかったが、右室流出路など視野深度の深い部位では、Bモード解像力とカラーフロー感度の両方が低下していた。Fig. 6の症例A, Bはともに体重40 kg程度の心房中隔欠損の症例であり、局所麻酔による覚醒下でTEEが行われた。症例Aではマトリックス探触子が使用され、症例Bにおいては小児用マトリックス探触子が使用された。心房中隔の構造評価に著しい差は認めなかった。しかし右室前壁の観察ではマトリックス探触子と比較して小児用マトリックス探触子では解像力が低下し、画像診断的に有意差を認めた。

Fig. 7はtotal cavapulmonary connection (TCPC)によるFontan手術を施行した単心室、肺動脈閉鎖の症例である。肺体側副血管が残存していたため、TCPCに径4 mmの開窓孔を残した。手術6ヵ月後に肺体側副血管

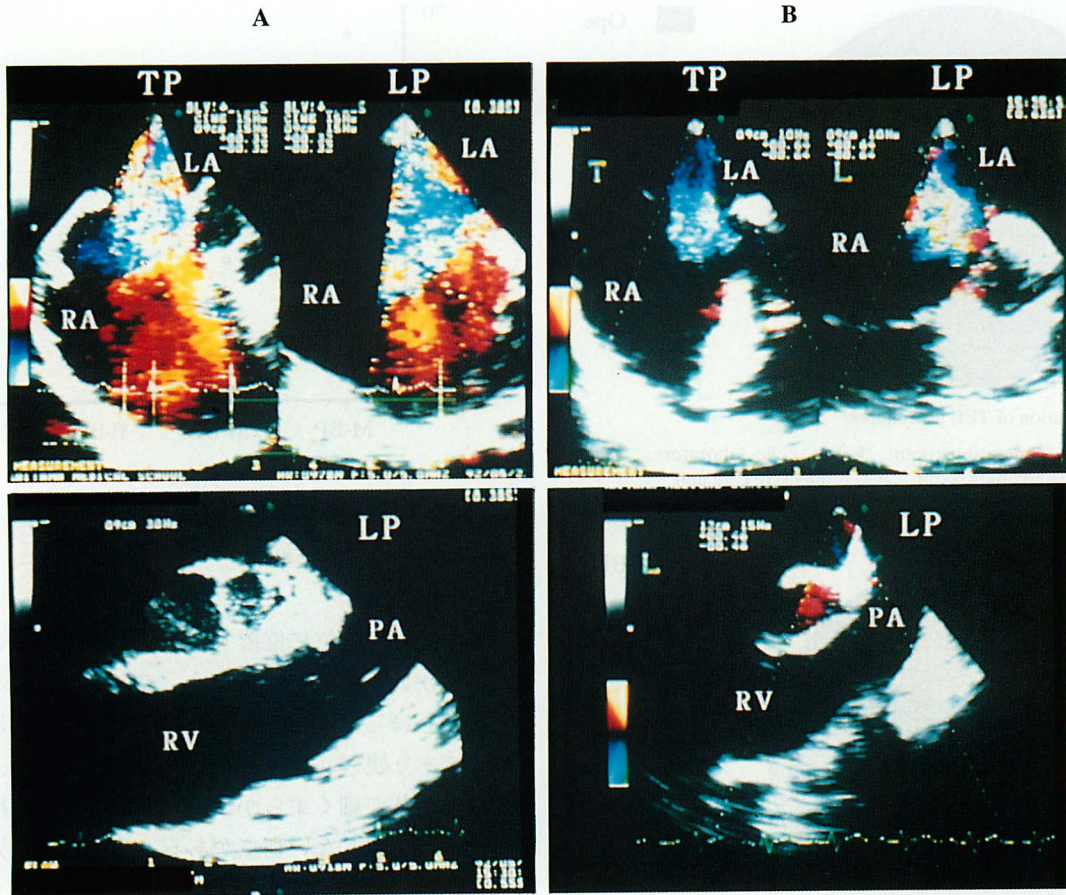


Fig. 6 Comparison of image quality from matrix biplane and pediatric matrix biplane probes

A: 13-year-old boy by matrix biplane

B: 14-year-old boy by pediatric matrix biplane

LP=longitudinal plane; TP=transverse plane; RA=right atrium; LA=left atrium;

RV=right ventricle; PA=pulmonary artery

のコイル塞栓術と、clamshell閉鎖栓による経カテーテルの開窓閉鎖術を施行した。開窓の部位がTCPCの前側下方にあり、X線透視下だけでカテーテルを開窓に挿入することが困難であったため、小児用マトリックス探触子を用いてTEEガイド下に開窓閉鎖術を行った。横断面と縦断面を同時に観察することにより、カテーテル先端と開窓孔の三次元的な位置関係の理解が可能になり、カテーテル操作が容易となった。

考 案

新生児から成人同様の体格の学童までと体重分布が広く、必ずしも検査に協力的でない小児症例に対しTEEを行うことは、成人と比較すると容易ではない。このため経胸壁心エコー図検査を十分に行い、TEEによって入手したい情報や目的を明確にし、TEEの検査

時間を最小限にする必要がある。そして検査施行にあたり最も重要な因子は探触子の選択であると考えている。

小児用マトリックス探触子は従来の小児用探触子と比較して、観察断面変換時に探触子の位置を調節する必要がなく、両断面を同時に観察するため、三次元構造が容易に理解可能であった。この利点は、とくに心臓カテーテル検査にTEE観察を併用しているときに有用であり、短時間で正確にカテーテルやガイドワイヤ、心房中隔欠損閉鎖栓等の位置確認を行うことが可能であった。また探触子先端の形状が太いため使用最低体重は5kgと考えられたが、挿入可能な症例では探触子と食道壁の密着性が向上し、小児用探触子にみられるシャフト側にある縦断面の密着不良による画質の低下は解消した。

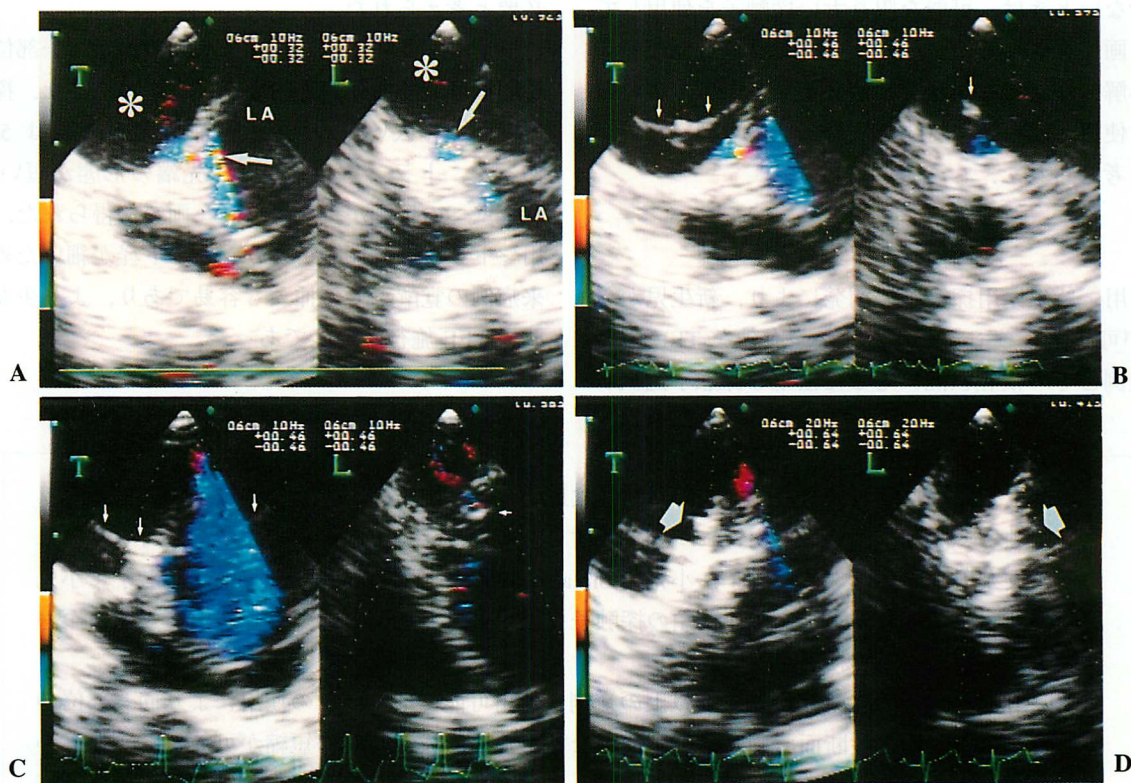


Fig. 7 TEE monitoring of transcatheter fenestration occlusion

- A: Fenestration of intra-atrial baffle in a patient receiving total cavapulmonary connection repair
- B: Tip of the guide wire (arrow) identifying the fenestration
- C: Guide wire passed through fenestration
- D: Clamshell occluder (big arrow) positioned against fenestration which was occluded completely

TEEを施行して最も良好な画像を得るためには、素子数の多い太い探触子を使用することであった。これは画像の解像力が向上するだけでなく、探触子自身と食道壁の密着性も良好となるためである。しかし、われわれは原則的に10歳以上においては咽頭の局所麻酔だけでTEEを行っているが、成人用の探触子を嚥下させることは容易ではない。そのため以前にTEEの経験がなく、心房中隔欠損症のように、深い観察視野が不要な症例では、小児用マトリックス探触子を用いて検査を行い、必要十分な情報を得ることが可能であった。逆に右室流出路などを観察するため深い観察視野が必要な症例では、あえてマトリックス探触子を使用する必要があった。

また幼児から小学生低学年の症例に対して心エコー図検査室でTEE検査を施行するときには、経静脈麻酔(イソゾール)を使用して患児の鎮静を得ている。そして先端形状が細い小児用探触子を使用することによ

り探触子挿入がより容易となり、年少児へのTEEの適応拡大が可能となった。

乳児や新生児においても、小児用や新生児用探触子の開発によりTEEが可能となってきた。人工呼吸器管理下の新生児でも筋弛緩薬等を投与することにより、限られた短時間ではあるが、小児用探触子を使用可能であり、2.8 kgの新生児でも安全な検査が可能であった。しかしこのような症例の開胸術中のモニターとしては気道圧迫や食道壁の圧迫による虚血壊死の危険性があるため、新生児用探触子を使用すべきと考えられた。

従来では施行不可能であったような新生児、小児症例でもTEEが可能となってきた。これは小児用TEE探触子の開発によるところと考えている。しかし疼痛を伴う同検査では、患児の協力を得ることは困難である。このため状況に応じて、適切な鎮静方法を選択する必要がある。全身麻酔等にて検査による患児への負

担が少ないときは、可能な限り太い探触子を使用して良好な画像を入手し、覚醒した症例で食道近位部の詳細な心解剖に対する情報だけが必要なときは、細い探触子を使用して患児に対する侵襲の低下を図る必要があると考えられた。

結 語

小児用・新生児用探触子の開発により、新生児から TEE が可能となってきた。安全かつ有効な TEE のため、症例とその検査状況に応じた慎重な探触子選択が

必要と考えられた。

小児用マトリックス探触子は両断面が同一部位で同時観察可能であり、心内評価に有用であった。探触子先端がやや太いため、使用可能な最低体重は 5 kg であった。トランスデューサー先端の形態が短いため、食道壁への接触が良く、良好な画質が得られた。成人用マトリックス探触子よりシャフト径が細いため、外来症例の覚醒下での挿入も容易であり、より少ない侵襲で TEE 施行が可能であった。

要 約

小児症例に対し侵襲性を抑えて短時間で経食道心エコー図検査を行うために小児用マトリックス探触子を開発し、その有用性について検討を行った。また 105 例の小児症例に対して従来からの成人用マトリックス探触子、小児用 biplane 探触子、新生児用 single plane 探触子に小児用マトリックス探触子を加えて 4 種類の探触子を使用し、各症例とその検査状況に対する至適探触子の選択について検討を行った。

小児用マトリックス探触子は 5 kg 以上の症例に使用可能であり、この使用により同一部位の心内解剖が横断面と縦断面で同時検索可能となったため、検索時間の短縮が可能であった。小児用 biplane 探触子は 2.7 kg から使用可能であったが、3.5 kg 以下の症例における長時間の観察では新生児用 single plane 探触子を使用すべきと考えられた。年長児で心房等の探触子に近接した部位の解剖だけを評価するときには、小児用探触子で十分な画像が得られると考えられた。しかし、右室流出路等の探触子より遠位部の解剖を評価するためには成人用探触子が必要であった。

— J Cardiol 1994; 24: 121–126 —

文 献

- 1) Kyo S, Koike K, Takanawa E, Kobayashi T, Matsumura M, Shah P, Omoto R: Impact of transesophageal Doppler echocardiography on pediatric cardiac surgery. *Int'l. J Cardiac Imaging* 1989; **4**: 41–42
- 2) Cyran SE, Kimball TR, Meyer RA, Bailey WW, Lowe E, Balisteri WF, Kaplan S: Efficacy of intraoperative transesophageal echocardiography in children with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1989; **63**: 594–598
- 3) Kyo S, Omoto R, Matsumura M: Intraoperative transesophageal echocardiography in pediatric patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; **99**: 373–375
- 4) Kobayashi T, Musewe NN, Benson LN, Smallhorn JF, Freedom RM: Biplane transesophageal echocardiographic evaluation of the atrial septal defect in children: Implications for percutaneous device occlusion. *Circulation* 1990; **82** (Suppl III): 402
- 5) Scott PJ, Blackburn ME, Whatron GA, Wilsoh N, Dickinson DF, Gibbs JL: Transesophageal echocardiography in neonates, infants and children: Applicability and diagnostic value in everyday practice of a cardiothoracic unit. *Br Heart J* 1992; **68**: 488–492
- 6) 許 俊鋭, 小林俊樹, 尾本良三, 松村 誠, 伊藤寿夫, 松中敏行: 小児用 biplane 経食道探触子の開発: 標準用 biplane 探触子と matrix 探触子の有用性の検討. *日超医講演論文集* 1991; **18** (Suppl 2): 387–388