

僧帽弁閉鎖不全における左室内 suction signal imaging の臨床的意義

The suction signal detected by color Doppler echocardiography in patients with mitral regurgitation: Its clinical significance

岡本 光師
坪倉 篤雄
中川 博*
森近 直子*
網岡 英世*
山形 東吾*
橋本 正樹*
土岡由紀子*
松浦 秀夫*
梶山 梧朗*

Mitsunori OKAMOTO
Tokuo TSUBOKURA
Hiroshi NAKAGAWA*
Naoko MORICHIKA*
Hideyo AMIOKA*
Togo YAMAGATA*
Masaki HASHIMOTO*
Yukiko TSUCHIOKA*
Hideo MATSUURA*
Goro KAJIYAMA*

Summary

The present study clarified the clinical significance of the suction signal—regurgitant signal near the mitral valve in the left ventricle—as obtained by two-dimensional color Doppler echocardiography in patients with mitral regurgitation. The study population consisted of 39 patients with various heart diseases having mitral regurgitation. The presence of a mitral regurgitant signal was determined not only in the left atrium but in the left ventricle using the long-axis view, four-chamber view, and short-axis view.

1. The suction signal was observed in 17 cases; on the posteromedial commissure side in four; the central portion in seven; the anterolateral commissure side in five and the mitral aneurysm portion in one. The site of the suction signal indicated the mitral regurgitant orifice and was useful for identifying the regurgitant orifice particularly in cases with prolapse of the commissural scallop.

2. Left ventriculography was performed in 18 cases and the severity of mitral regurgitation was grade III/IV or IV/IV in seven of eight cases with suction signals and was grade II/IV in the remaining one, while it was grade II/IV or I/IV in all ten cases without the signal. Sensitivity was

広島大学医学部 臨床検査医学
*同 第一内科
広島市南区霞 1-2-3 (〒734)

Division of Clinical Laboratory and The First Department of Internal Medicine, Hiroshima University School of Medicine, 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734

Received for publication December 8, 1987; accepted January 14, 1988 (Ref. No. 35-K9)

then 100% and specificity was 91% in diagnosing III/IV or greater regurgitation according to the presence of the suction signal. The left atrial jet distance, width and area in the 17 cases with suction signals were significantly greater than those of 22 cases without the signal (3.3 ± 1.0 vs 1.9 ± 0.7 cm, 1.4 ± 0.7 vs 0.8 ± 0.4 cm, and 4.2 ± 2.8 vs 1.3 ± 1.3 cm², respectively). Thus, the suction signal in the left ventricle in mitral regurgitation provided useful information concerning not only the identification of a regurgitant orifice, but the grade of mitral regurgitation, as well.

Key words

Mitral regurgitation

Color Doppler echocardiography

Doppler echocardiography

はじめに

僧帽弁閉鎖不全における左房内逆流ジェットが、超音波パルス・ドップラー法やカラードップラー法^{1,2)}によって非侵襲的に検出され、逆流シグナルの局在や広がりから、それぞれ逆流部位診断、逆流程度評価を行い得ることが明らかにされつつある³⁻⁶⁾。しかし、僧帽弁閉鎖不全におけるカラードップラー法による左室側の異常血流については、ほとんど注目されていない。今回、本方法にて左房内に僧帽弁逆流イメージが得られた例を対象にして、左室側異常血流シグナルの有無を検索し、さらにその臨床的意義を検討した。

対象および方法

断層カラードップラー法にて得られた僧帽弁逆流イメージが、パルス・ドップラー法または Mモードカラードップラー法によって収縮期の 1/3 以上の時相に存在することが確認された各種心疾患 39 例 (男性 24 例, 女性 15 例, 平均年齢 57.4 ± 13.7 歳) を対象とした。疾患の内訳は僧帽弁逸脱症 14 例, リュウマチ性心疾患 6 例, 拡張型心筋症 4 例, 陳旧性心筋梗塞 4 例, 動脈硬化性心疾患 4 例, 心房中隔欠損症 2 例, 感染性心内膜炎 2 例, その他 3 例であり, 32 例が洞調律, 7 例が心房細動であった。心カテーテルは 18 例で施行され, 左室造影法による僧帽弁逆流度は Sellers 分類の I 度 5 例, II 度 6 例, III 度 5 例, IV 度 2 例であった。

使用装置は東芝製 SSH-65A で、超音波発振周波数 2.5 MHz, パルス繰り返し周波数 4 KHz, low-cut filter 400 Hz とした。本装置では、通常の心エコー図法に加え、パルス・ドップラー法、連続波ドップラー法、断層カラードップラー法 (リアルタイム二次元ドップラー血流映像法)、Mモードカラードップラーによる血流計測が可能である。このうち断層カラードップラー法では、断層心エコー図上にドップラー法に基づく血流シグナルがカラー表示され、探触子に近づく流れが赤色系、遠ざかる流れが青色系に表示され、これらにドップラー偏移周波数の分散、すなわち流れの乱れ度が緑色を加えられて表示される。流速は明度によって 16 段階に階調され、発振周波数 2.5 MHz, low-cut filter 400 Hz, ドップラービームの入射角を 0 度とした時、約 4~75 cm/sec まで表示され、75 cm/sec 以上の流速は折り返し現象により反対側の色調を呈する。逆流ジェットは、一般的には赤色系と青色系とのモザイクパターンを呈する。

患者を左側臥位として、探触子を傍胸骨左縁第 3 ないし第 4 肋間に置き、僧帽弁レベル左室短軸断面、それよりやや心尖部よりのアプローチで左室長軸断面と四腔断面を描出した。断層カラードップラー法によって、ノイズを生じない程度の最大の利得設定で、上記の三断面における左房内僧帽弁逆流シグナルの描出を試みた。また、僧帽弁に近接する左室内にも異常シグナル (suction signal) が存在するか否かを検索した (Fig. 1)。Suc-

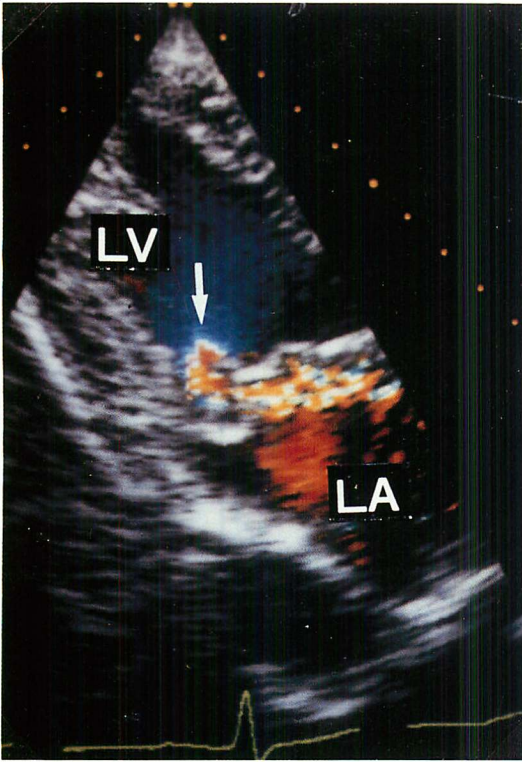


Fig. 1



Fig. 3



Fig. 2

Fig. 1. Suction signal imaging (white arrow) in the left ventricle by two-dimensional color Doppler echocardiography in a patient with prolapse of the posterior mitral valve leaflet (long-axis view). LV=left ventricle; LA=left atrium.

Fig. 2. Determination of jet distance, width and area in the mitral regurgitant signal (long-axis view). Ao=aorta; D=distance; W=width; A=area.

Fig. 3. Suction signal (white arrow) in a patient with prolapse of the anterolateral commissural scallop (short-axis view).

The suction signal in the left ventricle more precisely indicates a regurgitant orifice than a regurgitant signal in the left atrium.

tion signal は少なくとも連続 3 心拍にて数 mm の範囲にわたって明瞭に認められる場合を陽性とした. Suction signal が検出された例において, 短軸断面における suction signal の検出部位から僧帽弁逆流口の局在を評価した. さらに suction signal の検出の有無と, 左房内逆流シグナルの広がり⁶⁾や, 左室造影法による逆流程度との関係を検討した. この際, 逆流シグナルの広がり最大に検出される断面において, 逆流ジェットの到達距離, 幅, 面積, %面積 / 左房面積を測定した (Fig. 2). 各測定値は 3 心拍の平均として求めた.

結 果

1. Suction signal は 39 例中 17 例に認められ, 短軸断面の検索により後交連側 4 例, 中央部 7 例, 前交連側 5 例, 僧帽弁瘤部 1 例と, 逆流口および“弁瘤”破裂部位の局在診断が可能であった (Table 1). 僧帽弁前尖逸脱, 僧帽弁裂隙 (cleft), 弁輪拡大, リュウマチ性弁膜症では, 左房内逆流シグナルによっても, suction signal と同様に, 逆流口の同定が可能であった. しかし, 僧帽弁後尖の commissural scallop の逸脱を呈した 3 例では, 左房内逆流ジェットが逸脱部位より対側に向い, 僧帽弁前尖の背側を横切るように描出されるため, 左房内逆流シグナルから逆流口を詳細に同定することは困難であったが, suction signal によって初めて逆流口を容易に同定し得た (Fig. 3).

2. Suction signal が認められた 17 例における左房内逆流シグナルの到達距離, 幅, 面積, %面積 / 左房面積は, おおの 3.3±1.0 cm, 1.4±0.7 cm, 4.2±2.8 cm², 17.1±10.5% で, これが認められなかった 22 例での値 (1.9±0.7 cm, 0.8±0.4 cm, 1.3±1.3 cm², 7.5±4.7%) に比し有意に

Table 1. Location of suction signal images

Postero-medial	Center	Antero-lateral	Aneurysm
4	7	5	1

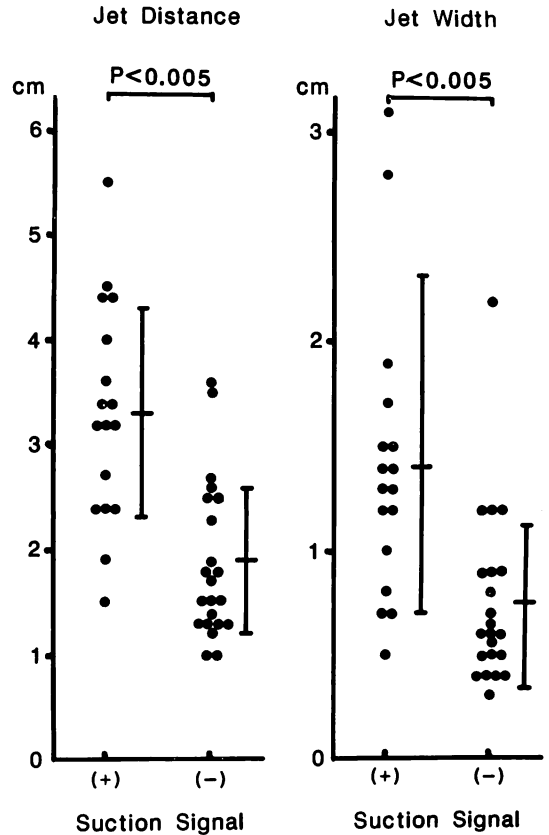


Fig. 4. Jet distance and width in patients with and without suction signal imaging.

大であった (Figs. 4, 5). 到達距離を用いたドップラー法による逆流度評価⁶⁾は, suction signal を有する 17 例で II 度 6 例, III 度 9 例, VI 度 2 例であり, I 度の例を認めなかったのに対して, suction signal を有しなかった 22 例では I 度 8 例, II 度 12 例, III 度 2 例と, I 度, II 度が大多数であった (Table 2). また, 左室造影法 (18 例) による逆流度評価では, suction signal を認めた 8 例では, II 度 1 例, III 度 5 例, IV 度 2 例であり, III 度以上の中程度ないし高度の逆流を示した例が大多数を占めた. これに対し, suction signal を認めない 10 例では, I 度 5 例, II 度 5 例で, III 度以上の例は 1 例も認められなかった (Table 3). すなわち, suction signal によ

Table 2. Incidence of the suction signal and severity of mitral regurgitation by the Doppler method

Suction signal image	Grade of mitral regurgitation by Doppler			
	1+	2+	3+	4+
Positive (17)	0	6	9	2
Negative (22)	8	12	2	0

Table 3. Incidence of the suction signal and severity of mitral regurgitation by left ventriculography

Suction signal image	Grade of mitral regurgitation by left ventriculography			
	1+	2+	3+	4+
Positive (8)	0	1	5	2
Negative (10)	5	5	0	0

の部位では流路が狭窄し、流速が増大したものと考えられる。しかし、suction signal は逆流口の上流で明らかであり、流路の狭窄だけでは説明できず、逆流口に吸い込まれるような血流を表現しているものと考えられる。真田ら⁷⁾はパルス・ドップラー法を用いた研究で、僧帽弁逆流例の僧帽弁直下の左室内にサンプルボリュームを設定した際、収縮後期に最高流速を有し、探触子から遠ざかる方向の血流パターンの存在を報告しているが、今回の suction signal はこれと軌を一にするものと考えられる。また、高度の三尖弁逆流例のコントラストエコーで、収縮期に三尖弁を横切るエコー^{8,9)}も同様な機序による所見と考えられる。高度の大動脈弁逆流や、短絡量の多い動脈管開存、バルサルバ洞動脈瘤破裂などにおける大動脈内拡張期逆流シグナル¹⁰⁻¹³⁾も、逆流や短絡部位の上流側の異常血流であるが、これらは逆流口や短絡口から離れた部位で検出される流速の遅い血流シグナルであり、今回の suction signal とは、検出部位や流速の点で異なると考えられる。

2. 逆流口の局在診断

僧帽弁逆流例において、パルス・ドップラー法

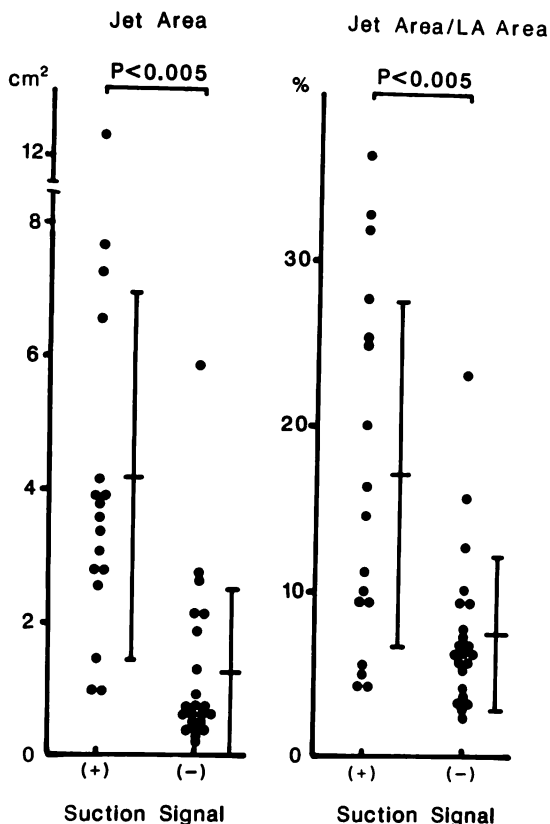


Fig. 5. Jet area and jet area/LA area (%) in patients with and without suction signal imaging.

って III 度以上の僧帽弁逆流を診断する sensitivity は 100%, specificity は 91% であった。

考 按

1. Suction signal の発生機序

通常、収縮期における左室流入路の流速は流出路に比し遅く、断層カラー Doppler 法で抽出可能な流速の下限は 4 cm/sec であるため、傍胸骨付近からのアプローチでは、僧帽弁に近接する成人の左室内に、有意な血流シグナルを得ないことが多い。これに対し suction signal は一部に折り返し現象を生じており、流速が増加していると考えられる。Euler の連続の式では、流路面積の小さな部位では流速が増加する。すなわち、逆流口

による左房内逆流シグナルの mapping によって, 逆流口の局在を診断し得ることが明らかにされている³⁾. 今回の断層カラー Doppler 法による検討でも, 僧帽弁前尖逸脱, 僧帽弁弁輪拡大, リウマチ性弁膜症, 僧帽弁裂隙など, 多くの例で左房内逆流シグナルの開始部位によって, 逆流口の局在診断が可能であった. しかもパルス・Doppler 法の mapping よりも迅速, かつ詳細な観察が可能であった. 一方, 僧帽弁後尖の commissural scallop の逸脱を示した 3 例では, 左房内逆流ジェットが逸脱部位より対側に向って, 僧帽弁前尖の背側を横切るように映像されるため, 左房内逆流シグナルから逆流口を詳細に同定することが困難であった. しかし, commissural scallop の逸脱例においても, suction signal から, 逆流口を極めて容易にかつ詳細に同定し得た. 僧帽弁逆流口の局在診断は弁形成術などの外科手術時に極めて重要であるが, 従来の診断法である心血管造影では, 投影法のため, 正確な逆流口の局在診断は不可能である. 本研究で明らかのように, 断層カラー Doppler 法は僧帽弁閉鎖不全の左房内逆流シグナル, および左室内 suction signal によって, 他のいずれの方法よりも正確に, 逆流口の局在診断が可能と考えられる. また, 感染性心内膜炎における僧帽弁瘤の診断は心エコー法によれば容易であるが, その破裂および破裂部位診断には, 断層カラー Doppler 法が有用であることは明白であろう.

3. Suction signal と逆流程度

三尖弁逆流例におけるコントラストエコー法で, コントラストエコーが収縮期に三尖弁を右室から右房に向って横切ることが知られている^{8,9)}. また, 僧帽弁逸脱による僧帽弁逆流例でも, パルス・Doppler 法により, 左室流入路の異常シグナルの存在が知られている⁷⁾. これらはいずれも高度の逆流例とされている. 今回の成績でも suction signal の得られた例では, Doppler 法による逆流度で III 度以上が大多数を占め, 左室造影法による評価との対比で, suction signal によ

って III 度以上の逆流を診断する sensitivity は 100%, specificity は 91% であった. コントラストエコー法は左心系では特殊な方法¹⁴⁾を用いない限り不可能であり, また, パルス・Doppler 法では盲目的な検索であるため, 僧帽弁逆流に伴う異常血流と駆出血流との鑑別が必ずしも容易でない. これに対し, 断層カラー Doppler 法による suction signal の有無は, 逆流度評価法として極めて簡便な補助診断法と考えられる. また, 上述のごとく, commissural scallop の逸脱では, 左房内逆流ジェットが僧帽弁前尖の背側を横切ることで, 通常左室長軸断面の左房内逆流シグナルからの逆流程度評価では, 過小評価する可能性がある. したがって, このような例では suction signal の有無が逆流程度評価に重要である. また, suction signal の検出範囲も, 高度逆流例では広範囲で, かつ折り返し現象を伴う傾向が見られ, 同様に逆流度評価の補助診断に有用と考えられる. しかし, 駆出血流も同様に青色系で映像されるため, 広範囲の suction signal を有する場合, 両者の境界は必ずしも明瞭ではなく, 今回の測定項目より除外した.

僧帽弁逆流流量は, 逆流弁口面積, 逆流速度, 逆流時間によって規定されるが, suction signal がこれらの何れに最も依存するかは明らかではない. これらに関しては, さらに今後検討を要すると思われる. また suction signal の imaging は, 逆流量だけでなく, アプローチの方向, 利得設定, low-cut filter の大きさなどの装置側の問題と, 肥満や肺気腫などの患者側の問題も関係する. したがって, suction signal が描出されないとっても, 直ちに逆流度が軽度とは言えないので, 注意が必要である.

要 約

断層カラー Doppler 法による僧帽弁閉鎖不全例における左室側逆流 (suction signal) の臨床的意義を明らかにした. カラー Doppler 法により, 収縮期の 1/3 以上の時相にわたって左房内に

僧帽弁逆流シグナルが検出された各種心疾患 39 例を対象とし、左室長軸断面、四腔断面、僧帽弁レベル左室短軸断面を用い、僧帽弁逆流像を左房内だけでなく、僧帽弁近傍の左室内でも検索した。

その結果、1) Suction signal は 39 例中 17 例に認められた。短軸断面において後交連 4 例、中央 7 例、前交連 5 例、僧帽弁瘤部 1 例に逆流口が同定され、その際、折り返し現象が参考になった。特に、後尖の commissural scallop の逸脱例では、左房内逆流ジェットより容易に逆流口が同定された。2) 18 例に左室造影を施行し、このうち suction signal が認められた 8 例中 7 例は III/IV 以上、1 例は II/IV の逆流を示した。この signal が検出されない 10 例では II/IV 以下の逆流にすぎなかった。したがって suction signal の存在によって III 度以上の僧帽弁逆流を診断する sensitivity は 100%，specificity は 91% であった。Suction signal が認められた例における左房内逆流ジェットの到達距離、幅、面積は 3.3 ± 1.0 cm, 1.4 ± 0.7 cm, 4.2 ± 2.8 cm² で、これが認められない例の 1.9 ± 0.7 cm, 0.8 ± 0.4 cm, 1.3 ± 1.3 cm² に比し、有意に大であった。

以上のように、左室内 suction signal は僧帽弁逆流の重症度評価のみならず、逆流口の同定に極めて有用であると考えられた。

文 献

- 1) Namekawa K, Kasai C, Koyano A: Real-time blood flow imaging system utilizing auto-correlation techniques. Lerski RA, Moley F, ed. *Ultrasound 82*, Pergamon Press, Oxford, 1983, p 203-208
- 2) Bommer WJ, Millter L: Real-time two-dimensional color-flow Doppler: Enhanced Doppler flow imaging in the diagnosis of cardiovascular disease. *Am J Cardiol* 49: 955, 1982 (abstr)
- 3) Miyatake K, Nimura Y, Sakakibara H, Kinoshita N, Okamoto M, Nagata S, Kawazoe K, Fujita T: Localization and direction of mitral regurgitant flow in mitral orifice studied with combined ultrasonic pulsed Doppler technique and two-dimensional echocardiography. *Br Heart J* 48: 449-458, 1982
- 4) Kitabatake A, Matsuo H, Asao M, Tanouchi J, Mishima M, Hayashi T, Abe H: Intraatrial distribution of mitral regurgitation in mitral valve prolapse visualized by pulsed Doppler technique combined with electronic beam sector scanning echocardiography. *J Cardiogr* 10: 111-121, 1980 (in Japanese)
- 5) Abassi AS, Allen MW, DeChristofaro D, Ungar I: Detection and estimation of mitral regurgitation by range-gated pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* 61: 143-147, 1980
- 6) Miyatake K, Izumi S, Okamoto M, Kinoshita N, Asonuma H, Nakagawa H, Yamamoto K, Takamiya M, Sakakibara H, Nimura Y: Semiquantitative grading of severity of mitral regurgitation by real-time two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J Am Coll Cardiol* 7: 82-88, 1986
- 7) Sanada J, Nakamura K, Minami Y, Kubo H, Kawahira M, Kuroiwa N, Ohshige T, Hashimoto S: Pulsed Doppler echocardiographic assessment of mitral regurgitation. *Jpn J Med Ultrason* 10: 5-13, 1983 (in Japanese)
- 8) Liewe W, Behar VS, Scallion R, Kisslo JA: Detection of tricuspid regurgitation with two-dimensional echocardiography and peripheral vein injections. *Circulation* 57: 128-132, 1978
- 9) Amano K, Sakamoto T, Hada Y, Yamaguchi T, Ishimitsu T, Adachi H: Contrast echocardiography: Application for valvular incompetence. *J Cardiogr* 9: 697-716, 1979 (in Japanese)
- 10) Veyrat C, Cholot N, Abitobol G, Kalmanson D: Noninvasive diagnosis and assessment of aortic valve disease and evaluation of aortic prosthesis function using echo Doppler velocimetry. *Br Heart J* 43: 393-413, 1980
- 11) Quinones MA, Young JB, Waggoner AD, Ostojic MC, Ribeiro LGT, Miller RR: Assessment of pulsed Doppler echocardiography in detection and quantification of aortic and mitral regurgitation. *Br Heart J* 44: 612-621, 1980
- 12) Sewer GA, Armstrong BE, Anderson PAW: Continuous wave Doppler ultrasonographic quantification of patent ductus arteriosus flow. *J Pediatr* 100: 297-299, 1982
- 13) Okamoto M, Nimura Y, Miyatake K, Kinoshita N, Fusejima K, Ohwa M, Takao S, Sakakibara H, Ohta M: Aortic flow patterns in heart diseases with left-to-right shunts from the aorta and their clinical significance: A Doppler echocardiographic study. *J Cardiogr* 14: 823-832, 1984 (in

岡本, 坪倉, 中川, ほか

Japanese)

- 14) Satomi G, Takao A, Minami Y, Iwasa M, Narai S, Kitoh N, Nakamura K: Technical evaluation

of pulmonary arterial wedge contrast echocardiography. *J Cardiogr* **11**: 989-996, 1981 (in Japanese)