

経胸壁心エコー図法における Sonicated Albumin の静注による肺静脈血流シグナルの増強効果の検討

Improvement of Transthoracic Pulsed Doppler Imaging of Pulmonary Venous Flow by Intravenous Injection of Sonicated Albumin

三宅 仁
吉川 純一
吉田 清
赤阪 隆史
赤土 正洋
穂積 健之
高木 力
大倉 宏之

Shinobu MIYAKE
Junichi YOSHIKAWA
Kiyoshi YOSHIDA
Takashi AKASAKA
Masahiro SHAKUDO
Takeshi HOZUMI
Tsutomu TAKAGI
Hiroyuki OKURA

Abstract

Enhancement of pulmonary venous Doppler flow signals by intravenous injection of sonicated albumin was evaluated in 200 patients. Baseline pulsed Doppler signals were strong in 153 (77%) patients and weak in 47 patients. After injection of sonicated albumin, adequate pulsed Doppler flow signals were recorded in 44 (94%) of the 47 patients. Pulsed Doppler recordings could therefore achieve quantitative analysis in 197 patients (98%, $p < 0.01$). Signals were enhanced in proportion to the sonicated albumin dose ($p < 0.01$). No remarkable symptoms or complications were seen during and after examinations. Intravenous sonicated albumin improves transthoracic pulsed Doppler imaging of pulmonary venous flow. This simple and safe technique will obviate transesophageal recordings of pulmonary venous flow in adult patients and facilitate further studies of its diagnostic and monitoring value.

Key Words

pulmonary venous flow, transthoracic echocardiography, sonicated albumin, contrast echocardiography

はじめに

近年、肺静脈血流シグナルを分析することにより、心機能の評価や肺動脈楔入圧の推定が可能となっている。しかし肺静脈血流シグナルは経食道心エコー図法を用いれば良好に記録可能であるが、経胸壁心エコー図法ではその検出率は十分ではない。経食道心エコー図法は半侵襲的であり、外来レベルでルーチンに施行するには限界がある。今回の研究の目的は、sonicated albumin の静注によるコントラストエコー図法で、ど

の程度肺静脈血流シグナルの増強効果が得られるかを、経胸壁心エコー図法で検討することにある。

対象と方法

今回対象としたのは1993年2-6月から経胸壁心エコー図法を行った連続200例で、男115例(平均年齢 55 ± 10 歳)、女85例(平均年齢 52 ± 8 歳)である(Table 1)。使用装置は東芝製エコー装置160A、Hewlett Packard製HP-SONOS 1500、およびAcuson製128XPである。全例に経胸壁心エコー図法を施行する

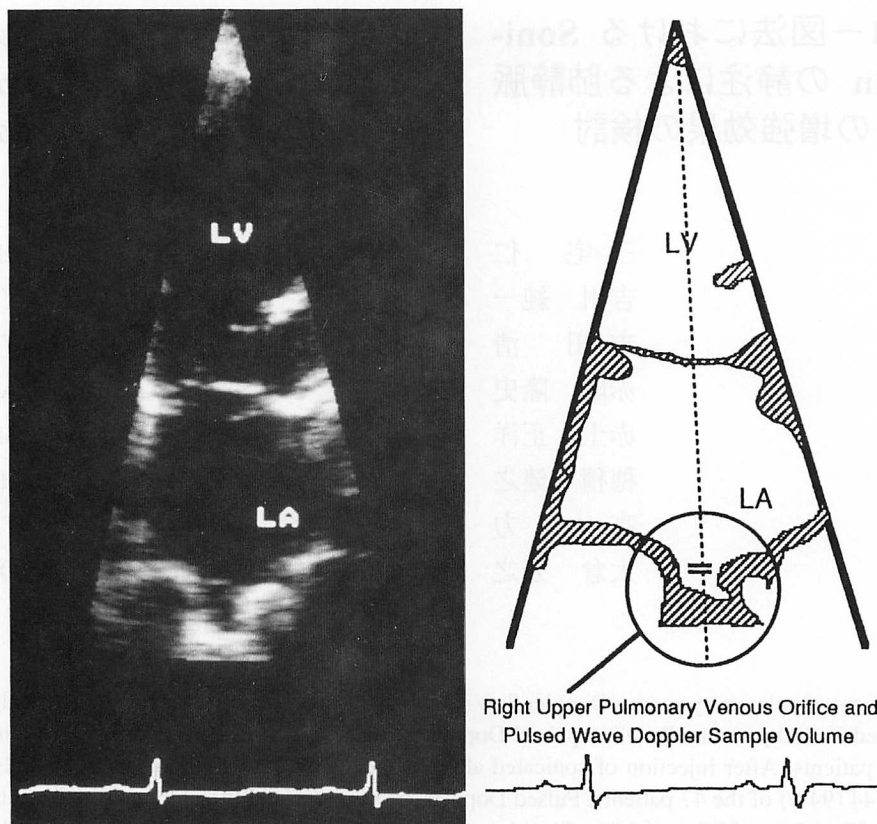


Fig. 1 Two-dimensional echocardiograms (left) and schematic illustration (right) showing pulmonary venous orifice in the left atrium

The pulsed wave Doppler sample volume is 0.5 to 1 cm distal to the orifice of the right upper pulmonary veins in the left atrium.

Table 1 Clinical presentation

	Male	Female	Total
Ischemic heart disease	39	12	51
Myocardial disease	31	34	65
Valvular disease	25	8	33
Congenital heart disease	3	6	9
Arrhythmia	3	2	5
Others	14	23	37
Total	115	85	200

さい、心尖部四腔断面において、カラードップラー法により右上肺静脈の開口部を推定した。同時にパルス・ドップラー法を施行し肺静脈血流シグナルを記録した (**Fig. 1**)。カラードップラー法で肺静脈血流シグナルが得られない症例では、断層心エコー図法で肺静脈の開口部と考えられる左房後壁の欠損部にパルス・ドップラー法を施行した。パルス・ドップラー法により肺静脈血流の収縮期波、拡張期波、心房収縮期波がともに良好に記録できたものを検出可能とした。検出

不十分なものに対しては経静脈的に sonicated albumin を投与した。あらかじめ日本精機製 Ultrasonic Generator US50 を使用し、5% albumin を約 30 秒間 sonication した後に、体重当たり 0.04 ml, 0.08 ml, 0.15 ml の用量を 1 ml/sec の速さで投与した。Acoustic shadow がなく明瞭に収縮期波、拡張期波、心房収縮期波が検出可能となったものを増強効果ありとした (**Figs. 2-A, 2-B**)。Sonicated albumin の増強効果について臨床的有用性とその至的容量について検討した。

結 果

今回の研究では対象の 200 例中約 76% の 153 例で、パルス・ドップラー法による肺静脈血流シグナルが明瞭に記録可能であった。記録が不十分であった 47 例にコントラストエコー図法を施行した。Sonicated albumin により増強効果が認められたのは 44/47 例 (94%) であった。投与量別では、体重当たり 0.04 ml 投与で 30/47 例 (64%)、0.08 ml 投与で 40/47 例 (85%)、

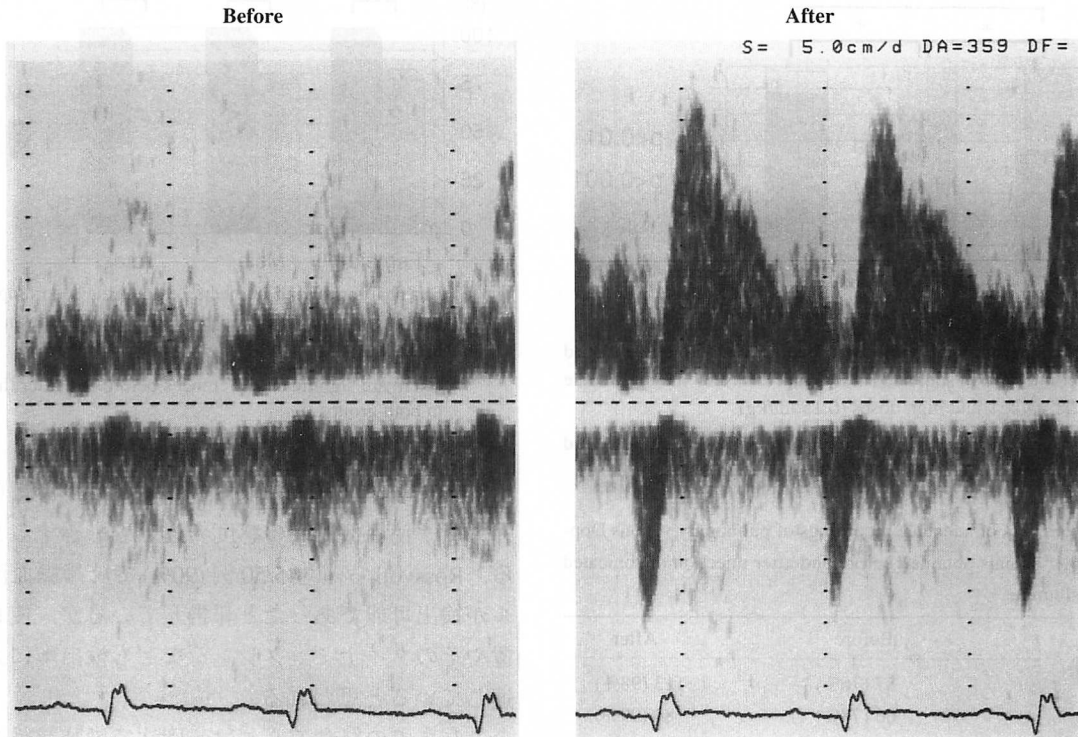


Fig. 2-A Pulsed wave Doppler echocardiogram of the right upper pulmonary vein

Note the unsuccessful recording of systolic and diastolic flows (*left*). After injection of sonicated albumin, the pulsed wave Doppler signals of pulmonary vein are enhanced and adequate recordings obtained.

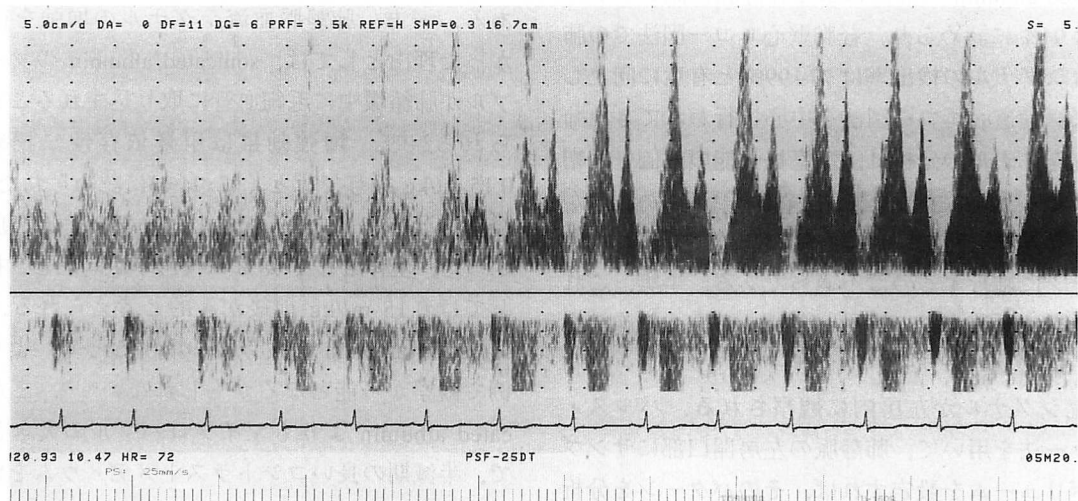


Fig. 2-B Pulsed wave Doppler transthoracic recordings of the right upper pulmonary vein

Note the flow signals are gradually enhanced and the systolic, diastolic and atrial flows are adequately visualized.

0.15 ml 投与で 44/47 例 (94%) に認められ, sonicated albumin の投与量に依存して増強効果が確認された ($p < 0.01$) (Fig. 3). また acoustic shadow を認めたものはなかった. Sonicated albumin の投与により記録可能となったものを含めると, 全体では肺静脈血流シグナル

の検出率は 99% (197/200 例) と良好であり (Table 2), 統計学的に有意な増強効果が認められた ($p < 0.01$) (Fig. 4). また sonicated albumin 投与によると思われる症状および副作用は観察されなかった.

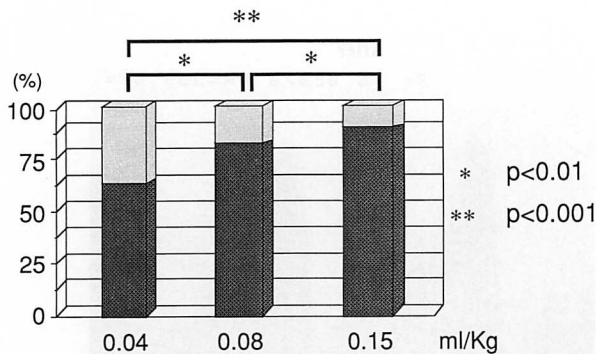


Fig. 3 Bar charts showing numbers of adequate recordings obtained after injection of sonicated albumin at low (0.04 ml/kg), middle (0.08 ml/kg), and high doses (0.15 ml/kg)

There are significant differences between the three groups, and most significantly between the low and high doses.

Table 2 Numbers of adequate recordings of pulmonary venous Doppler signals obtained before and after injection of sonicated albumin

	Before	After
Male	87 (76%)	113 (98%)
Female	66 (78%)	84 (99%)
Total	153 (77%)	197 (99%)

考 察

Sonicated albumin の静注による肺静脈血流シグナルの増強は94%に認められ、経胸壁心エコー図法での肺静脈血流シグナルの検出率は77-99%と有意に向上した。従来経食道心エコー図法を中心に行われてきた肺静脈血流シグナルの分析は、左室拡張能の評価や僧帽弁閉鎖不全の重症度評価に有用である¹⁾。しかしながら経食道心エコー図法は半侵襲的であり、外来レベルでルーチンに施行するのは不相当である。事実、これまでの報告は手術中での検討が多い。一方、経胸壁心アプローチによりカラードップラー法で少なからず肺静脈血流シグナルが左房内に観察される。パルス・ドップラー法を用いて、肺静脈の左房開口部にサンプリングボリュームを設定すれば、そのパターンを分析することは可能である。しかし肺静脈血流シグナルの収縮期波、拡張期波、心房収縮波とともに明瞭に記録するには経胸壁心エコー図法での検出率は十分でなく、今回の検討でも約77%であった。この理由として、肺静脈が体表面から遠いところに存在することがあげられる。また、エコービームの通過性が不良なことや、呼吸による肺静脈血流量の変動をサンプリング

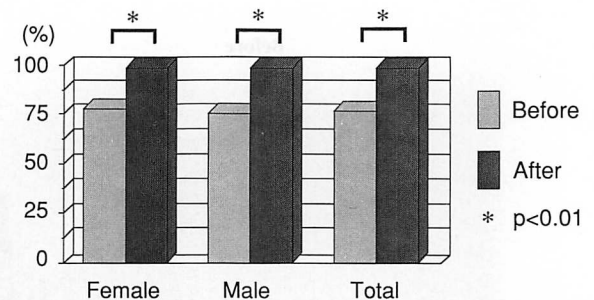


Fig. 4 Bar charts showing numbers of adequate recordings obtained before and after injection of sonicated albumin in males and females

There are significant differences before and after the injection in both groups.

ボリュームが良好に採取できないことが考えられる。一方で、使用機器間の感度の違いも影響すると思われる。Rossvollら²⁾は45/50例(90%)で肺静脈血流シグナルが検出可能であったと報告しているが、使われた装置やそのダイナミックレンジなども検出率に大いに関連していると思われる。

これまでの経食道心エコー図法での肺静脈血流シグナルの検出率は左上肺静脈で81.2-100%、右上肺静脈では76-100%である³⁻⁶⁾。今回の経胸壁心エコー図法での検出率は、これらと比較しても遜色のない結果である。一方、肺静脈血流シグナルの増強を得られなかった理由としては、sonicated albumin のマイクロバブルが肺循環中に毛細血管に取り込まれることが考えられる⁷⁻¹⁰⁾。増強効果は用量依存性に認められ、0.15 ml/kg 投与ではとくに94%に認められた。一方、今回の研究では、acoustic shadow を呈した症例はなかった。全体として98%に検出率が向上し、投与量としては0.15 ml/kg 前後が至的と考えられる。しかしsonicated albumin の投与量を増すことで、より多くの例で観察が可能となるかもしれない^{11,12)}。また、sonicated albumin よりもマイクロバブルの大きさが均一で、半減期の長いコントラストメディウムを使用すればより検出率が向上することも考えられる。

サンプリングボリュームの位置も肺静脈血流シグナルの検出の良否に関与すると考えられた。左房内の肺静脈血流シグナルにサンプリングボリュームを設定し、記録が不十分な症例でも、肺静脈の開口部にサンプリングボリュームを設定することで良好に記録可能となることが、数例で経験された。また、カラードップラー法で左房内の肺静脈血流シグナルが増強される

症例の多くは、肺静脈の開口部の同定が可能であり、肺静脈血流シグナルの良好な記録が得られた。一方、肺静脈の開口部が不明瞭な症例では、記録も不十分なことが多く、肺静脈の左房開口部の同定は肺静脈血流シグナルの観察に重要であると考えられた。

Sonicated albumin 投与に起因すると思われる合併症は観察されなかった。対象となった患者の中には、心不全改善後の患者や心機能低下例も含まれていた。したがって、sonicated albumin の静脈内投与によるコントラストエコー図法は安全に施行可能であり、肺静脈血流シグナルの観察に有用であると思われた。

結 論

Sonicated albumin の静脈内投与によるコントラストエコー図法による肺静脈血流シグナルの増強効果を経胸壁心エコー図法で観察した。

Sonicated albumin の静脈内投与によるコントラストエコー図法は、肺静脈血流のパルス・ドップラーシグナルを増強させ、経胸壁心エコー図法での検出率を向上させた。また、増強効果は sonicated albumin の用量に依存して向上した。

Sonicated albumin によるコントラストエコー図法は安全に施行可能で、肺静脈血流シグナルの観察に有用であると思われた。

要 約

近年肺静脈血流シグナルの分析により、心機能の評価などさまざまな情報が得られるようになってきている。肺静脈血流シグナルは経食道心エコー図法を用いれば約 100% に検出可能であるが、経胸壁心エコー図法ではその検出率は十分でない。Sonicated albumin の静脈内投与によるコントラストエコー図法は、各種のドップラーシグナルを増強させるといわれている。今回われわれは 200 例を対象に、sonicated albumin の静脈内投与により、肺静脈血流シグナルが増強されるか否かを検討した。その結果、肺静脈血流シグナルはコントラストエコー図法により増強され、経胸壁心エコー図法での検出率は 77-99% に向上した ($p < 0.01$)。また増強効果は sonicated albumin の用量に依存して向上した ($p < 0.01$)。

Sonicated albumin の静脈内投与によるコントラストエコー図法は、肺静脈血流シグナルを増強し、経胸壁心エコー図法においてその検出率の増加に貢献しうると思われる。

J Cardiol 1994; 24: 115-120

文 献

- 1) Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Cahalan MK, Shiller NB: Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 1990; **82**: 1127-1139
- 2) Rossvoll O, Hatle LK: Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: Relation to left ventricular diastolic pressures. *J Am Coll Cardiol* 1993; **21**: 1687-1696
- 3) Meijburg HWJ, Cees AV, Westerhof PW, Kasteleyn I, van der Tweel I, Medina EO: Normal pulmonary venous flow characteristics as assessed by transesophageal pulsed Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1992; **5**: 588-596
- 4) 加川憲作, 赤松 繁, 寺澤悦司, 野田俊之, 三輪啓志, 平川千里: 左室拡張早期における左室流入動態と肺静脈血流動態との相互関係: 経食道ドプラ心エコー図法による検討. *Jpn J Med Ultrason* 1992; **19**: 500-506
- 5) 赤松 繁, 加川憲作, 寺澤悦司: 術中モニターとしての経食道心エコー図法の有用性と問題点. *J Cardiol* 1991; **21** (Suppl XXVI): 103-108
- 6) 井内 新, 小川 聡, 河野智彦, 林 真見子, 青山好美, 恵美滋文, 細井憲三, 福田信夫, 森 博愛: 肥大大心および拡大心における肺静脈血流波形の検討. *J Cardiol* 1991; **21** (Suppl XXVI): 75-88
- 7) Klein AL, Bailey AS, Cohen GI, Stewart WJ, Duffy CI, Pearce GL, Salcedo EE: Importance of sampling both pulmonary veins in grading mitral regurgitation by transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; **6**: 115-123
- 8) Klein AL, Obarski TP, Stewart WJ, Casale PN, Pearce GL, Husbands K, Cosgrove DM, Salcedo EE: Transesophageal Doppler echocardiography of pulmonary venous flow: A new marker of mitral regurgitation severity. *J Am Coll Cardiol* 1991; **18**: 518-526
- 9) 西尾秀樹, 松崎益徳, 友近康明, 和崎雄一郎, 藤野尚子, 高木 昭: 肺静脈還流波形に及ぼす体位変換の影響: 経食道心エコー・ドプラ法による検討. *Jpn J Med Ultrason* 1992; **19**: 104-113

- 10) 井内 新, 小川 聡, 細井憲三, 林 真見子, 影治好美, 谷本雅人, 吉本和代, 福田信夫: 僧帽弁狭窄における肺静脈血流速波形の収縮期波に関する検討: 特に心房細動による影響について. *J Cardiol* 1991; **21** (Suppl. XXV): 117-128
- 11) 松田尚雄, 別府慎太郎, 中谷 敏, 太田剛弘, 宮武邦夫: 経静脈性コントラスト・エコー法による左室造影効果及び血行動態作用の動物実験による検討: Albunex と超音波攪拌ヒトアルブミンとの対比. *Jpn J Med Ultrason* 1992; **19**: 9-16
- 12) 外山裕子, 水重克文, 森田久樹, 深田英利, 平林浩一, 野崎士郎, 大森浩二, 千田彰一, 松尾裕英: 左心系コントラストエコー法による左室内血流動態解析: 左室壁運動障害と左室内血流異常に関する検討. *Jpn J Med Ultrason* 1992; **19**: 189-199