

心タンポナーデにおける右室および心房虚脱の診断的意義

Value of right ventricular and atrial collapse in identifying cardiac tamponade

庄野 弘幸
吉川 純一
吉田 清
加藤 洋
奥町 富久丸
白鳥 健一
小泉 克己
高尾 精一
浅香 隆久
赤阪 隆史

Hiroyuki SHONO
Junichi YOSHIKAWA
Kiyoshi YOSHIDA
Hiroshi KATO
Fukumaru OKUMACHI
Kenichi SHIRATORI
Katsumi KOIZUMI
Seiichi TAKAO
Takahisa ASAKA
Takashi AKASAKA

Summary

Collapse of the right ventricle and right and left atria is observed in cardiac tamponade. To assess the diagnostic value of each collapse component in identifying cardiac tamponade, two-dimensional and M-mode echocardiograms were recorded simultaneously with the measurement of intrapericardial pressure in five patients as they underwent pericardiocentesis. Before pericardiocentesis, each patient had evidence of right ventricular and right atrial collapse. In addition, left atrial collapse was observed in four patients. During pericardiocentesis, left atrial collapse initially resolved accompanied by a drop in pressure in the pericardial sac. Continuous drainage of pericardial effusion resulted in significant symptomatic improvement and the cessation of paradoxical pulse at the point of resolution of right ventricular collapse. However, right atrial collapse persisted after resolution of right ventricular collapse, but it was absent when pericardiocentesis was completed. Injection of saline solution with heparin into the pericardial sac for cleansing initially caused right atrial collapse, while right ventricular collapse developed with the appearance of cardiac tamponade. In one patient, the simultaneous recording of right ventricular and intrapericardial pressures and two-dimensional echocardiograms demonstrated that right ventricular collapse occurred early in diastole, when intrapericardial pressure exceeded right ventricular pressure.

In conclusion, right ventricular collapse is the most reliable sign of cardiac tamponade. Right atrial collapse occurs in the early stage of cardiac tamponade. Left atrial collapse appears very late in the course of hemodynamic deterioration due to cardiac tamponade.

神戸市立中央市民病院循環器センター 内科
神戸市中央区港島中町4-6 (〒650)

Department of Cardiology, Kobe General Hospital,
Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650

Received for publication March 13, 1986; accepted March 24, 1986 (Ref. No. 31-55)

Key words

Echocardiography Cardiac tamponade Right ventricular collapse Right atrial collapse Left atrial collapse

はじめに

現在, 心エコー図は, 心膜液貯留の診断に対し, 最も鋭敏な検査法として広く用いられている¹⁾.

心タンポナーデは心膜腔内の液体貯留により, 心拍出量の低下をきたした状態であり, その早期かつ的確な診断は, 臨床的にきわめて重要である.

心タンポナーデ時の心エコー図所見としては, 右室径および左室径の減少や, 僧帽弁動態の変化など²⁻⁶⁾が知られているが, いずれも特異的なものではない. しかしながら, 椎名ら⁷⁾が M モード心エコー図による右室前壁の異常運動を心タンポナーデに特徴的な所見であると報告してから, 右室および右房の虚脱 (collapse) が注目されるようになった. しかし, 右房や右室, 左房の虚脱の成因については, いまだ十分な検討がなされていない. 今回, 我々は臨床的に心タンポナーデ所見を呈した症例に対して, エコーガイド下に心膜穿刺を行い, 持続心膜腔ドレナージ中, 経時的に心エコー図を記録し, 心膜液貯留量や心膜腔内圧, 臨床徴候と心エコー図所見との関係について検討した. 今回の報告の目的は, これらの成績から虚脱の成因ならびに診断的意義を明らかにすることにある.

対象と方法

対象は臨床的に心タンポナーデ症状を呈し, エコーガイド下に心膜穿刺を行い, 持続心膜腔ドレナージ中, 経時的に心エコー図を記録することができた連続 5 例である. 年齢は 35 歳から 75 歳までで, 男性 3 例, 女性 2 例であった. 心膜液貯留の原因は, 肺癌の転移による癌性心膜炎 3 例, 悪性リンパ腫 1 例, ウイルス性心膜心筋炎 1 例であった (Table 1).

心タンポナーデという診断は, 心エコー図上,

Table 1. Clinical data of five patients with cardiac tamponade

Case	Age	Sex	Cause of effusion	Total volume of effusion (ml)
1. M. I.	35	F	Metastatic carcinoma (lung cancer)	190
2. M. I.	66	M	Metastatic carcinoma (lung cancer)	380
3. S. K.	70	M	Metastatic carcinoma (lung cancer)	460
4. K. I.	40	M	Malignant lymphoma	300
5. S. O.	75	F	Viral perimyocarditis	300

明らかな心膜液の貯留を認め, 臨床的に奇脈, 頸静脈怒張, 収縮期血圧低下, 頻脈, 呼吸困難などの徴候が存在し, 心膜液排液後, それらの徴候の消失あるいは明らかな改善がみられることにより行った.

心膜腔ドレナージは片上¹⁵⁾が報告した手技により, 臓器穿刺用探触子を用いてエコーガイド下に心膜穿刺を行い, 14 ゲージの軟性カテーテルを心臓後下方に留置して行った. 同時に fluid-filled 法にて心膜腔内圧の測定も行った. 全例, 心タンポナーデ症状が消失した後も可能な限り排液を続行し, 総排液量をもって心膜液の総貯留量とした.

超音波診断装置は東芝製 SSH 40A および 60A を使用し, 2.5 MHz の探触子を使用した. 全例に仰臥位にて, 断層心エコー図および M モード心エコー図を記録した. 断層心エコー図はビデオテープに録画し, その後 slow motion をも併用して虚脱の有無を分析した.

右室の虚脱は, 断層心エコー図において, 拡張期に右室壁の一部が内方へ運動することと定義した. 右房および左房の虚脱は, 心周期のいずれかの時相で心房壁が内方へ陥入あるいは翻転することと定義した.

また, 心不全症状を呈した症例では, Swan-

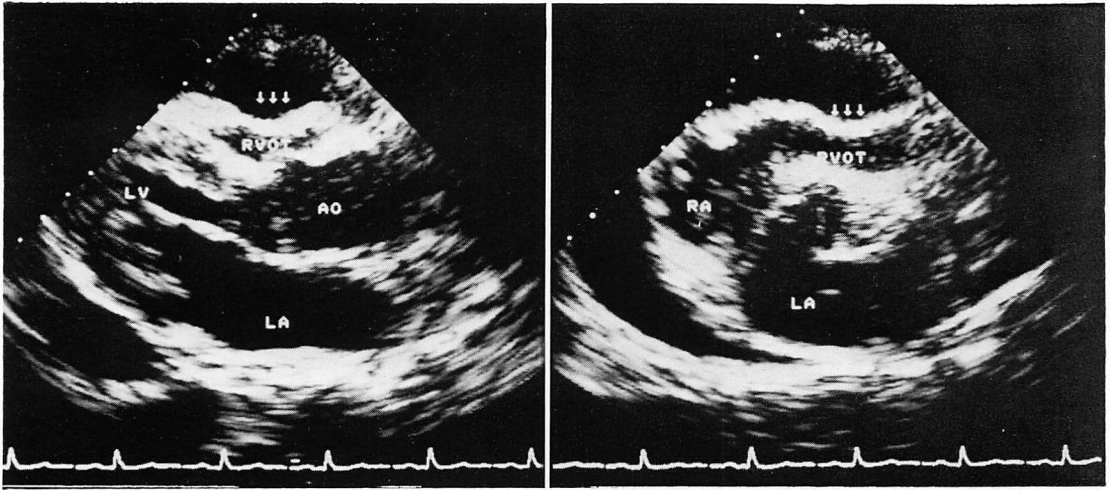


Fig. 1. Two-dimensional echocardiograms of a patient with cardiac tamponade.

Parasternal long-axis view (left) and short-axis view (right).

Right ventricular collapse characterized by indentation of the right ventricular free wall is clearly observed in diastole (arrows).

LV=left ventricle; LA=left atrium; RVOT=right ventricular outflow tract; AO=aorta; RA=right atrium.

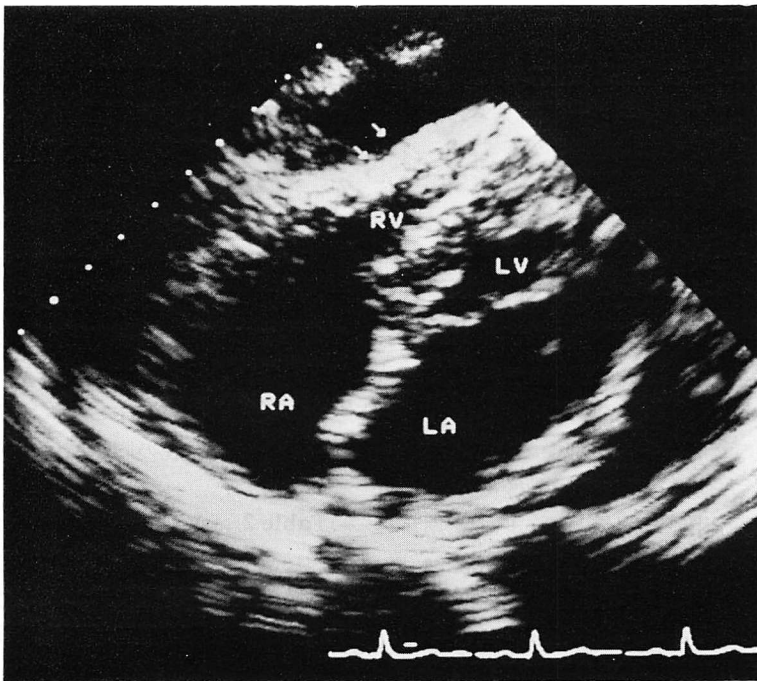


Fig. 2. An apical four-chamber view of a patient with cardiac tamponade.

Right ventricular collapse is observed in diastole (arrows).

RV=right ventricle; LV=left ventricle; RA=right atrium; LA=left atrium.

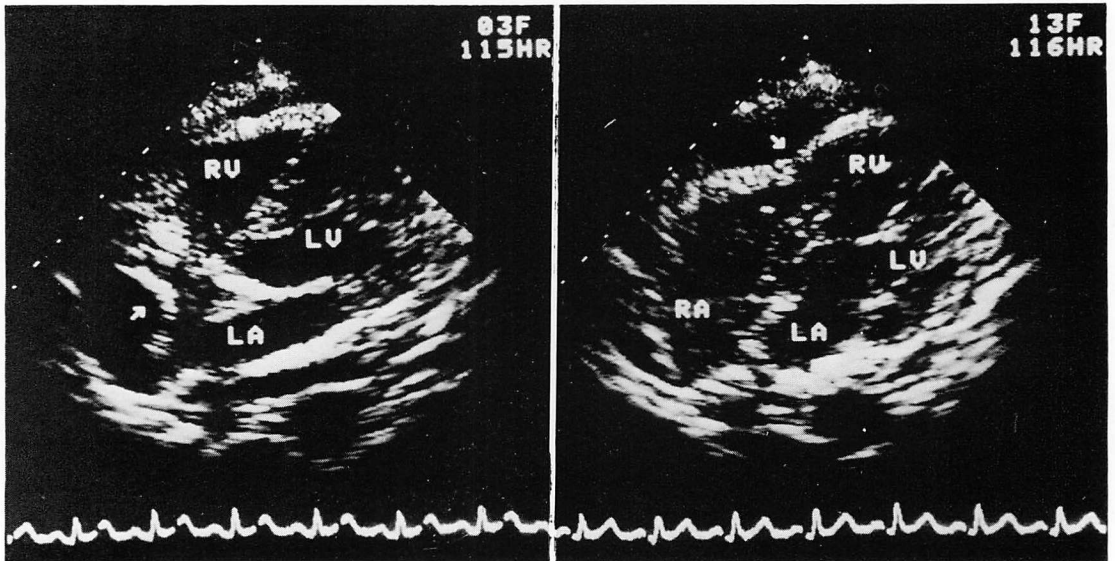


Fig. 3. Apical four-chamber views of a patient with cardiac tamponade.

Right atrial collapse is represented as inversion of the right atrial free wall in mid-systole (left). In end-diastole, right ventricular collapse is seen, and the right atrium maintains a normal configuration (right).

RV=right ventricle; LV=left ventricle; RA=right atrium; LA=left atrium.

Ganz カテーテルにより右室圧を測定し, 心膜腔内圧との同時記録を行い, 心エコー図所見との比較を行った.

成 績

心膜腔ドレナージにより排液された心膜液量は, 190 ml から 460 ml までであった. ドレナージ前の断層心エコー図では, 5 例全例に右室および右房の虚脱を認め, 心膜液量の少なかった 1 例をのぞく 4 例で左房の虚脱をも認めた.

Fig. 1 は症例 3 の断層心エコー図像である. 左が左室長軸像, 右が大動脈レベルの短軸像である. 右室壁のうち, 右室流出路に局限して, 拡張初期に明確な虚脱が認められる. Fig. 2 は同じく症例 3 の四腔断面像で, 拡張初期に右室壁が内側へ陥入するように観察される. Fig. 3 は症例 2 から得られた四腔断面像で, 収縮期の右房虚脱像(図左)と拡張期の右室虚脱像(図右)が明瞭に観察される. 右房虚脱は Figs. 3 & 4 に示すように, 全例,

右房の自由壁が収縮中期に大きく内方へ陥入あるいは翻転するように観察された. 左房の虚脱は右房ほど明瞭な陥入像としては観察されなかったが, 注意深く観察すると, やはり収縮期に内方へ陥入するパターンとして認められた (Fig. 4).

M モード心エコー図では, 右室虚脱は右室前壁の拡張期異常後方運動として, 右房および左房の虚脱は拡張後期から収縮中期にかけての自由壁の異常前方運動として観察された (Figs. 5 & 6). しかし, 的確な超音波ビームの設定が困難なことがあり, 心房虚脱の同定には断層心エコー図が必要であった.

Table 2 はドレナージ施行中の奇脈の消失および右房, 右室, 左房虚脱消失時の心膜液貯留量と心膜腔内圧を平均値で示したものである. 左房虚脱消失時の心膜腔内圧は平均 8.2 cm H₂O, 右室虚脱消失時の心膜腔内圧は平均 5.0 cm H₂O, 右房虚脱消失時の心膜腔内圧は平均 0.7 cm H₂O であった. すべての症例において, 虚脱消失の順序

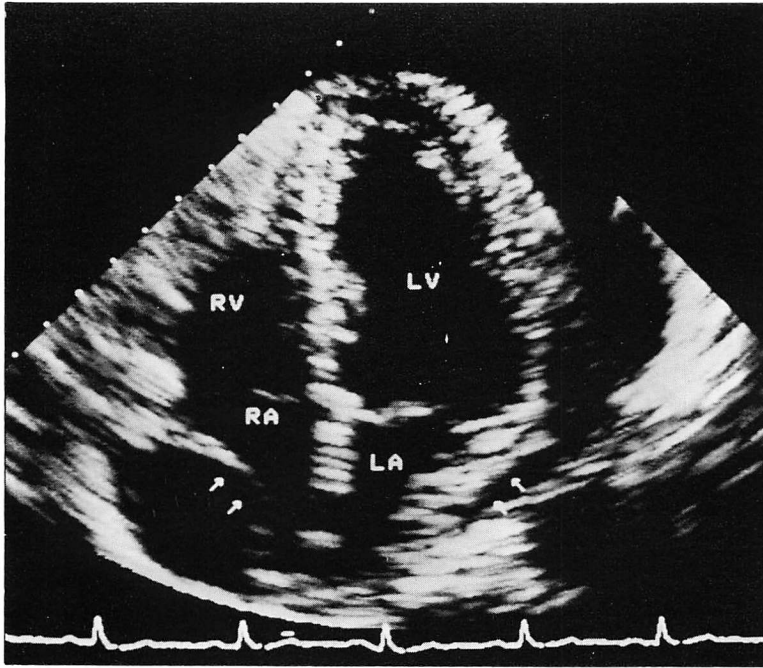


Fig. 4. An apical four-chamber view in mid-systole of a patient with cardiac tamponade.

Inversions of the right and left atrial walls are observed (arrows).

RV=right ventricle; LV=left ventricle; RA=right atrium; LA=left atrium.

Table 2. Relationship between volume of pericardial effusion and intrapericardial pressure during pericardial drainage

	Point of PP disappearance	Point of RAC disappearance	Point of RVC disappearance	Point of LAC disappearance
Mean volume of effusion (ml)	157	73	133	247
Mean intrapericardial pressure	4.9	0.7	5.0	8.2

PP=pulsus paradoxus; RAV=right atrial collapse; RVC=right ventricular collapse; LAC=left atrial collapse.

は左房、右室、右房の順であった。心タンポナーデに特徴的な臨床徴候とされる奇脈は、心膜腔内圧が平均 4.9 cm H₂O で消失し、右室虚脱の消失時期とほぼ一致しており、その他の心タンポナーデの徴候もほぼ同時期に改善傾向を呈した。一方、一部の症例で、心膜腔洗浄のために、心膜腔内にヘパリン加生理食塩水を注入すると、まず右房、次に右室の虚脱が出現し、右室虚脱とほぼ同時期に奇脈の出現を認めた。

Fig. 7 に症例 3 のドレナージ施行中の M モード心エコー図と、心膜腔内圧の変化を示す。左がドレナージ前の記録で、右へ順にドレナージ中の経過を示してある。この症例では、ドレナージ前の心膜液貯留量が 460 ml、心膜腔内圧が 8.5 cm H₂O であり、110 ml 排液し、貯留量が 350 ml、心膜腔内圧が 3.7 cm H₂O となった時点で左房虚脱が不明瞭となった。さらに心膜液を 200 ml 排液し、貯留量が 150 ml、心膜腔内圧が -0.3 cm

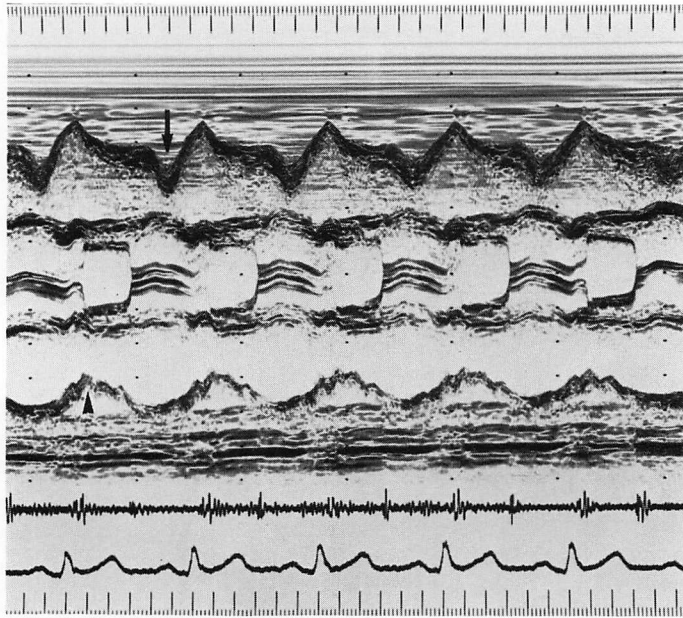


Fig. 5. M-mode echocardiogram of a patient with cardiac tamponade.

Exaggerated anterior motion of the posterior left atrial wall in systole (arrow head) and abnormal motion of the right ventricular free wall in diastole (arrow) are observed.

H₂O となった時点で右室虚脱が不明瞭となり、排液終了時、心膜腔内圧は -1.5 cm H₂O で右室壁の動きは正常であった。

心不全を呈したために Swan-Ganz カテーテルを挿入した1例で、右室圧と心膜腔内圧の同時記録を行うことができた (Fig. 8)。心膜腔内圧から右室圧を差し引いた圧曲線 (図最上段) をみると、拡張早期には、心膜腔内圧が右室圧より約 5 mmHg 高くなっていた。この時相は、心エコー図で右室の虚脱が観察される時相に一致していた。

考 察

心エコー図は、心膜液貯留に対し最も鋭敏かつ正確な検査法として、すでに確立されたものとなっている¹⁾。しかしながら、心タンポナーデの診断に対しては、それが必ずしも心膜液貯留量と直接的な関係を有しないため、タンポナーデに特有な所見が診断上必要となる。

心タンポナーデの心エコー図所見としては、心腔の減少を中心とする種々の報告があるが²⁻⁶⁾、それらは心タンポナーデでない症例でも、出現する。しかし、椎名ら⁷⁾や Armstrong ら⁸⁾の報告以後、右室虚脱、右房虚脱が心タンポナーデ時の心エコー図所見として注目されるようになった。Armstrong ら⁸⁾、Singh ら¹³⁾は、右室圧あるいは右房圧が最も低くなる時相でそれぞれの虚脱が最も明瞭になることから、心膜腔内圧と心腔内圧の差により虚脱が生じるものと推定している。Leimgruber ら¹²⁾は、動物実験において、心膜腔内に生理食塩水を注入すると、心膜腔内圧が右室圧を凌駕し、右室の虚脱が発生するものと説明している。また、右室心筋の肥大をきたした場合には、右室の虚脱が生じないことより、右室虚脱には心筋のコンプライアンスも関与していることをも示唆している。

我々の心膜腔内圧と右室圧の同時記録では、拡張早期に心膜腔内圧が右室圧より約 5 mmHg 高

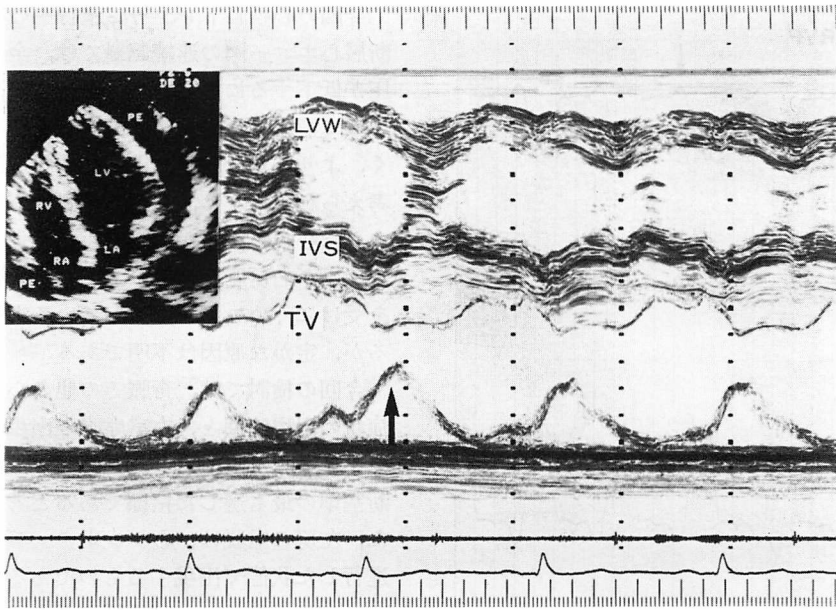


Fig. 6. M-mode echocardiogram from a patient with cardiac tamponade.
 Exaggerated anterior motion of the right atrial wall represents right atrial collapse.
 LVW=left ventricular wall; IVS=interventricular septum; TV=tricuspid valve; PE=pericardial effusion; LV=left ventricle; RV=right ventricle; LA=left atrium; RA=right atrium.

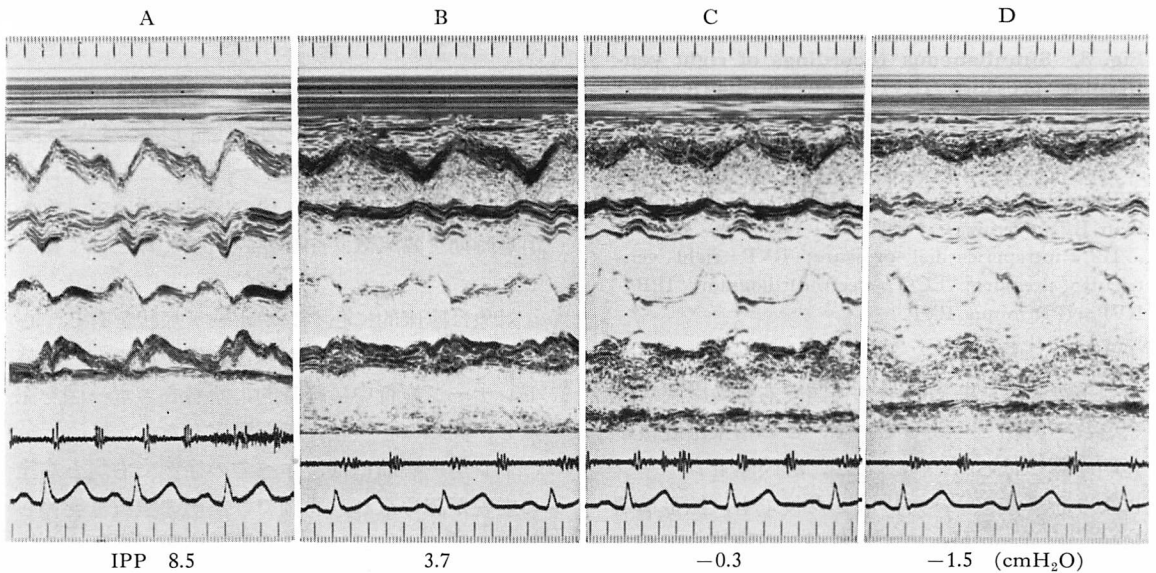


Fig. 7. Changes of M-mode echocardiograms and intrapericardial pressures (IPP) during pericardial drainage.

Before drainage, right ventricular collapse and left atrial collapse are clear (A). When IPP is 3.7 cmH₂O, left atrial collapse is equivocal (B). When IPP is -0.3 cmH₂O, right ventricular collapse is equivocal (C). After drainage, right ventricular wall motion is normal (D).

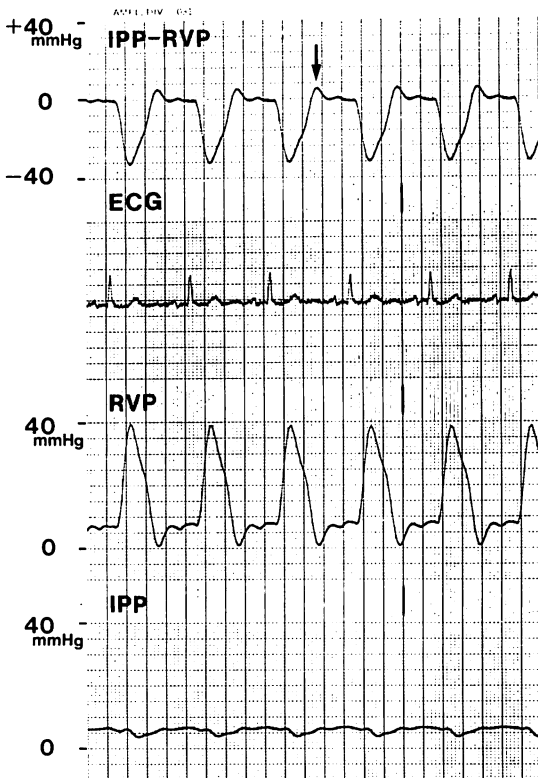


Fig. 8. Simultaneous recordings of right ventricular pressure (RVP) and intrapericardial pressure (IPP) of a patient with cardiac tamponade.

The uppermost recording is the difference from IPP to RVP. In early diastole, IPP is 5 mmHg higher than RVP (arrow).

IPP=intrapericardial pressure; RVP=right ventricular pressure; ECG=electrocardiogram; IPP-RVP=IPP minus RVP.

くなっており、断層心エコー図で右室の虚脱が観察される時相と一致していた。この結果は既報の説明を裏づけるものであるが、心膜腔ドレナージにより心膜液をすべて排液した後でも、拡張早期には、約 1 mmHg ではあるが、心膜腔内圧が右室圧より高くなっていた。もちろん、この時点では虚脱は認められず、虚脱がたんに圧の関係のみにより規定されるものでないことを示唆している。

今回の心膜腔ドレナージ施行中の心膜腔内圧と断層心エコー図の連続記録では、全例、心膜腔内圧が低下するに従って、虚脱は左房、右室、右房の順に消失した。右房は右室に比較して壁厚が薄く、より小さな圧差によって虚脱が生じることが考えられる。また、左房の虚脱は右房の虚脱よりさらに心膜腔内圧が高い時点で消失した。これは左房圧が右房圧より高いことや、胸腔内圧の影響を受けにくいことと関連しているものと考えられるが、定かな原因は不明である。

今回の検討では、奇脈その他の心タンポナーデ症状の出現時期と、右室虚脱の出現時期がほぼ一致することから、右室虚脱が心タンポナーデの診断基準の最も適した指標であると考えられる。また、左房の虚脱は、心タンポナーデ状態がさらに進行した状態で出現するものであると考えられる。右房虚脱は、右室虚脱よりも早期で、まだ心タンポナーデの臨床徴候が出現していない時点ですでに観察されており、心タンポナーデの前兆と考えられる。

要 約

心タンポナーデのよりの確な診断を目的として、連続 5 例の心エコー図を検討した。すなわち、心タンポナーデ時の心エコー図所見として注目されている右房、右室、左房の虚脱について、その消退時期を臨床徴候や心膜腔内圧と対比して検討した。

対象は臨床的に心タンポナーデ症状を有し、心膜腔ドレナージを施行された 5 例である。心膜腔ドレナージ施行中に経時的に断層心エコー図を記録し、同時に心膜腔内圧を測定した。

ドレナージ前には、すべての症例で右房と右室の虚脱が認められ、4 例では左房の虚脱も認められた。ドレナージにより心膜腔内圧が低下するに従って、虚脱は左房、右室、右房の順に消失した。右室虚脱の消失時期は、心タンポナーデ徴候の消退時期とほぼ一致していた。しかし、右房虚脱は、心タンポナーデ徴候が消失し、右室虚脱が消失し

た後にも認められた。逆に、心膜腔洗浄のためにヘパリン加生理食塩水を心膜腔内圧に注入すると、まず右房虚脱が出現し、右室虚脱は心タンポナーデ徴候の出現と同時期に出現した。

右室圧と心膜腔内圧の同時記録では、虚脱の生じる時相に一致して、心膜腔内圧が右室圧より高くなっていた。この結果は、虚脱が心膜腔内圧の上昇により生じることを示唆するものである。

以上より、我々は、心タンポナーデの診断には右室虚脱が最も重要であり、右房虚脱は心タンポナーデの診断基準としては鋭敏すぎ、その前兆的な所見であり、左房虚脱は心タンポナーデがかなり増悪した状況で出現するものと結論した。

文 献

- 1) Feigenbaum H, Waldhausen JA, Hyde LP: Ultrasound diagnosis of pericardial effusion. *JAMA* **191**: 107, 1965
- 2) Feigenbaum H, Zaky A, Grabhorn LL: Cardiac motion in patients with pericardial effusion. A study using reflected ultrasound. *Circulation* **34**: 611, 1966
- 3) Feigenbaum H, Zaky A, Waldhausen JA: Use of ultrasound in the diagnosis of pericardial effusion. *Ann Intern Med* **65**: 443, 1966
- 4) D'Cruz IA, Cohen HC, Prabhu R, Glick G: Diagnosis of cardiac tamponade by echocardiography: changes in mitral valve motion and ventricular dimensions, with special reference to paradoxical pulse. *Circulation* **52**: 460, 1975
- 5) Schiller NB, Botvinick EH: Right ventricular compression as a sign of cardiac tamponade: An analysis of echocardiographic ventricular dimensions and their clinical implications. *Circulation* **56**: 774, 1977
- 6) Settle HP, Adolph RJ, Fowler NO, Engel P, Agruss NS, Levenson NI: Echocardiographic study of cardiac tamponade. *Circulation* **56**: 951, 1977
- 7) Shiina A, Yaginuma, T, Kondo K, Kawai N, Hosoda S: Echocardiographic evaluation of impending cardiac tamponade. *J Cardiogr* **9**: 555, 1979 (in Japanese)
- 8) Armstrong WF, Schilt BF, Helper DJ, Dillon JC, Feigenbaum H: Diastolic collapse of the right ventricle with cardiac tamponade: An echocardiographic study. *Circulation* **65**: 1491, 1982
- 9) Engel PJ, Hon H, Fowler NO, Plummer S: Echocardiographic study of right ventricular wall motion in cardiac tamponade. *Am J Cardiol* **50**: 1018, 1982
- 10) Gillam LD, Guyer DE, Gibson TC, King ME, Marshall JE, Weyman AE: Hydrodynamic compression of the right atrium: A new echocardiographic sign of cardiac tamponade. *Circulation* **68**: 294, 1983
- 11) Kronzon I, Cohen HL, Winer HE: Diastolic atrial compression: A sensitive echocardiographic sign of cardiac tamponade. *J Am Coll Cardiol* **2**: 770, 1983
- 12) Leimgruber PP, Klopfenstein HS, Wann LS, Brooks HL: The hemodynamic derangement associated with right ventricular diastolic collapse in cardiac tamponade: An experimental echocardiographic study. *Circulation* **68**: 612, 1983
- 13) Singh S, Wann LS, Schuchard GH, Klopfenstein HS, Leimgruber PP, Keelan MH, Brooks HL: Right ventricular and right atrial collapse in patients with cardiac tamponade: A combined echocardiographic and hemodynamic study. *Circulation* **70**: 966, 1984
- 14) Fowler NO, Gabel M: The hemodynamic effects of cardiac tamponade: Mainly the result of atrial, not ventricular compression. *Circulation* **71**: 154, 1985
- 15) 片上信之: エコーガイド下心嚢ドレナージ法による癌性心嚢炎の治療. 日超医講演論文集 **47**: 217, 1985