

機能的三尖弁閉鎖不全の発生と三尖弁・弁輪形態との関連：超音波パルス・ドプラー法と断層心エコー図法による検討

Functional tricuspid regurgitation and its relation to the morphology of the tricuspid valve and annulus: A study by ultrasonic method

三神 大世
工藤 俊彦
桜井 信子
坂本 三哉
田辺 福徳
安田 寿一

Taisei MIKAMI
Toshihiko KUDO
Nobuko SAKURAI
Sanya SAKAMOTO
Yoshinori TANABE
Hisakazu YASUDA

Summary

The mechanism for the development of functional tricuspid regurgitation (TR) was studied by an ultrasonic method. Thirty-five examinations were performed in 31 patients who were expected to have functional TR, and the severity was classified into 4 grades according to the extension of the regurgitant signals by pulsed Doppler echocardiography. The satisfactory horizontal section of the tricuspid valve was obtained by two-dimensional echocardiography (2DE) to measure the tricuspid annular diameter and to observe systolic configuration of the tricuspid valve in 22 examinations.

The tricuspid annular diameter was well correlated with the severity of TR, and "lack of coaptation" of the valve was recognized on 2DE in some cases of severe TR with the markedly dilated annulus, indicating that this dilatation was an important trigger of functional TR. Additionally, in the majority of patients with severe TR, "anterior displacement" of the tips of tricuspid leaflet(s) (6 mm or more from the tricuspid annulus towards the right ventricle) was observed, which was thought to be due to the chordal traction secondary to the right ventricular dilatation, and contributed to the development of functional TR by disturbing sufficient coaptation. In one particular case, severe TR was associated with "malaligned coaptation" caused by the anterior displacement confined to the septal leaflet, indicating that asymmetrical dilatation of the right ventricle and/or disorientation of chordae-valve system may contribute to TR.

In patients with mild TR, the degree of tricuspid annular dilatation was slight and the majority of them did not have distinct alteration in the systolic configuration of the tricuspid valve on 2DE possibly because of the limitations inherent to the current 2DE system.

北海道大学医学部 循環器内科
札幌市北区北15条西7丁目 (〒060)

Department of Cardiovascular Medicine, School of
Medicine, Hokkaido University, Kita 15 Jo Nishi
7 Chome, Kitaku, Sapporo 060

Presented at the 25th Meeting of the Cardiography Society held in Tokushima, October 9-11, 1982
Received for publication January 10, 1983

This study elucidated that both the tricuspid annular dilatation and, in severe cases, anterior displacement of the tricuspid leaflet tips have an important role for the development of functional TR.

Key words

Functional tricuspid regurgitation Pulsed Doppler echocardiography Two-dimensional echocardiography

はじめに

超音波パルス・ドプラー法は三尖弁閉鎖不全の定量的把握に、また断層心エコー図法は右心形態の詳細な観察に、それぞれ優れた方法と考えられる。我々はこの両者を用いて、機能的三尖弁閉鎖不全の発生、進展の機序をその形態学的側面から検討した。

対象ならびに方法

対象は機能的三尖弁閉鎖不全を来し得ると考えられた各種心疾患 31 例で、計 35 回の検査を行った。基礎疾患は弁膜症 22 例 (23 検査)、拡張型心筋症 5 例 (7 検査)、虚血性心筋症 2 例 (3 検査)、および原発性肺高血圧症 2 例 (2 検査) であった。断層法で三尖弁にドーム形成、疣贅あるいは強い器質的変化を認めたものは除外した。

ドプラー法には Aloka 製 SSD 910 を用いた。探触子の発振周波数は 3 MHz、繰り返し周波数は 4.4 KHz であった。

三尖弁閉鎖不全 (以下 TR) の重症度評価には岡本らの方法¹⁾を用いた。すなわち、水平断面上の右房を三尖弁尖から右房後壁にかけて 4 等分し、逆流シグナルがそのどこまで到達するかによって 4 段階の重症度分類を行った (Fig. 1)。なお、サンプル・ボリュームの大きさは横方向 5×5 mm で、縦方向は TR の否定には 3 mm を、TR の検出には 1.5 mm を選択した。

断層法には Aloka 製 SSD 110S, 同 800S および ATL Mark V を用いた。探触子の発振周波数は、順に 3 MHz, 2.5 MHz および 3 MHz である。三尖弁輪径の評価には、水平断面中、三尖

弁輪が最大に捉えられる断面を用いた。時相は拡張終期で、弁可動部分のつけ根とつけ根の間の距離を mm 単位で計測した (Fig. 2)。

収縮期三尖弁形態の観察は水平断面で行った。この検討にあたっては、対象を水平断面の入射方向が詳細な弁形態の観察に適すると考えられたものに限定した。すなわち、水平断面と弁輪面中央に仮想した垂線とのなす角を水平、矢状の両断面から求め、これが 30 度以内であった 22 検査を用いた。TR 重症化に関連する弁形態変化を知る目的で、次の 3 点の有無を検討した。すなわち 1) 弁尖接合の消失 (loss of coaptation); 収縮期を通じて弁尖間に間隙を認めるもの、2) 不整弁尖接合 (malaligned coaptation); 弁尖接合にくい違いを認めるもの、3) 弁尖の前方偏位 (anterior displacement); 上記 1), 2) の有無にかかわらず、少なくとも一方の弁尖に弁輪線から 6 mm 以上の右室側への偏位があるもの (Fig. 3, Table 1)。

成 績

ドプラー法による TR 重症度分類では、TR (-) が 6 例、1 度が 10 例、2 度が 6 例、3 度が 9 例、4 度が 4 例であった。断層法で求めた三尖弁輪径 (体表面積の平方根で補正) と TR の重症度との間には、良い対応が認められた (Fig. 4)。すなわち、三尖弁輪径 (mm/m) の TR 各重症度群における平均値 ± 1 S.D. は、TR (-) 群で 21 ± 2、1 度群で 22 ± 2、2 度群で 25 ± 2、3 度群で 30 ± 3、4 度群で 35 ± 2 であった。

収縮期弁形態変化は TR 2 度以上の各群にみられ、とくに TR 3 度、4 度群に多かった (Fig. 5)。弁尖接合の消失は TR 3 度の 1 例と 4 度の 2 例に

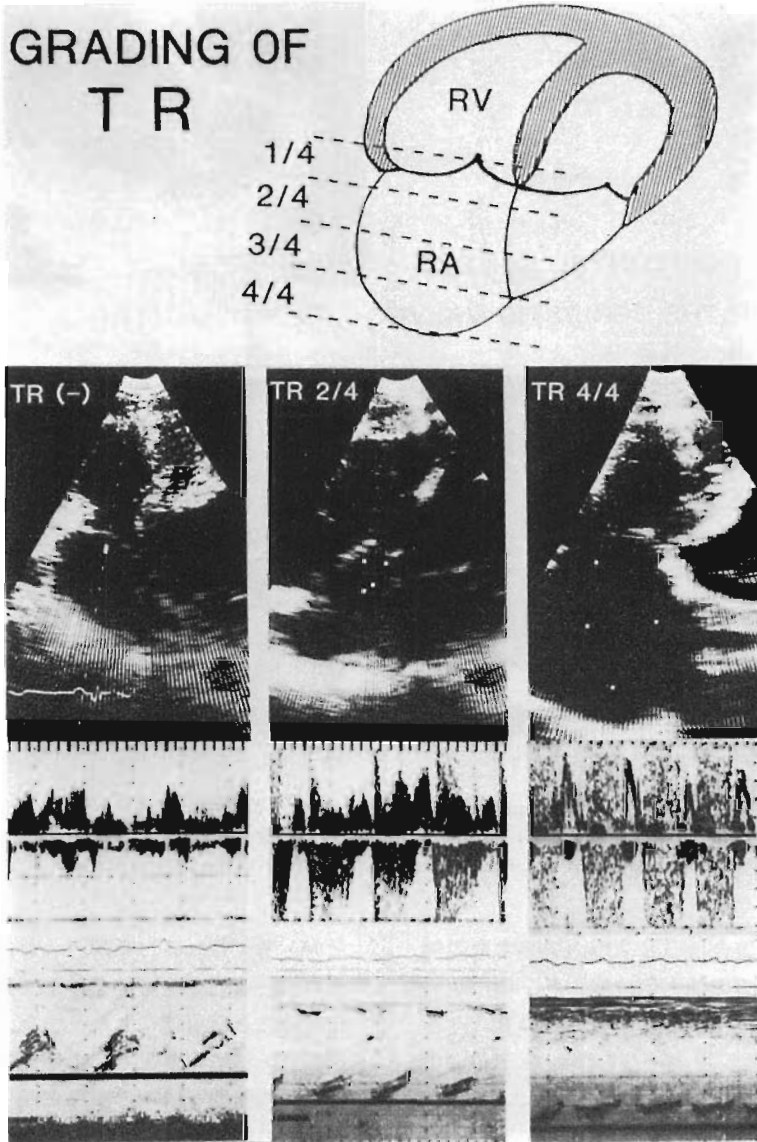


Fig. 1. Grading of TR.

Severity of TR is classified into 4 grades according to the extension of the regurgitant signal compared to the longitudinal dimension of the right atrium. Three examples of the horizontal 2DE indicating sample sites and Doppler recordings are shown. From the left, a case without TR, a case with 2/4 TR and a case with 4/4 TR.

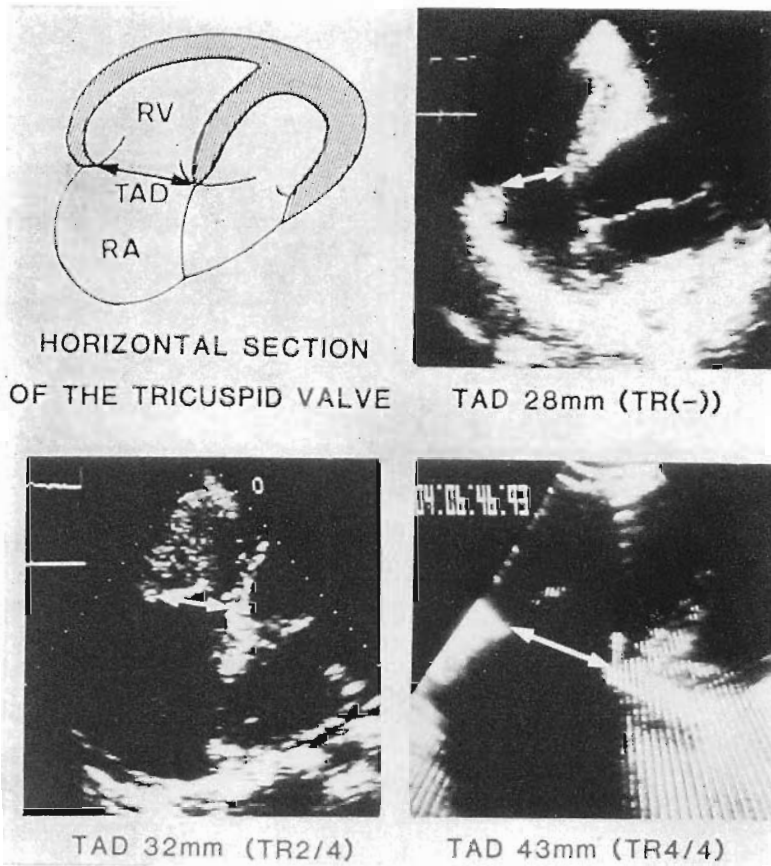


Fig. 2. Measurements of the tricuspid annular diameter (TAD).

At the end-diastole, a distance between the joint of the anterior leaflet and that of the septal leaflet was measured on the horizontal section of tricuspid valve. Three examples of the measurements are shown.

認めた. 不整弁尖接合は TR 2 度の中隔尖逸脱例と, TR 4 度の中隔尖前方偏位例の各 1 例に認めた. 弁尖の前方偏位は, これ単独では TR 2 度と 3 度の 4 例に, また, 弁尖接合の消失や不整弁尖接合に合併して TR 3 度と 4 度の 3 例に認めた.

考 接

従来から, 機能的 TR の発生, 伸展の機序として, 三尖弁輪の拡大や, 右室拡大に伴う腱索の弁牽引などが考えられている²⁾. しかし, その実証はいまだ十分なされていない. これは, 従来, 右心系の病態を的確に把握する手段に乏しかった

ためと考えられる. 断層心エコー図法は変化しやすい右心形態を生理的条件下で動的かつ詳細に観察することを可能にした. また, 超音波パルス・ドプラー法により, TR の定量的把握が容易になった. 機能的 TR の機序に関係する右心系の形態変化の解明には, これら超音波法がもっとも有力な手段であると考えられる.

TR 例で三尖弁輪が拡大していることは, すでに様々な方法で確認されている^{3~5)}. しかし, 機能的 TR の重症度と三尖弁輪拡大との対応については, あきらかにされていなかった. 我々は本研究において, この両者が良く対応することを実

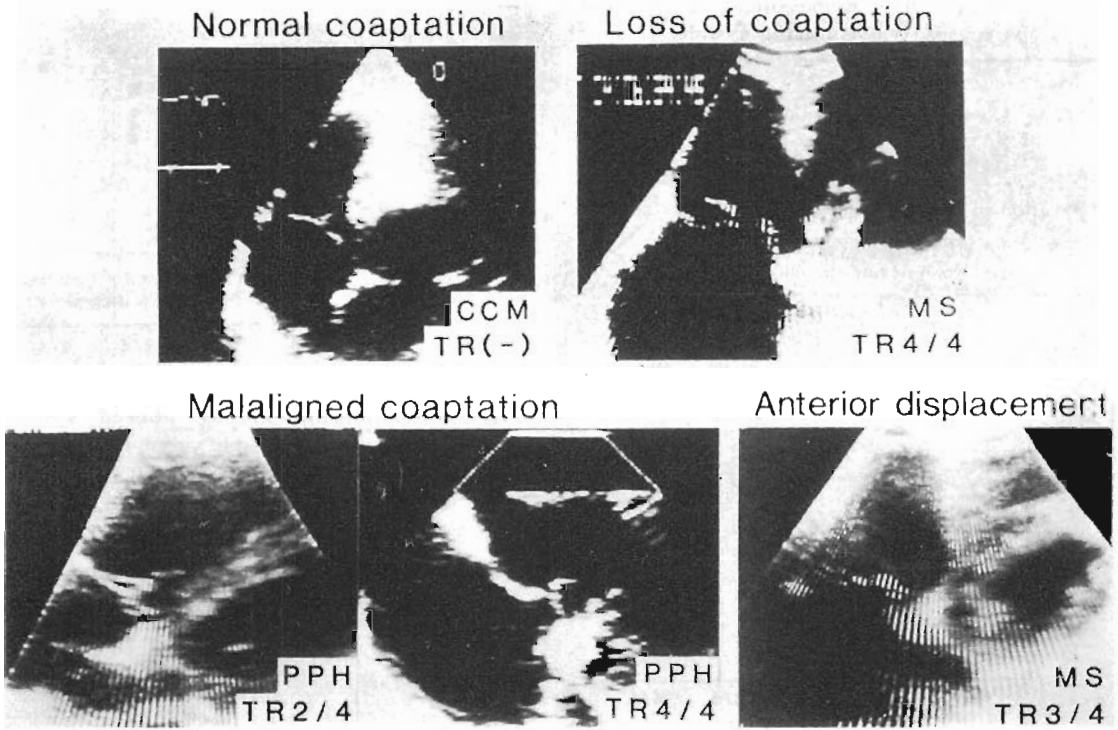


Fig. 3. Altered systolic configurations of the tricuspid valve associated with functional TR.

Upper left; normal coaptation. Upper right; the tips of the two leaflets are apart during systole, resulting in a lack of valve coaptation (loss of coaptation). Lower left; malaligned coaptation caused by the prolapse of septal leaflet. Lower middle; malaligned coaptation due to the displaced tip of the septal leaflet toward the right ventricle. Lower right; coaptation is preserved, but the coaptation point is displaced toward the right ventricle (anterior displacement). The anterior displacement may be present with other coaptation abnormalities (for example, the upper right case and the lower middle case).

証し得た。我々が、水平断面上の弁輪径を用いたのは、断面設定や弁輪の描出、計測が、矢状断面や右室流入路長軸像⁶⁾より容易であったためである。また、とくに僧帽弁疾患例では、TRの変化に応じて、水平方向の弁輪径のほうが変化しやすいという印象があったためでもある。しかし、三尖弁輪の変形の問題なども含め、そのより詳細な検討には、三尖弁輪の三次元的な把握も必要であろう⁵⁾。

本研究では、機能的 TR 例の収縮期三尖弁形態についても検討した。従来、TR 例の三尖弁エコーを M モード法で観察した報告⁷⁾はあるが、こ

の方法では詳細な検討は不可能であった。我々は断層法を用い、重症 TR に伴う弁形態変化を見出し、これからも TR 重症化の機序を考察することができた。本研究では、弁尖接合の消失、不整弁尖接合および弁尖の前方偏位の 3 者に注目した。中でも、弁尖の前方偏位が重症 TR 例の大多数にみられ、軽症 TR 例には少なかったことが注目される。弁尖の前方偏位は、右室の拡大に伴う三尖弁腱索の収縮期弁牽引によって招来されたものと考えられる。これが、三尖弁輪拡大とともに、弁尖接合面積の減少あるいは弁尖間の離開をもたらすことは容易に推察される。重症

Table 1. Morphological classification of the tricuspid valve during systole

Mode of coaptation
1. Loss of coaptation
2. Malaligned coaptation
3. Aligned coaptation
Position of tips of leaflets
a. Anterior displacement
b. No anterior displacement

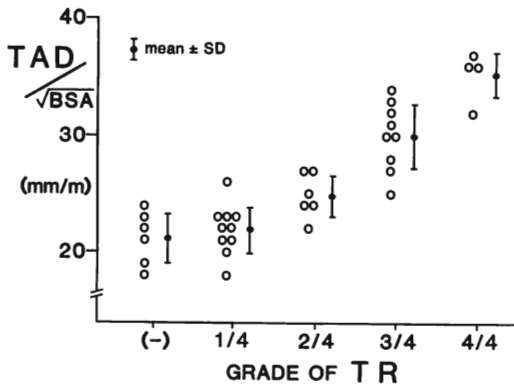


Fig. 4. Relationship between the tricuspid annular diameter (TAD) and grade of TR (n=35).

TAD is corrected with a square root of body surface area (BSA). Open circles show individual cases, and mean TAD value (closed circles) with 1 S.D. is shown. TAD is greater in cases with severe TR.

TR 3例に捉えられた断層法上の弁尖接合の消失は、弁尖間離開の極端な例であろう。これらの例では、著明な弁輪径拡大と同時に、うち2例で弁尖の前方偏位も認め、上記の推論を裏づける成績と考える。不整弁尖接合の2例の評価は必ずしも容易ではないが、ともに基礎疾患が原発性肺高血圧症であったことは注目される⁸⁾。うち、明瞭な中隔尖逸脱を呈した1例については偶発合併と捉えるか、肺高血圧症による弁変化と考えるか判断が難しい。他方、中隔尖前方偏位が不整弁尖接合の主体であった1例については、不均等な右室拡大に伴う弁尖接合のくい違いが重症 TR に関

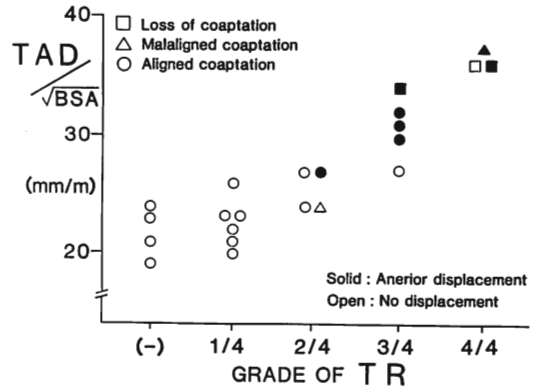


Fig. 5. Relationship among altered systolic configuration of the tricuspid valve, the tricuspid annular diameter and grade of TR (n=22).

与する可能性も考えられ注目された。

軽症 TR 例では、弁輪径拡大の程度も少なく、また、収縮期弁形態変化の捉えられない例が多かった。しかし、これらの例においても、断層法の分解能以下の軽い形態変化があって、TR の成因となっている可能性は十分考えられる。本研究で得られた機能的 TR 発生、伸展の機序についての考察は次のようにまとめられる。三尖弁輪拡大と弁尖の前方偏位は、相協同して収縮期の弁尖間離開をもたらし、TR 発生、伸展の主因になると考えられる。また、不均等な右室拡大や弁-腱索系自身の変化も、これに関与する可能性が考えられる。

要 約

機能的三尖弁閉鎖不全の発生、進展の機序について、超音波法を用いて検討した。対象は機能的三尖弁閉鎖不全を招来し得ると考えられた各種心疾患 31 例 (35 検査) である。三尖弁閉鎖不全 (以下 TR) は、超音波パルス・ドプラー法により、逆流シグナル到達距離と右房縦径との比から 4 段階に重症度分類した。また断層心エコー図法で三尖弁の水平断面を得て、三尖弁輪径の計測と収縮期三尖弁形態の観察を行った。

TR の重症度と三尖弁輪径 (体表面積の平方根

で補正)とは互いに良く対応した。また著明な弁輪径拡大を呈した重症 TR 例の一部に、収縮期弁尖接合の消失が、断層法上明瞭に捉えられた。このことから、三尖弁輪拡大が TR 重症化の機序として重要であることが確認された。また、重症 TR 例の多くに、弁尖の前方偏位(収縮期、弁輪線から右室側への 6 mm 以上の偏位)を認めた。これは右室拡大に伴う三尖弁腱索の弁牽引によって惹起されたものと考えられた。弁尖の前方偏位もまた弁尖間の十分な接合を妨げる要素として、TR 重症化に関与すると考えられた。さらに特異な例として、一方の弁尖のみが前方偏位することによって不整弁尖接合(弁尖接合のくい違い)を来し、重症 TR を来したと考えられるものもあり、右室の不均等な拡大や弁、腱索自身の変化が TR を重症化させる可能性が考えられた。

一方、軽症 TR 例では弁輪径拡大の程度も少なく、また収縮期弁形態変化の捉えられない例が多かった。しかし、これらの例においても、断層法の分解能以下の軽い形態変化があつて、TR の成因となっている可能性は十分考えられる。本研究は、機能的 TR 発生、伸展の機序として、三尖弁輪の拡大と三尖弁尖の収縮期前方偏位が重要であることを実証し得たと考える。

文 献

- 1) Okamoto M, Miyatake K, Kinoshita N, Sakakibara H, Kawazoe K, Fujita T, Ohta M, Kozuka T, Nimura Y: Evaluation of tricuspid regurgitation by the ultrasonic pulsed Doppler technique from a transcutaneous approach. *J Cardiology* 11: 727-740, 1981 (in Japanese)
- 2) Braunwald E: Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1980, p 1149
- 3) Carpentier A, Deloche A, Hanania G, Forman J, Sellier P, Piwnica A, Dubost C: Surgical management of acquired tricuspid valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 67: 53-65, 1974
- 4) Kuwako K, Tohda E, Ino T, Umeda T, Furuta S, Machii K: Echocardiographic evaluation of the tricuspid valve and ring: Diagnosis of tricuspid stenosis and regurgitation. *J Cardiology* 10: 947-966, 1980 (in Japanese)
- 5) Tei C, Pilgrim JP, Shah PM, Ormiston JA, Wong M: The tricuspid valve annulus: Study of size and motion in normal subjects and in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* 66: 665-671, 1982
- 6) Kato H, Kudo M, Tsuji K, Yamaoka S, Yoshida K, Takagi Y, Okumachi F, Yanagihara K, Owaki T, Yoshikawa J: Tricuspid valve motion and tricuspid valve ring size in normals and patients with atrial septal defect. *J Cardiology* 11: 209-215, 1981 (in Japanese)
- 7) Nishimura T, Morioka S, Kawai C, Kotoura H: Echocardiographic evaluation of tricuspid regurgitation. *J Cardiology* 7: 177-185, 1977 (in Japanese)
- 8) Shimada E, Asano H, Kurasawa T, Katoh M, Matsumoto K, Yamane Y: Tricuspid valve prolapse associated with cor pulmonale: Report of 2 cases. *J Cardiology* 10: 163-172, 1980 (in Japanese)