

僧帽弁弁輪縫縮の実験的研究

天理よろづ相談所病院心臓血管外科

鯉 江 久 昭

〔原稿受付：昭和54年2月8日〕

Experimental Study of Mitral Annuloplication

HISAAKI KOIE

From the Department of Cardiovascular Surgery, Tenri Hospital

Using 28 isolated canine hearts, left heart was perfused with saline water under constant pressure, and mitral valve flow was measured. This flow paralleled pretty well with the calculated orifice area at the level of mitral annulus assuming that the shape of the area surrounded by the annulus is always similar despite annular plication.

Then, subvalvular stenosis was created by tying chordae tendineae together. The percentile decrease of mitral valve flow by annular plication was far less in such heart with subvalvular stenosis than in normal heart. This tendency increased as the severity of subvalvular stenosis increased. This result suggests that the stenosis caused by the plication of the annulus may be masked by preexisting subvalvular stenosis.

は じ め に

僧帽弁の逆流を改善するため僧帽弁輪を縫縮し、弁尖の coaptation を適正ならしめようとする手術は、1950年代に始まる開心術の初期の時代から臨床的に用いられて来ている¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。純型の僧帽弁閉鎖不全症で僧帽弁輪が著明に拡大している場合などでは、可成り弁輪を縫い縮めたとしても臨床的に問題となる様な狭窄症状を惹起しないですませることが出来る。しかし、弁輪拡大がない場合や、弁尖の肥厚、腱索の癒合短縮など弁狭窄変化が存在する場合などでは、弁輪縫縮操作はただちに弁狭窄症状の発現につながり得るものであって、臨床的に行う場合には慎重な配慮が必要

となる。

弁輪縫縮をどの程度まで実施してもよいかの許容度についての臨床的の記載を見ると、たとえば Reed 等は⁶⁾、弁口面積が 2.5cm^2 以上であれば圧較差を生じないとして、弁輪のレベルで、この面積を得させるのが、弁輪縫縮による僧帽弁逆流修復の目標であるとしている。そして、これは、前弁尖弁輪で 4cm、後弁尖弁輪で 2cm の距離を残して縫縮することで達成されるとしている。又、Ellis²⁾ は、後内方弁輪縫縮後の弁口を 2 指より狭くすることは賢明でないといっている。実験的に検討した報告はこれに反してなかなか見当たらない。

又、病的変化を有する僧帽弁に弁輪縫縮を行う場

Key words : Mitral valve, Mitral annuloplication, Mitral stenosis.

索引語：僧帽弁，僧帽弁弁輪縫縮，僧帽弁狭窄症

Present Address : Department of Surgery, Hirosaki University, School of Medicine, Hirosaki, Aomori, Japan.

合、例えばリウマチ性僧帽弁狭窄症に交連切開を行い、しかも同時に弁輪縫縮を合併実施する様な場合は、正常に近い柔かい弁組織を有する僧帽弁に弁輪縫縮を行った場合とくらべ、狭窄を惹起する程度が異なる可能性は充分推測されるが実際のデータにとぼしい現況である。そこで著者はこの様な僧帽弁弁輪縫縮術の狭窄効果についての実験的検討をおこなった。

方 法

28頭の雑種犬摘出心臓を用いた。摘出後生理食塩水につけ、1日から1週間冷蔵庫中で保存した心臓を使用した。

僧帽弁に種々の程度の弁輪縫縮や、弁下狭窄作成を行い、一定の圧力で左心房から左心室へ生理食塩水を流し、その流量を測定した。一定の環流圧のもとでの僧帽弁流量の変化を調べるにより弁抵抗の変化を知ることが出来ると考えた。

貯水槽の高さを変え、流量調整用クランプを操作することによって環流圧を調節した。この環流方法は図1に示した。摘出心臓の右室及び右房自由壁を切離し、左心標本を作成し使用した。左心房圧は左心耳に

挿入したポリエチレン管に接続した電気ひずみ圧力計により測定した。

環流方法Aは図1のAの様である。まず、左心標本の大動脈起始部を結紮、左右冠動脈にも糸をかけて結紮した。左心房を4ヶ所の肺静脈流入部を含めて切開し、その切開口より左房に環流用連結管を挿入し、その周囲にかけたタバコ縫合糸によるターニケットにより、この管を確保した。

左室心尖部にタバコ縫合糸をかけ、その部から左室内に直径6~7mmの太い管を挿入し、管の先端附近に左心室圧測定用ポリエチレン管を留置した。この様にして図1の様に僧帽弁を通して生理食塩水を還流させた。左房圧15cm水柱、左室圧10cm水柱での流量を測定することとした。しかし、実際には、正常に近い狭窄のすくない弁では流量が多くなり、5cm水柱の圧較差を得ようとすると当然のことながら環流圧も上昇し、到底この様な圧関係を得ることはむづかしかったので、実験の多くは次のBの方法を用いた。

環流方法B 摘出心臓の右房壁及び右室壁を切除、左房圧測定用ポリエチレン管を左心耳に挿入することはAの方法とかわらないが、大動脈起始部は開放しておき、更に僧帽弁構造を損わない程度に広く左室壁を切除することにより左室腔を開放し、圧測定は左房圧のみで、これが10cm水柱になる様な僧帽弁流量を測定した(図2)。

臨床上遭遇する狭窄僧帽弁の病理的変化は複雑であるが、本研究では主要変化の1つである弁下組織の病変に的をしぼった。摘出心の僧帽弁腱索を前交連側と

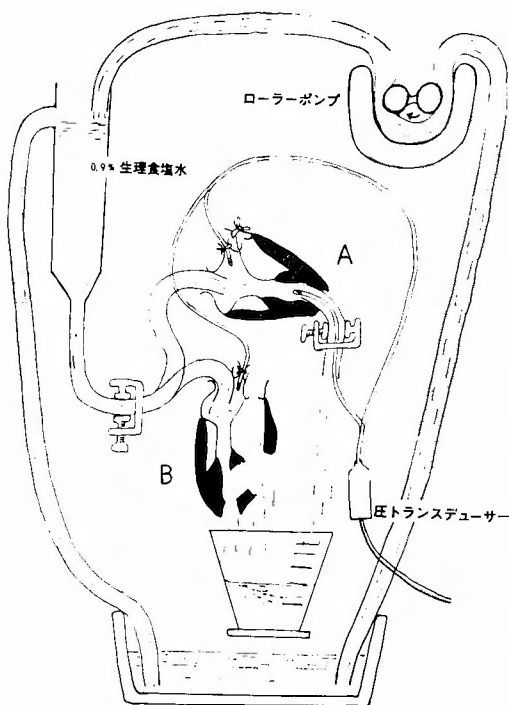


図1 摘出心臓環流方法と回路について

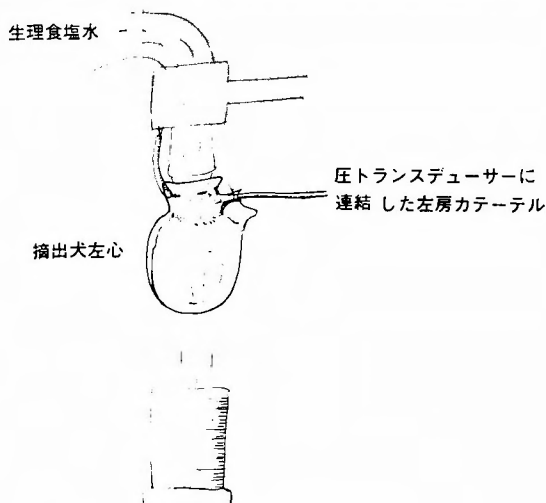


図2 環流方法Bについて

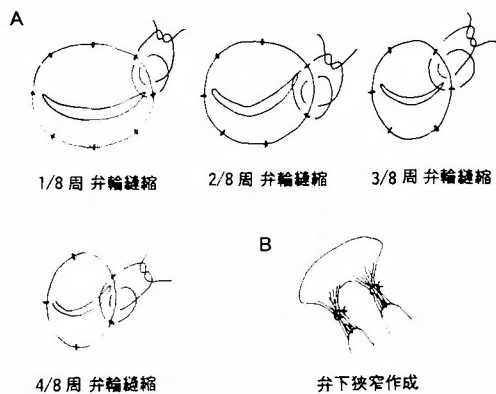


図3 A. 前後弁尖の弁輪中央部に黒糸で印を付けた後、弁輪を8等分し、1/8周ずつ弁輪縫縮を追加する。
B. 腱索を前・後交連の2群で結び、弁下狭窄を作成する。

後交連側の2群にわけ、それぞれをまとめて腱索中央部附近で糸でしばることにより弁下狭窄を作成した。この様な僧帽弁下狭窄を有する左心標本及び弁下部狭窄を有しない左心標本について、弁輪部縫縮を段階的におこない、縫縮による環流量の変化の程度、つまりは弁抵抗の変化の違いを検討した。

弁輪縫縮は通常図3の様に8字縫合でおこない、縫縮の程度を1/8周、2/8周、3/8周、4/8周と漸次強め、そのたびに弁流量を測定した。

弁輪を縫縮する場合、もし弁輪により囲まれる弁の形が変わらず、常に相似形であると仮定するなら、弁輪により囲まれる面積は弁輪の長さの2乗に比例することになる。実際は決して相似にはならないが、それでも弁輪の長さや弁輪部面積とが直線的に比例すると考えるよりは遙かに合理的である。以下の検討では、前者の様な比例の傾向がほぼ存在すると考え、例えば、弁輪が1/8周縫縮されれば残りの弁輪が7/8周となり、その弁輪により囲まれる面積が $(7/8)^2$ 即ち 0.766 となるという様に考え、その様にグラフに表現することとした。

環流方法Aの結果

Aの環流方法によれば、弁の上流 (15cm 水柱) のみならず下流 (10cm 水柱) に於いても圧が一定に保たれ、従って僧帽弁抵抗と流量はほぼ反比例すると考えられる。5例の僧帽弁下狭窄心で、弁輪縫縮の程度を増して行って環流方法Aによる流量の変化を見た結

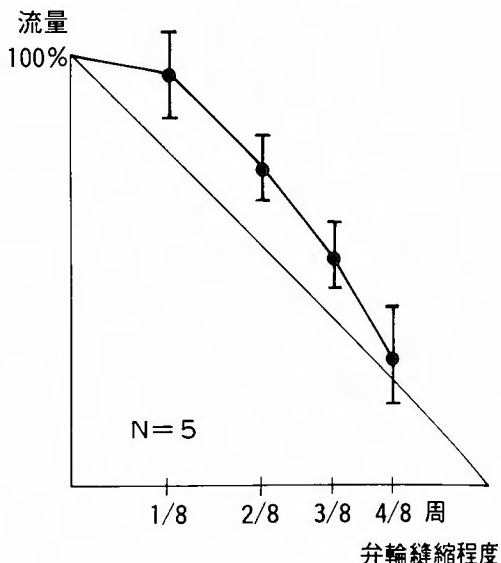


図4 弁下狭窄弁に於ける弁輪縫縮程度と流量の減少について。左房圧 15cm 水柱、左室圧 10cm 水柱で環流した僧帽弁流量 (弁輪無縫縮時を 100%とす)。

果を図4に示した。これら5例の弁下狭窄心の弁輪縫縮により招来される弁流量の減少は、弁輪部面積の減少のみから予測される量より遙かにすくなかった。即ち、流量は1/8周縫縮時 $95.6 \pm 10.2\%$ 、2/8周縫縮時 $73.9 \pm 7.7\%$ 、3/8周縫縮時 $53.4 \pm 7.5\%$ 、4/8周縫縮で $30.1 \pm 11.6\%$ となった。

弁下狭窄のない弁の場合との対比を考えたが、その様な弁では流量が大となり、Aの方法を用いることは不可能であったので、Bの方法を用いた。Bの方法では下流の圧が必ずしも0とは言えず問題を残すことは否めない。そこで方法の信頼性を確認するため、Aの方法とBの方法とを同一弁下狭窄心でおこない弁輪縫縮による弁流量減少の傾向がこの2つの測定方法で同じ様であることを認めた。

環流方法Bの結果

さて、22ケの摘出犬心を使用してBの方法で環流した。まず腱索結紮等の手技を加えることなく、前述した様な方法で僧帽弁輪縫縮を行い、その程度を漸次強め、弁流量を測定した。1/2周縫縮に至って前述の如き方法で弁下狭窄を作成した。そして、弁輪縫縮糸を1本ずつ逆の順序ではずし、縫縮程度を漸次減じては流量を測定した。

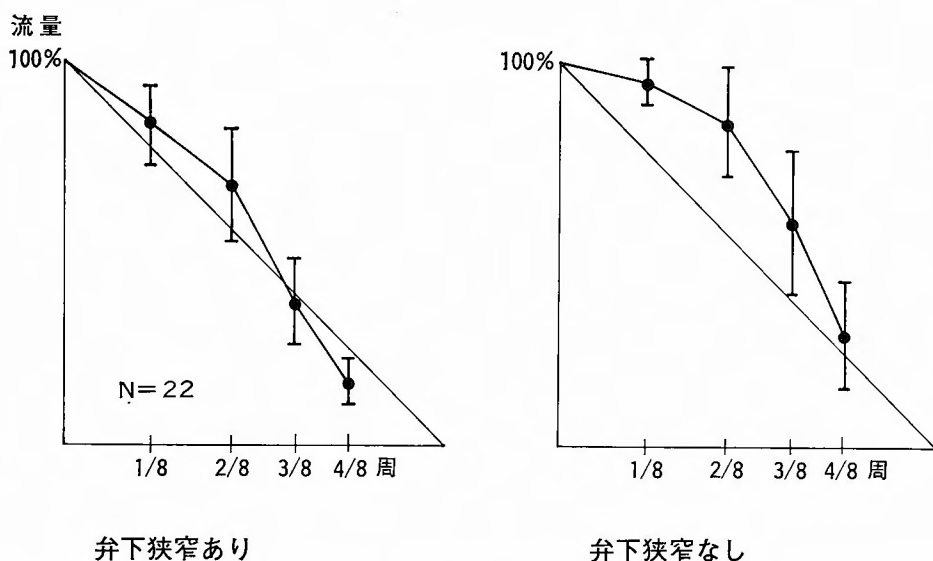


図5 左室壁を広範切除した左心標本を左房圧 10cm 水柱で環流した僧帽弁流量（弁輪無縫縮時を 100%とす）。弁下狭窄作成の有無と弁輪縫縮程度による流量の減少について。横軸は弁輪縫縮程度。

約 1 時間から 1 時間半で流量測定の後を無縫縮、腱索結紮の状態を実施し終ると、腱索結紮糸をはずし、流量測定を始めたときと同じ無縫縮、無弁下狭窄の状態としてもう 1 度流量測定をおこなった。この値が最初の測定値の $\pm 10\%$ の範囲を越えるものは検討から除いた。

弁下狭窄を作成しない場合には無縫縮時の流量は平均 $162 \pm 51 \text{ cc/秒}$ であった。この無縫縮時流量を 100% とすると、1/8 周縫縮時の流量は平均 $82.8\% \pm 10.7\%$ 、2/8 周縫縮で $67.1 \pm 15.2\%$ 、3/8 周で $36.8 \pm 11.3\%$ 、4/8 周で $16.0 \pm 6.3\%$ であった。弁輪により囲まれる弁口の形が前述した様に相似形であるとする、1/8 周を縫縮することにより弁口の面積、ひいては弁流量は 76.6% に、2/8 周縫縮で 56.3%、3/8 周縫縮で 39.1% となる筈であるから、この様な面積減少の傾向に可成り似かよった程度の流量減少を現実に見ているということが出来る。1/8 周、2/8 周縫縮した際の実測流量の減少が理論上の面積減少よりすくないのは、残存する左室壁等による弁下流の抵抗が多少なりとも残っている為でないかと考えられる。

弁下狭窄作成心では、弁輪無縫縮の状態での流量は、正常心（弁下狭窄非作成心）のそれに比して既に平均 $49.1 \pm 15.6\%$ に減じてはいたが、弁輪縫縮によるその後の流量減少の割合は、上述の正常心（弁下狭窄

非作成心）で同様の弁輪縫縮をおこなって測定した僧帽弁流量減少の割合よりはるかにすくなく、弁輪縫縮を行っていない状態での流量を 100% とすると、1/8 周縫縮で流量が $95.0 \pm 6.3\%$ 、2/8 周縫縮で $84.4 \pm 15.0\%$ 、3/8 周縫縮で $58.0 \pm 19.5\%$ 、4/8 周縫縮で $29.0 \pm 14.6\%$ であった（図 5）。

弁下狭窄の程度も又、流量に反比例し、狭窄の程度が増せば増す程、弁流量が減少するものと考えられる。従って、この弁下狭窄の程度は正常時（弁下狭窄非作成時）の流量に対して、その弁下狭窄を作成した状態での流量の減少の割合で表示することが出来ると考えられるので、弁輪縫縮なしの状態に於いて測定したこの値を、作成した弁下狭窄の程度を表すものとして縦軸にとり、かかる弁下狭窄心での弁輪縫縮による流量減少の程度を横軸にとって比較検討した。なお図 6 の中空の点は、全環流心の弁下狭窄非作成の状態即ち縦軸で 0% の状態で弁輪縫縮をした場合の流量減少の程度の平均値を示した（図 6）。

1/8 周弁輪縫縮した場合を見ると、縦軸の弁下狭窄が 40% 程度以上の 19 例では流量の減少は平均 3.5% にすぎなかった。これに反し、弁下狭窄のない場合は 17.2% の流量の減少が 1/8 周弁輪縫縮によって生じていることを示している。一般に弁下狭窄の程度のすくないものほど弁輪縫縮による流量減少の程度が高い傾

弁下狭窄程度

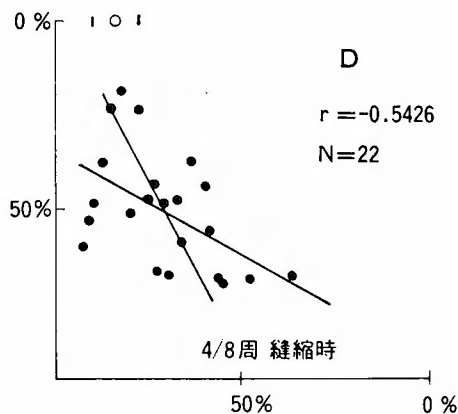
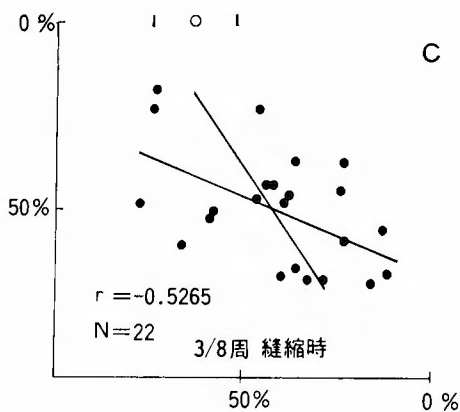
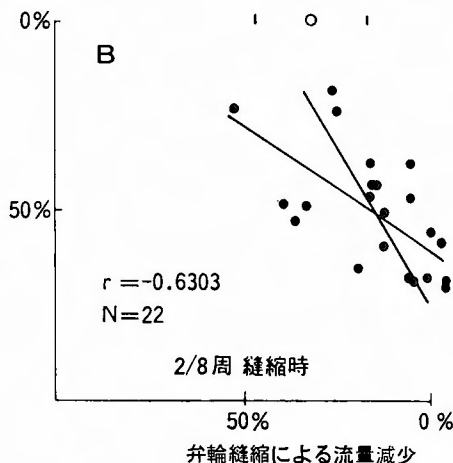
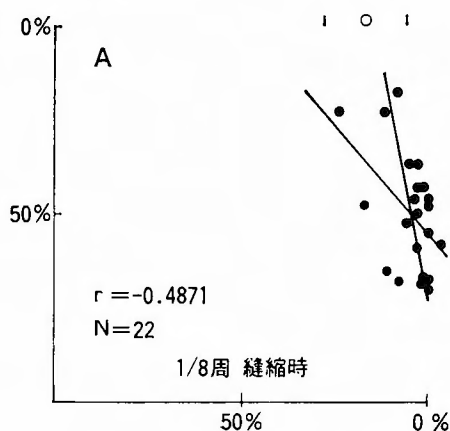


図6 弁輪縫縮による流量減少と弁下狭窄の程度との関係について。弁下狭窄程度：弁下狭窄なし，弁輪縫縮なしの場合の流量を100%とし，弁下狭窄作成のみを行った時の流量減少量で表示した。弁輪縫縮による流量減少：弁輪無縫縮時を0%とした。

向が認められた。この関係は，1/8周縫縮の場合，相関係数 $r = -0.4871$ ，2/8周縫縮で $r = -0.6303$ ，3/8周縫縮で $r = -0.5265$ ，4/8周縫縮で $r = -0.5426$ であり，危険度がそれぞれ5%以下，1%以下，5%以下及び1%以下で有意であった。

考 按

正常の僧帽弁を観察すると，弁は柔かく可動性に富み，腱索はしなやかで充分な長さを有しており，拡張期にはよく開いて，弁の抵抗がもし存在するとすれば，それは殆んど弁輪によって囲まれる弁口の面積によって規定されている様に思われる。従って流量の減

少が弁輪レベルの弁口面積の減少に可成り一致しているのはよく理解出来るところである。次に，弁下狭窄を作成した僧帽弁では弁輪縫縮による狭窄効果が発現しにくいことを示した。例えば，40%以上の流量減少を見るほどの弁下狭窄では，1/8週の弁輪縫縮で平均3.5%の流量減少を見たに過ぎず，従って臨床的にもこの様な傾向を認め得ると思われ，手術術式の選択に参考となり得る。しかし通常の僧帽弁狭窄症では，弁下狭窄に加うるに弁尖の変化があり，狭窄症状は既に顕著なものがすくなくからずあるので，その様な弁に対しては，たとえ狭窄効果がすくないからといっても，この様な弁輪縫縮を安易に追加することには充分慎重

でなければならない。

環流方法についてみると、Bの環流方法では左房圧は10cm水柱で定圧であるが、左室の抵抗は完全に除かれたわけではなく問題は残るが、僧帽弁の如き複雑な構造を有する生体弁の環流実験では多くの困難があり、傾向を見るためのこの研究の目的にはほぼ許される程度のものであると考えている。

結 論

摘出犬心臓を用い、定圧下に左心を環流して僧帽弁流量を測定したこの実験で、弁下狭窄を作成していない心臓を用いて測定した弁輪縫縮による狭窄発生の程度は、相似形として計算した弁輪レベルの弁口面積の減少の程度と可成り平行した。一方、弁下狭窄を有する心では、弁輪縫縮による流量減少の割合がはるかにすくなく、しかも弁下狭窄の程度が増すに従ってこの傾向は強まった。このことは弁輪縫縮により惹起される弁狭窄は既存の弁下狭窄により或る程度maskされることを示すものである。

文 献

1) Carpentier A, Deloche A, et al : A new reco-

nstructive operation for correction of mitral and tricuspid insufficiency, J Thorac Cardiovasc Surg 61 : 1-13, 1971.

- 2) Ellis FH Jr : Surgery for acquired mitral valve disease p. 191, W. B. Saunders, Philadelphia & London, 1967,
- 3) Kay JH, Egerton WS et al : The surgical treatment of mitral insufficiency and combined mitral stenosis and insufficiency with use of the heart-lung machine. Surgery 50 : 67-74, 1961.
- 4) Merendino KA, Thomas GI, et al : The open correction of rheumatic mitral regurgitation and / or stenosis With special reference to regurgitation treated by posteromedial annuloplasty utilizing a pump-oxygenator. Ann Surg 150 : 5-22, 1959.
- 5) Lillehei CW, Gott VL et al : The surgical treatment of stenotic or regurgitant lesions of the mitral and aortic valves by direct vision utilizing a pump-oxygenator. J Thor Surg 35 : 154-191, 1958.
- 6) Reed GE, Tice DA, et al : Asymmetric exaggerated mitral annuloplasty. Repair of mitral insufficiency with hemodynamic predictability. J Thorac Cardiovasc Surg 49 : 752-761, 1965.