4. シネ心血管造影撮影における Angled Projection を主体とした弁疾患（特に僧帽弁疾患）の総合画像診断について

国立循環器病センター 診療放射線部

片 渕 哲 朗・若 松 孝 司・中 山 一 彦

SYNTHETIC IMAGING DIAGNOSIS OF VALVELAR HEART DISEASES (ESPECIALLY, MYTRAL VALVE), FOR THE MOST PART OF ANGLED PROJECTIONS IN CINEANGIOCARDIOGRAPHIC STUDY

By TETSURO KATABUCHI,
TAKASHI WAKAMATSU and
KAZUHIKO NAKAYAMA

Department of Radiology National Cardiovascular Center

Summary

Recently, owing to developments of high out put X-ray tube, high resolution image intensifier and mobile U or C arm, increasing remarkably, has been application of cinegraphy to angiocardio-graphic study.

Surgical treatments for heart diseases have been very advanced in this few years, so that before operation, is demanded to precise anatomically and functionally diagnosis of them.

In this paper, are discussed cineangiocardiology, echocardiography, in regard to the most useful investigation of valvelar heart diseases and some problems of imaging techniques, finally, introduced the newest examination method of diagnostic imaging.

Key Words: Cineangiocardiology, Echocardiography, Valvelar heart disease, Angled projection, Orifice projection, Hepato-Clavicular position, Long axial projection, Doppler method.

1. はじめに

心疾患の外科的治療技術はここ数年著しい進歩をとげ、術前の正確な病態を解剖学的に明確にする事を要求してきている。そのため我々医療従事者は、その事に応えるよう日夜努力しているが、完全に満たされていないのが現状である。しかし、心疾患をイメージングディスプレイによって診断できる方法として、X線映画法、心エコー図法、RI アンギオグラフィーなどそれぞれ特徴をもった診断法がある。これらすべてを含めて1つのデータとした時、より正確に血行動態及び心内構造を知ること

とができる。ここに総合画像診断の必要性がある。

今回は弁膜疾患に限って、心臓の診断に不可欠な心血管造影撮影法（以下「シネ」と略す）と最近著しい発展をとげている超音波断層心エコー図法との技術的諸問題及び現在の最新技術を紹介しながら、単なる比較ではなく、両者が互いの短所をどのように補いあっているかを合わせて報告する。

2. 弁膜症の概要

弁膜症の定義は、弁における機能不全の総称である。弁の機能とは、血液の流れに従って、それが十分に且つ

確実に開閉することにある。弁の機能不全としては、弁が充分に開かないこと、つまりこれが狭窄で、弁が確実に閉まらないこと、これが閉鎖不全、の2種類が考えられる。従って狭窄の血行状態の特徴は、上流と下流との間に圧較差があり、流れに対して抵抗が生まれる。閉鎖不全では、下流から上流に逆流することである。

診断基準としては

1. 病因的 (弁膜症の原因)
2. 解剖的 (弁構成物の形態的变化)
3. 生理的 (弁膜症の結果もたらされた心内血行動態の異常)
4. 機能的 (患者の活動能力)
5. 治療的 (医師側からの安静度)

この5つの分類に分かれ、この基準に従って治療方針が決定される。外科的治療技術が必要な場合には、術式にもよるが、弁の肥厚、石灰沈着、可動性の減少、左房血栓の有無、弁輪の拡大、腱索の断裂などが検討されなければならない。いかに術前のデータが、重要であるかわかる。

3. 心血管造影撮影法と超音波断層心エコー図法の相違および特徴

術前検査の中で、重要な役割をもっている2者であるが、両者の相違は観血的検査と非観血的検査にある。シネの場合、腔内に造影剤を注入することによって、構造物の陰影がコントラストの差異で表わされる。そして閉鎖不全等の逆流を造影剤の陽性像としてとらえ、心房、心室、大血管の数の判定や概観的な像の把握に優れている。エコーの場合では、心臓内の構造物そのものを描出するため、弁尖、腱索など器質的变化の有無、解剖学的構造異常等が観察し得る。

4. 超音波断層心エコー図法

エコーで観察される代表的断層面には、第1に左室長軸断層面、第2に左室短軸断層面、第3に水平断層面が挙げられる。1は大動脈から僧帽弁を通り、心尖方向に寄切る断面。2は長軸と直交し、僧帽弁などをエン・ウェアスに観察する断面。3は4 chamber view と呼ばれ、右房、右室、左房、左室が4つの部屋として、同一平面上にならぶ断面である。

Fig. 1 に正常例を示す。Fig. 1-B は左室長軸断層面で、ビーム方向1, 2, 3に対応する短軸断層面を Fig. 1-A に表わしている。ビーム方向1は大動脈弁レベル、2は僧帽弁レベル、3は僧帽弁腱索レベルである。

Fig. 1. Two-dimensional Echocardiogram
: Normal
(A) Short axis section
(B) Long axis section

Fig. 2. Two-dimensional Echocardiogram
: Mitral Stenosis
(A) Long axis section
(B) Short axis section

Fig. 2 は僧帽弁狭窄の症例で、Fig. 2-A の長軸断層像では僧帽弁の先端が狭窄し、弁腹が左室流出路側にドーム状 (矢印) を形成しているのが観察される。Fig. 2-B は僧帽弁の短軸断層像で、弁口面積が評価できる。

Fig. 3 は僧帽弁逸脱の長軸断層像で、僧帽弁後尖が収縮期に左房側へ、翻転している (矢印) のが観察される。

Fig. 3. Two-dimensional Echocardiogram
: Prolapse
Long axis section

Fig. 4. Two-dimensional Echocardiogram
: Atrial Septal Defect
Four Chambers View

Fig. 4 は心房中隔欠損における水平断面での、コントラストエコーである。矢印に示すように、左房から右室へ向う短絡血流により、心房中隔右房側にコントラストエコーの欠損像として観察されている。この方法は、生理的食塩水、ブドウ糖溶液などを造影剤として、末梢

Fig. 5. Two-dimensional Echocardiogram
with Doppler Method
: Rheumatic Mitral Regurgitation
(A) Short axis section
(B) Long axis section
(C) Cineangiocardigram of Hepato-Clavicular position
(D), (E) M-mode Echogram with Dopplers signal

静脈から急速注入することにより得られる。短絡疾患における短絡血流の検出や弁閉鎖不全の有無の判定に有用である。一方成因は、注入液に混入した微小気泡と考えられているため、高度な右-左短絡を示す疾患には注意を要する。

次に最近注目されている非観血的な一方法として、ドップラ法組合せによる断層心エコー図検査がある。これはドップラ効果により、動いているものの反射波のうねりをとらえて、信号として取り出す。それを断層心エコーと同時に記録すると、弁閉鎖不全における逆流の程度、範囲、方向が観察し得る。**Fig. 5** はAが短軸像、Bが長軸像、Cは同一患者のシネ像、D、Eは左房側に逆流したドップラ信号を記録したものである。異常ドップラ信号は、弁口中央部から左房後壁に向って示され、シネにおける逆流の方向とよく一致した症例である。

超音波断層心エコー図法（ドップラ法も含む）はこのような新しい技術によって、従来のMモード心エコー図法では、知り得なかった新しい知見を与えてくれる。そして今後は、二次元像から三次元像への発展が望まれるであろう。しかし検者の熟練度により像の再現性や読影に差があり、また装置そのものの解像力などにも問題がある。

従って手術決定の最終手段は、心臓カテーテル検査によって行われているのが現状である。

これらのことを背景にして、心血管造影検査における angled projection が発達してきた。

5. 心血管造影撮影法

5.1 撮影装置の進歩

従来の30°第1斜位像では、弁尖の辺縁部、交連部の性状を前、後尖別々に観察するのは困難である。しかも収縮期には、僧帽弁輪上半部と左室流出路が重なりあうなど欠点がある。そこで心血管の形態診断の領域では、対象をできるだけ見やすい方向から、観察せねばならない。この前提は、当然シネにも適用できる。各疾患に応じて病変部が、鮮明に描出できる体位を検討しなければならないが、今までは撮影装置自体の問題などによって、特殊体位は困難であった。しかし今日、装置面において著しい改良がなされた。例えば第1にX線管球が大容量になり、第2はI.I.の開発で解像力が向上した。そして第3に自動露出装置が発達して、機械自体の応答性がよくなった。第4にはUアーム、Cアーム等において撮影方向を設定する際、機動性に富んだ装置となるなど、我々の要求に応えることができるようになった。

5.2 Angled Projection

5.2.1 肝—鎖骨位撮影 (Hepato-Clavicular Projection)

患者を45°半座位にし、さらに45°第2斜位に傾け長軸を水平面において15°~20°時計方向に回転させる撮影法である。正面は断層心エコー図の水平断層面、側面は長軸断層面に対応する。この体位の特徴は僧帽弁構成物が、

すべて接線方向で観察されることである (Fig. 6)。特に僧帽弁疾患、三尖弁疾患、先天性心疾患の診断に役に立つ。Fig. 7 は肝—鎖骨位撮影の側面像である。僧帽弁逸脱の症例で、僧帽弁前尖が左房側に翻転している (矢印)。

5.2.2 僧帽弁口撮影 (Mitral Orifice Projection)

患者を30°第1斜位にして長軸を水平面上で20°反時計方向に回転させる。正面は従来の第1斜位像であるが、側面では僧帽弁輪をエン・ファースにながめた像が得られる。従って僧帽弁前尖と後尖が重なることなく、交連部などが容易に観察できる (Fig. 8)。これは断層心エコー図の短軸断層面に対応する。Fig. 9 はそのシネ像を示す。僧帽弁狭窄の術後の症例である。

5.2.3 大動脈弁口撮影 (Aortic Orifice Projection)

患者を10°~15°第1斜位にし、さらに長軸を水平面上

Fig. 7. Cineangiogram of Hepato-Clavicular Projection
: Mitral Valve Prolapse

Fig. 6. Positioning for Hepato-Clavicular Projection and Scheme

- ⇔: Membranous septum (left side) vertical view
- : Muscular septum (right side) horizontal view
- : Conus
- ★: Anterior leaflet of mitral valve
- *: Posterior leaflet of mitral valve

Fig. 8. (A): Positioning for Mitral Orifice Projection

- (B): Scheme of Mitral Orifice Projection
- ★: Anterior leaflet of mitral valve
- *: posterior leaflet of mitral valve

Fig. 9. Cineangiocardigram for Mitral Orifice Projection
: Mitral Valve Replacement with Bioprosthetic Valve

Fig. 11. Cineangiocardigram of Aortic Orifice Projection
: Aortic Valve Replacement with Bioprosthetic Valve

Fig. 10. (A): Positioning for Aortic Orifice Projection
(B): Scheme of Aortic Orifice Projection
RCC: right coronary cusp
LCC: left coronary cusp
NCC: non coronary cusp

で40°反時計方向に回転する。大動脈弁をエン・フェースに観察し、僧帽弁口撮影と同様に、弁開放状態や弁口面積の評価に役立つ(**Fig. 10**)。Fig. 11も実際のシネ像で、大動脈弁閉鎖不全の手術後の患者である。大動脈弁の3つの弁尖が重ならず観察できる。

5.2.4 尾一頭方向撮影 (Caudo-Cranial titling)

X線束を尾一頭方向へ照射する撮影法である。右室流出路から左右肺動脈分岐部にかけての観察に適する。この際、撮影系を強く傾けすぎると、心臓と横隔膜が重なるので注意を要する (**Fig. 12**)。

5.2.5 肝一鎖骨位撮影と僧帽弁口撮影の組合せ

患者を45°第2斜位にし、長軸を水平面上で15°~20°時計方向に回転する。この時、正面のX線束を45°頭尾方向に傾ければ、正面では僧帽弁口撮影の側面像が、側面では肝一鎖骨位撮影の側面像を得ることができる (**Fig. 13**)。

Fig. 12. Caudo-Cranial Tilting

Fig. 13. Combination of Mitral Orifice Projection and Horizontal Projection of Hepato-Clavicular Projection

は肝一鎖骨位撮影の側面像を得ることができる (**Fig. 13**)。 (なお、これら撮影法については、1979年、80年の

Fig. 14. Bi-plane X-ray Apparatus with Combination of two C-arms

総会において、大西，栗井らが発表した。）

以上，angled Projection について述べてきたが，conventional biplane.でもいろいろな固定具を使用することにより，複雑な体位でも撮影可能となる。しかし固定具を用いて撮影する場合，どうしても患者の体位が不安定となり，精神的に不安感を抱かせることがある。そのため患者を動かすことなく，angled projectionがとれるのが理想的である。現在ではUアームとCアーム，CアームとCアームの組合せによる biplane 装置の開発により，これら角度が容易にとれるようになった(Fig. 14)。

5.3 僧帽弁疾患におけるangled projectionのまとめ

僧帽弁疾患において，angled projectionを行うことにより得られる情報は，Table 1 に示すとうりである。僧帽弁手術の術式を決定する要素としては，弁尖の肥厚の程度，弁下組織の変化が重要である。そのためこれらを観察するには，肝一鎖骨位撮影と僧帽弁口撮影を施行すればよいと思われる。

6. 考察および展望

総合画像診断として考えれば，心血管造影検査，超音

Table 1. Evaluation of Mitral Apparatus in Left Ventriculogram

	Valve				Subvalvular Tissue		
	edge commissure	edge free	vent	annulus	chorda tendinate	papillary muscle	LV wall
RAO	△	△	○	△	○	○	○
Mitral Orifice View	◎	◎	△	◎	○	○	△
Hepato-Clavic Position	△	△	◎	△	○	△	○

◎: best, ○: good, △: normal

波検査，とおのものが独立しているものではない。ともに1つのデータとして，編集，整理をしなければならない。そしてコントラストエコーやドップラー法による心エコー図法によって，心血管撮影の造影回数を減らし，患者の負担を軽くすべきであろう。総合画像診断の立場にたって，装置およびスタッフのシステム化を考えて行く必要がある。

最近，ビデオも年々普及してきており，その解像力，画質も向上している。ビデオによるボルメトリー解析が可能になれば，ビデオ診断の発達が期待できる。ビデオであれば，パルス透視で造影できるので，患者の被曝線量も大幅に軽減できる。近い将来，シネは冠状動脈造影など細い血管を観察する時に用いて，シネ，心エコーとビデオによる診断に変わっていくであろう。

また，現在のシネ撮影装置は限界に近いため，装置の小型化，被曝軽減にも目を向けるべきであろう。

最後に心血管造影検査と超音波検査の特徴は，心疾患の診断に大きな役割をもっているが，今後はもっと幅の広い診断が要求される。その時，我々医療技術者は，これからの検査の特徴と限界を熟知して，あらゆるケースに対して，その場に合った方法で検査を進められるように，配慮して行く必要がある。

本発表にあたり，御指導下さいました国立循環器病センター診療放射線部の小塚隆弘部長，貴重な時間を多く割いて頂きました太田光重先生。そして超音波断層心エコー図を御教授下さいました生理機能検査部の増田喜一主任，内科の宮武邦夫，別府慎太郎両先生方に心より御礼申し上げます。また，いろいろと御尽力下さいました巣組一男技師長始め，技師諸兄に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 太田光重，他：X線映画法を用いた血管心臓造影における angled view. 日本医放会誌. **40**(8), 758-766, (1980)
- 2) 内藤 博，他：シネ心血管造影における angled projection 循環器病研究の進歩, **1**(1), 34-45, (1980)
- 3) Beppu Shintaro: Imaging of the heart Proceedings of the Second Meeting of the World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology. 41-47, (1979)
- 4) Stein, P. D., Sabbah, H. N.: Orifice Giew Roentgenography for Evaluation of the Aortic Value. Am. J. of Roentgenol. **125**(4), 847-813, (1975)
- 5) 榊原 仵，他：心臓学. 朝倉書房, (1978)

- 6) 町井 潔, 他: 心臓の超音波検査法. 中外医学社, (1973)
- 7) Frank H. Netter, M. D.: The Ciba Collection of Medical Illustrations CIBA-GEIGY Corporation, Ardsley, N.Y., U.S.A. 1969.
- 8) 小塚隆弘, 他: 心疾患のレントゲン診断. 南山堂, (1976)
- 9) 若松孝司: X線装置の自動露出機構について. 日放技学会誌. **36**(5), 586-598, (1980)
- 10) 大西義隆, 他: Hepato-Cravicular Projection における Cine biplane 撮影について. 第35回日本放射線技術学会総会予稿集, 167, (1979)
- 11) 栗井一夫, 他: Cine biplane による斜位尾頭複合撮影の問題点とこれからの心臓血管X線撮影システムについて. 第36回日本放射線技術学会総会予稿集, 86, (1980)

社団法人 日本放射線技術学会賛助会員

X-RAY PHANTOMS

■CTテストファントム 12種 (CT性能評価委員会第1次勧告基準準拠)

X線コンピューター断層撮影装置の性能評価に関する基準に基づいたテスト項目に準拠したファントム13点がセットされております。
(詳細ご希望の方はパンフレット無料進呈)

CT-5 MTF テストファントムの画像

■再現性 CTテストファントム (品質保証用)

臨床で撮影されるCT像の再現性(品質保証)テスト用のファントムです。
径200mm・特殊樹脂製・台付

京都科学標本株式会社

本社 京都市伏見区下鳥羽渡瀬町35-1 (075)621-2225
東京営業所 東京都千代田区内神田1丁目14-5 鳥津ビル6F (03) 291-5231