

新たな左室機能評価法としての digital subtraction angiography と左室造影フーリエ解析

Digital subtraction angiography and Fourier analysis of the left ventriculography: New methods of analyzing left ventricular function

北爪 秀政  
久保 一郎  
岩間 徹  
揚石 義夫  
鈴木 章夫\*

Hidemasa KITAZUME  
Ichiro KUBO  
Tohru IWAMA  
Yoshio AGEISHI  
Akio SUZUKI\*

**Summary**

To evaluate two new methods of analyzing left ventricular function, digital subtraction left ventriculography (DSLTV) and Fourier analysis of left ventriculography (FALV) were performed after conventional left ventriculography (LV) in 17 consecutive catheterized cases.

Ejection fraction of FALV and LV corresponded closely with the correlation coefficient of 0.906, while segmental wall motion corresponded less with the range of correlation coefficients from 0.56 for the apical segment to 0.94 for the anterior wall. In 10 cases with asynergic segments of the left ventricle, Fourier analysis showed less hypokinesis in four (all had hypokinesis at the septal segment), the same degree in five and more in one case, suggesting the possibility of FALV to evaluate three-dimensional left ventricular function in a single projection.

**Key words**

Left ventriculogram      Digital subtraction angiogram      Fourier analysis      Regional wall motion  
Ejection fraction

はじめに

左室機能の評価は、従来、左室シネアンジオグラフィにおける壁運動を観察するか、あるいは拡張終期と収縮終期の左室輪郭をトレースして得

られる駆出率と区域収縮率に基づいて行われていた。近年、半導体記憶装置とコンピューター画像処理技術を用いて、DSA (digital subtraction angiogram) 画像撮影<sup>1,2)</sup>や、連続造影画像のフーリエ解析が可能となった。前者では、造影剤検出

東京都立墨東病院 内科  
東京都墨田区江東橋 4-23-15 (〒130)  
\*東京医科歯科大学 胸部外科

Department of Internal Medicine, Bokuto Hospital,  
Kotobashi 4-23-15, Sumida-ku, Tokyo 130  
\*Department of Thoracic Surgery, Tokyo Medical  
and Dental University

Received for publication January 16, 1988; accepted April 26, 1988 (Ref. No. 35-52C)

能力の向上により, 少量の造影剤使用で撮影が可能となり, また後者では左室機能のより客観的な評価とその自動化が期待される. 我々はこれらの新技術による左室機能評価法を従来の左室造影像に基づく方法と比較し, その有用性を検討した.

方 法

冠動脈造影を施行した 17 名の入院患者に対し, 6F ピッグテイル, カテーテルを左室内に挿入し, 76% Urografin 35 ml を 400 psi 14 ml / 秒で注入し, 30 度右前斜位と 60 度左前斜位で左室造影を 50 コマ / 秒で行った. ついで, 造影剤を生理食塩水で 2~3 倍に希釈し, 同様の注入条件で, DSA 左室造影を 30 度右前斜位 25 コマ / 秒で行った. ついで造影像の各コマを 256×256 pixel の半導体画像記憶装置に入力後, 一心周期を選び, その拡張終期と収縮終期の輪郭をデジタイザーでトレースし, 駆出率と 12 分画した左室区域収縮率を自動算出した. ついで, この拡張終期から次の拡張終期までの一心周期の各 pixel における画像濃度をフーリエ解析し, 一次の振幅と位相差をカラー画像表示させた. DSA では画像撮影後, 拡張終期と収縮終期の輪郭をジョイ・スティックを用いてトレースし, 装置内蔵機能を利用して, 駆出率

と 12 分画した左室区域収縮率を得た. 通常の左室造影と DSA による左室駆出率を比較し, 壁運動の評価では, 両者の比較に加え, フーリエ解析による壁運動評価との相関をみた.

結 果

実際の症例における通常左室造影像での駆出率と区域壁運動, フーリエ解析の結果, および DSA 左室造影での解析を Figs. 1~3 に示す. 通常の左室造影と DSA による左室造影の駆出率は  $r = 0.906$  と良い相関を示した (Fig. 4). 区域収縮率は両者間の相関はあまり高くなく (Table 1, Fig. 5), DSA で低い傾向にあった. 7 例は区域収縮率, 左室駆出率ともに正常で, それらの例ではフーリエ解析像でも壁運動異常は認められなかった. 一方, 10 例では asynergy を認め, フーリエ解析像との比較では 4 例が解析像による機能はより正常に近く, 5 例は同等, 1 例ではより著しい機能低下が認められた. これらの例を一括し, 考えられる不一致の理由を表示すると Table 2 のごとくであった. フーリエ解析でより正常に近い機能の保持が示された 4 例は, 左前斜位での左室造影で全例心室中隔に機能低下があり, 右前斜位単画像での区域壁運動の解析では, 心尖部の機能低

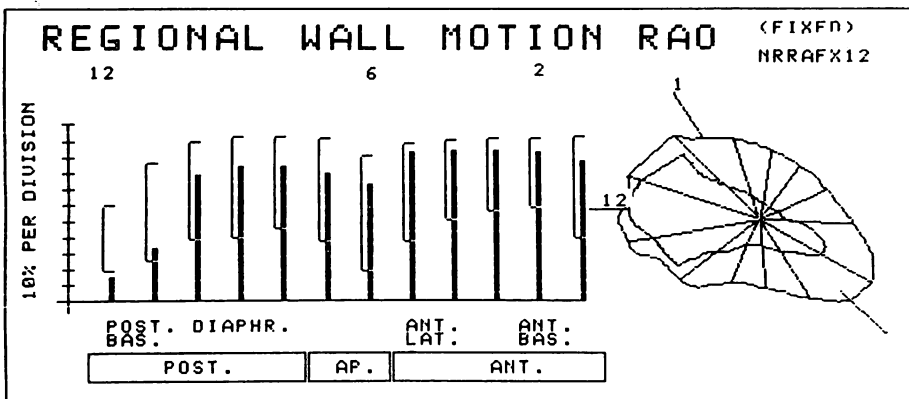


Fig. 1. Results of the regional wall motion analysis of left ventriculograms.

Percent diameter change of each segment is expressed graphically, while contours of the left ventricle at end-diastole and end-systole are displayed at the right.

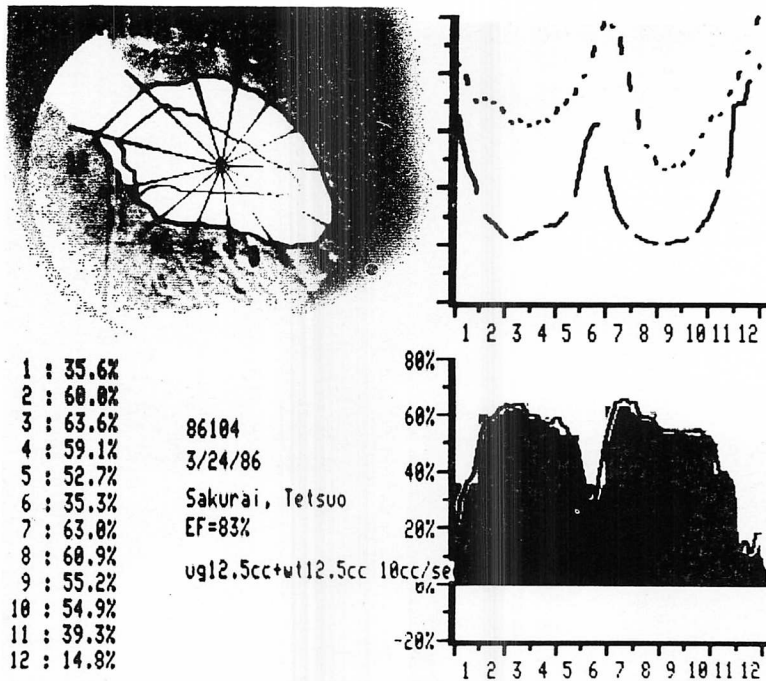


Fig. 2. Display of the wall motion analysis of digital subtraction angiography of the same case as in Fig. 1.

下がみられた。

考 察

通常の左室造影と DSA の左室造影での駆出率は良く相関し、DSA でも正確な左室機能診断が期待される。DSA 撮影の特徴は、造影剤の濃度が 1/2~1/3 とよく、左室機能不全や腎機能低下例への応用が期待された点にある。DSA では内蔵された組み込み機能により左室駆出率と区域収縮率が即時に算出出来るので、検査の簡略化、迅速化に寄与すると考えられる。ただし区域収縮率は両者で必ずしも良く相関しない。これは、DSA では造影剤の検出力が高く、収縮終期の左室輪郭がより大きく認識される傾向にあるためと考えられる。現時点では、DSA は一方向のみの撮影で、通常の左室二方向同時撮影と同様の結果を得るためには二度の DSA 撮影が必要となり、造影剤の使用量や診断の正確さにおいて、DSA の価値は

薄れてしまう。したがって、同時二方向の DSA 撮影装置の開発が望まれる。

フーリエ解析は、核医学で使われている心機能評価法を左室造影像に応用したものである<sup>3)</sup>。左室の asynergy を有する 10 例のうち、フーリエ解析像で同等の所見とみなされたのは 5 例のみであって、他の 5 例では通常の評価法を補う結果を与えたと考えられる。フーリエ解析でより、正常に近い機能の保持が示された 4 例はすべて、左前斜位での左室造影では心室中隔に機能低下があり、右前斜位単画像での区域壁運動の解析では心尖部の機能低下がみられた。心室中隔の機能低下が右前斜位単画像での区域壁運動解析で心尖部の機能低下と表されるが、フーリエ解析では立体的に評価し全体での機能の残存を示したものと考えられる。すなわち、左室造影における通常駆出率、壁運動の解析は、単に拡張終期と収縮終期二点での左室の輪郭、つまり二次元平面上での評価

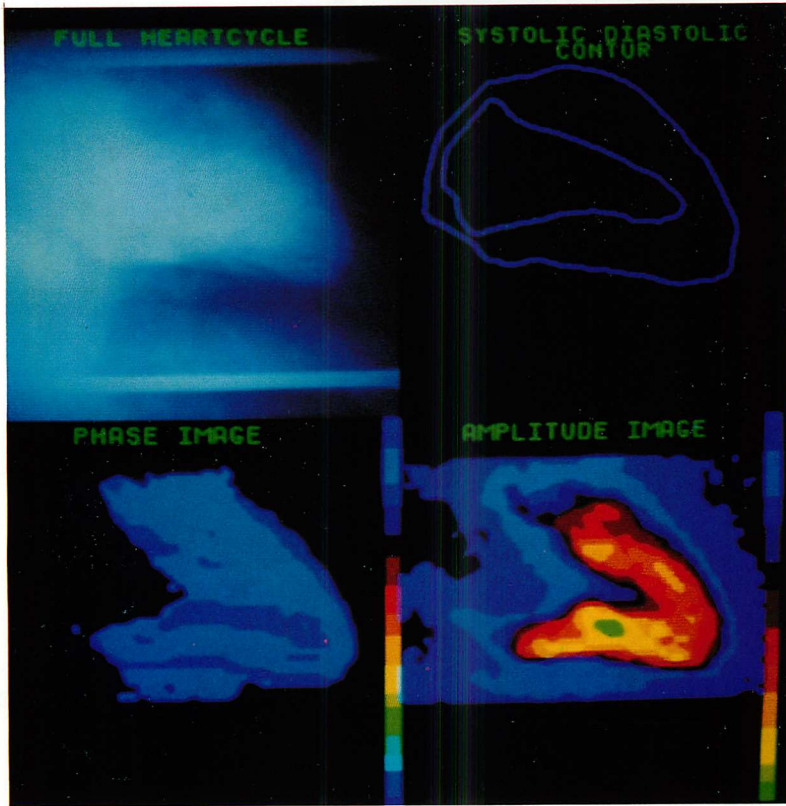


Fig. 3. Results of Fourier analysis of the same case as in Fig. 1.

Left ventriculogram at end-diastole (upper left), traced contour of the left ventricle at both end-diastole and end-systole (upper right), phase image of the first degree (lower left), and amplitude image of the first degree (lower right) are shown.

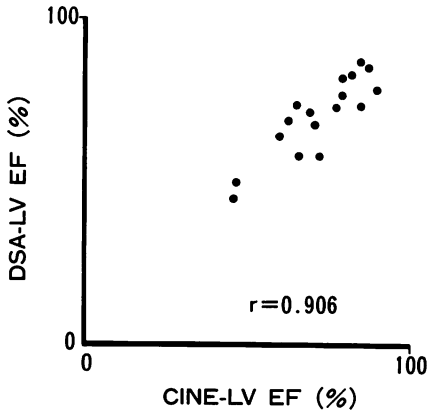
At the phase image, phase is expressed as 0 degree (blue, upper most in the scaling column) to 360 degree (blue, lower most) and at the amplitude image, amplitude is expressed as 0 (blue, upper most in the scaling column) to 1 (green, lower most in the column).

であり、本来連続した時系列での三次元空間上の左室運動を圧縮した、情報量の少ない評価法である。これに対し、フーリエ解析では、一心周期全体を立体的に捉えることが可能と考えられる。したがって、DSA 左室造影にフーリエ解析を行なうことで、単一方向の造影であっても、左室の機能を立体的に評価しうる可能性がある。一方、X線透過量は造影剤のみならず骨や軟部組織にも影響され、また造影剤は左室内に均等に拡散されることはまれで、当然フーリエ解析像も左室機能を

完璧に表現するとは考えにくい。左室に dysknetic area のない場合、フーリエ解析の振幅像は、通常の左室輪郭のトレース像と合致し、振幅像をトレースするのは容易なため、左室機能の自動化が期待される。この点に関して、さらに経験を得て検討したいと考えている。

#### 結 論

以上より、1) DSA により通常の左室造影の  $1/3 \sim 1/2$  の造影剤で左室造影が可能であり、2) 左



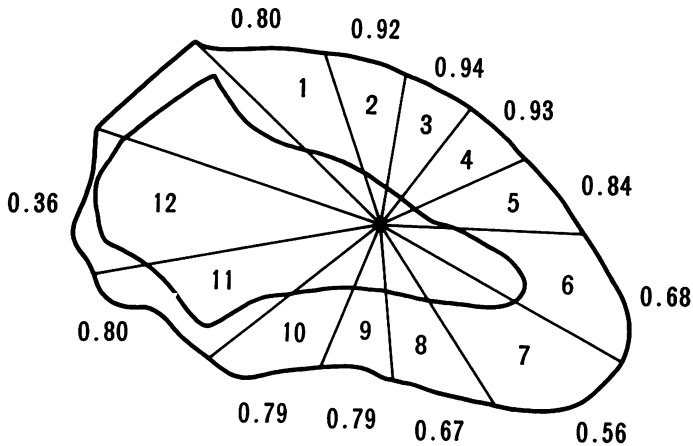
**Fig. 4. Ejection fraction obtained in regular left ventriculography (CINE-LV EF) and in digital angiography (DSA-LV EF).**

The values correspond closely with correlation coefficient of 0.906 and  $DSA-LV\ EF = CINE-LV\ EF \times 0.839 + 11.47\ (\%)$ .

**Table 1. Regional wall motion by percent diameter change**

Segment	LV(%)	DSL(%)	r	LV-DSL(%)
1	38±13.6	36±11.7	0.80	2± 8.2
2	45±20.6	42±17.7	0.92	3± 8.0
3	43±25.0	37±19.5	0.94	7± 9.5
4	40±23.6	31±17.4	0.93	9± 9.9
5	35±19.3	24±14.2	0.84	11±10.7
6	29±18.9	27±19.1	0.68	2±15.2
7	44±21.8	49±19.7	0.56	- 6±19.6
8	54±15.3	53±18.2	0.67	0±13.9
9	53±17.7	52±16.8	0.79	2±11.2
10	51±17.3	48±15.2	0.79	2±10.6
11	32±13.6	33±12.8	0.80	- 1± 9.3
12	17±13.5	21± 5.9	0.36	- 4± 7.4

LV% and DSLV(%)=regional wall motion expressed by percent diameter change of each segment at regular left ventriculogram (LV) and digital subtraction ventriculogram (DSL); LV-DSA(%)=difference between LV(%) and DSLV(%).



**Fig. 5. Correlation coefficients of wall motion of each segment between conventional left ventriculograms and digital subtraction left ventriculograms.**

**Table 2. Relation between cineangiographic evaluation and Fourier analysis at the asynergic area and reasons for disagreement**

Asynergic segment	Fourier analysis	Reasons
Apex	More asynergic	Filling defect
Apex	Less asynergic	Septal hypokinesis
Antero-apical	Less asynergic	Septal hypokinesis
Anterior	Equal	
Antero-apical	Less asynergic	Septal hypokinesis
Anterior	Equal	
Apex	Equal	
Antero-apical	Less asynergic	Septal hypokinesis
Antero-apical	Equal	
Anterior	Equal	

室造影像をフーリエ解析することで、区域収縮率の算出では得られなかった左室一心周期全体の立体的機能の把握が得られると考えられる。

要 約

新たな左室機能解析法である2つの方法、すなわち digital subtraction 左室造影 (DSL) と、通常の左室造影のフーリエ解析像 (FALV) を評

価する目的で、17例の左室造影 (LV) 例の検査終了後、これらの方法を施行した。DSL と LV の左室駆出率は相関係数 0.906 と良く相関したが、区域収縮率については相関係数は心尖部で 0.56 と最も低く、前壁で 0.94 と最も高く、相関の程度に差を認めた。左室部に収縮率低下のみられた10例において、FALV では壁運動低下のより少ないもの4例(すべて中隔の壁運動が低下)、同等5例、より著明なもの1例であり、FALV を用い、単一方向の造影像を基に、立体的な左室機能の解析が得られると考えられた。

文 献

- 1) Nichols AB, Martin EC, Fles TP, Stugensky KM, Balancio LA, Casarella WJ, Weiss MB: Validation of the angiographic accuracy of digital left ventriculography. *Am J Cardiol* **51**: 224-230, 1983
- 2) Tobis JM, Nalcioglu O, Johnston WD, Seibert A, Roeck W, Iseri LT, Elkayam U, Henry WL: Correlation of 10-milliliter digital subtraction ventriculograms compared with standard cineangiograms. *Am Heart J* **105**: 946-952, 1983
- 3) Botvinick E, Dunn R, Fraiss M, O'Connell W, Shosa D, Herfkens R, Scheinman M: The phase image: Its relationship to patterns of contraction and conduction. *Circulation* **65**: 551-560, 1982