

虚血性心疾患のニトログリセリン舌下投与前後における左室局所壁動態の検討：左室短軸超音波断層像と冠状動脈造影所見との比較

Evaluation of regional wall motion of the left ventricle before and after nitroglycerin administration in patients with ischemic heart disease: Comparison between two-dimensional echocardiograms and coronary angiograms

澤田 準  
藤井 諄一  
久保木正夫  
相澤 忠範  
小野 彰一  
渡辺 熙  
加藤 和三

Hitoshi SAWADA  
Junichi FUJII  
Masao KUBOKI  
Tadanori AIZAWA  
Shouichi ONO  
Hiroshi WATANABE  
Kazuo KATO

### Summary

Effects of nitroglycerin (NTG) on segmental wall motion and pump function of the left ventricle (LV) were studied in 19 patients with ischemic heart disease (IHD) and 10 normal controls by two-dimensional echocardiography (2DE) and coronary arteriography (CAG). Short-axis cross-sectional images of the LV at the mitral valve, papillary muscles and the apex were recorded and subdivided into quadrants at each level. The center of gravity of the end-diastolic LV cavity and the axis intersecting this point and the right side of the posterior end of the interventricular septum were used as the reference point and line. The areas of whole sections and of each quadrant at end-diastole (Ad) and end-systole (As) were measured by the computer. Regional contractility and pump function of the LV were evaluated by  $(Ad-As) / Ad$  and  $(Ad-As)$  of quadrants and sections.

The results were as follows: Blood pressure (BP), Ad and  $(Ad-As)$  of sections significantly de-

心臓血管研究所  
東京都港区六本木 7-3-10 (〒106)

Cardiovascular Institute, Roppongi 7-3-10, Minato-ku, Tokyo 106

Presented at the 22nd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 25-26, 1981  
Received for publication September 11, 1982

creased after NTG administration. (Ad-As) / Ad of the sections with normal wall motion showed no significant change after NTG. (Ad-As) / Ad of the quadrants with hypokinetic segmental wall motion showed a tendency to increase after NTG in contrast with the normal quadrants which showed no significant change.

CAG findings and hemodynamic parameters in patients who showed a significant increase in (Ad-As) / Ad of all sections after NTG (Gr. I) were compared with those in patients who showed a decrease in (Ad-As) / Ad of all sections (Gr. II). There was no significant correlation between CAG findings in Gr. I and Gr. II. The only difference between these two groups before NTG was that mean Ad of sections in Gr. I was significantly greater than that of Gr. II. After NTG, Gr. I showed a significant decrease of BP, but Gr. II did not show any significant change. (Ad-As) of sections in Gr. I increased or showed no change after NTG, but those in Gr. II decreased.

In conclusion, NTG can reverse wall motion asynergy, especially in hypokinetic segments, and produce favorable changes in pump function in patients with increased Ad before NTG. The mechanism of NTG to improve wall motion and pump function is considered to be afterload and preload reduction.

#### Key words

Reversible asynergy      Regional contractility of the left ventricle      Coronary circulation      Short-axis image of the left ventricle

## 緒 言

虚血性心疾患患者にニトログリセリン(以下 NTG)を投与すると、壁運動が改善する例のあるという報告は数多くなされている<sup>1-9)</sup>。その機序として、前負荷や後負荷の変化<sup>3,9-13)</sup>、側副血行路を含めた冠血流状態の変化<sup>14-17)</sup>、心筋代謝に対する影響等<sup>12,18)</sup>が考えられている。本研究では超音波断層心エコー図法(以下 2DE)、冠状動脈造影法(以下 CAG)を用いて NTG 舌下投与前後の壁運動を定量的に評価し、冠状動脈造影および各種の循環動態に関する情報との関係を調べた。

## 対象と方法

対象は虚血性心疾患患者 19 例で、正常例 10 例を対照とした。虚血性心疾患の診断は全例で、12 誘導心電図、冠状動脈造影、左室造影から総合的に行った。2DE は原則として CAG 施行の翌日に記録し、薬剤投与を受けている患者では投与後 3 時間以上の間隔をおいた。Fig. 1 のごとく僧帽弁先端付近 (MV level)、乳頭筋先端付近

(PM level)、心室中隔の同定し得る心尖部 (AP level) の 3 section における左室短軸断層像を NTG 0.3 mg 舌下投与前、投与後 3 分に記録した。装置は Aloka 製 SSD-800 を使用し、心電図および心音図とともにビデオコーダーに記録した。そして video motion analyzer (SONY 製 SVM 1110) にて拡張終期と収縮終期の左室短軸断層画像を再生、trace して分析に用いた。すなわち Fig. 2 のごとく、拡張終期左室内腔断面面積重心を心周期を通じての基準点とし、拡張終期の心室中隔右室内膜面後端と基準点を結ぶ直線を基準線として、各 section の左室短軸断面を 4 つの segment に分割した。各 section での拡張終期および収縮終期における各 segment の面積 Ad, As を計測し、断面積縮小率 (Ad-As)/Ad を求めて壁運動の指標とした。(Ad-As)/Ad の正常値は正常者 10 例の計測より求めた。なお同一例、同一部位の反復記録による計測値のばらつきを 1 例について求めると、segment の (Ad-As)/Ad では  $0.46 \pm 0.05$ 、section の (Ad-As)/Ad で  $0.57 \pm 0.05$  であった。標準偏差の 2 倍の範囲を誤差範囲とし、この範囲を超える場合を有意の変動とし

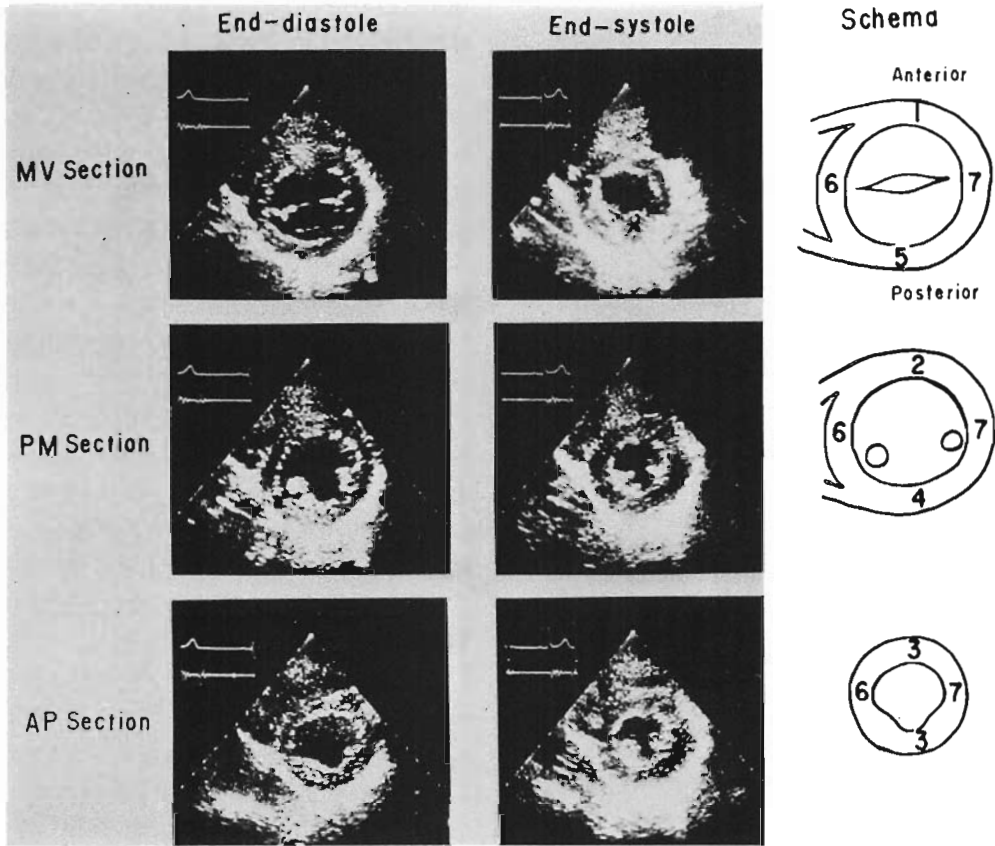


Fig. 1. End-diastolic and end-systolic short-axis images of the left ventricle (LV) at the levels of the mitral valve, papillary muscles and the apex.

MV=mitral valve ; PM=papillary muscle ; AP=apical.

た。上記の値より、各 segment の (Ad-As)/Ad では 22.4% を、各 section の (Ad-As)/Ad では 15.8% を誤差範囲とした。CAG は NTG 投与前後に Sones 法にて施行した。

なお統計処理は t-test, Fisher exact probability test および  $\chi^2$  test によった。

### 結 果

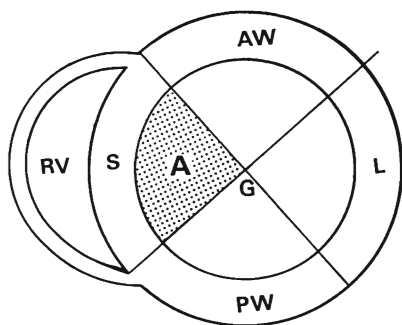
#### 1. NTG による afterload, preload の変化

対象 19 例における afterload の指標としての血圧変化を Table 1 に示す。NTG 舌下投与により収縮期圧は  $126 \pm 18$  mmHg から  $120 \pm 18$

mmHg へと有意に低下したが、拡張期圧は  $82 \pm 8$  mmHg から  $81 \pm 7$  mmHg と有意な変化を示さなかった。

同様に preload の指標としての各 section の Ad は NTG により減少傾向を示し、その傾向は乳頭筋 level において有意であった (Table 2)。

2. NTG による壁運動および心ポンプ機能の変化  
対象 19 例の NTG 舌下前後における MV, PM, AP level での section の (Ad-As)/Ad を Table 3 に示すが、全体としては有意な変化を示さなかった。そこで各 section の NTG 投与前の (Ad-As)/Ad により NTG に対する反応が



**Fig. 2. Schema of end-diastolic LV cavity subdivided into four quadrants.**

G is the center of gravity. A=area; S=septum; AW=anterior wall; PW=posterior wall; L=lateral wall.

**Table 1. Blood pressure of 19 patients with IHD before and after sublingual administration of NTG (0.3 mg tablet)**

	Before NTG	After NTG	
Systolic BP (mmHg)	126.4±18.4	120.2±18.3	p<0.01
Diastolic BP	81.7±8.0	80.8±7.3	NS

**Table 2. End-diastolic area (Ad) of the short-axis cross-section of the LV cavity before and after NTG**

	Before NTG	After NTG	
Ad (cm <sup>2</sup> )			
MV section	14.85±4.27	14.24±4.10	NS
PM section	13.74±3.08	11.02±3.17	p<0.01
AP section	6.76±3.66	6.04±3.10	NS

**Table 3. (Ad-As)/Ad of the short-axis cross-sections of the LV cavity before and after NTG**

	Before NTG	After NTG	
(Ad-As) / Ad			
MV section	0.40±0.10	0.39±0.10	NS
PM section	0.44±0.11	0.40±0.13	NS
AP section	0.49±0.14	0.54±0.21	NS

異なるか否かを見ると, **Table 4** のごとき結果を得た. すなわち, 投与前 (Ad-As)/Ad が正常であった section では, NTG 投与後に (Ad-As)/Ad の有意な変化を示さない例が多かった. 一方, 投与前に (Ad-As)/Ad が低下していた section では, 投与後, (Ad-As)/Ad が増加, 不変, 減少したものがおのおのほぼ同数認められ, 全体として一定の傾向を認めなかった. 壁運動異常の程度と NTG 投与後の変化の関係は次のごとくであった. すなわち NTG 投与前の (Ad-As)/Ad が正常例の mean-2 S.D 以上を示す segment を normal 群, それ以下で 0 以上のものを hypokinetic 群, 0 以下のものを akinetic~dyskinetic 群と分類, さらに hypokinetic 群を中間値で 2 分し, 軽度の hypokinetic I, および強度の hypokinetic II と分類した. NTG 投与前の壁運動異常の程度と, 投与後の壁運動の変化を比較すると, **Table 5** のごとくなる. すなわち, hypokinetic I 群の 60% は NTG により壁運動の改善を認めたのに対し, normal 群では 46% が NTG 投与による壁運動の変化を示さなかった. それに対して強度の壁運動異常を示す hypokinetic II 群と akinetic ~ dyskinetic 群では NTG 舌下後に一定の傾向の変化を認めなかった.

また stroke volume の指標としての (Ad-As) は NTG 投与により各 section で減少し, その変化は PM level で有意であった (**Table 6**).

### 3. NTG 舌下前後の冠動脈造影所見と壁運動

NTG 舌下前後の CAG の比較では, NTG 舌下後に冠動脈径および側副血行路の増大を多くの例に認めたが, その程度と灌流領域の壁運動変化との間に一定の関係を認めることはできなかった.

### 4. 壁運動改善群と悪化群の比較

NTG 投与によりすべての section で (Ad-As)/Ad が増加ないし不変を示した例を改善群 (Group I), すべての section で減少ないし不変を示した例を悪化群 (Group II) とし, 両群を比較した. **Table 7** に両群の冠動脈造影所見を示すが, 両群

**Table 4. Responses of (Ad-As) / Ad of the short axis of the LV cavity before and after NTG**

(Ad-As) / Ad of each section before NTG	Changes in (Ad-As) / Ad after NTG			Total	
	↑	→	↓		
Normal	8	22*	9	39	p<0.01
Decreased	7	6	5	18	NS
Total	15	27	15	57	

Normal: (Ad-As) / Ad > (mean - 2 S.D.) of (Ad-As) / Ad of normal controls.

Decreased: (Ad-As) / Ad ≤ (mean - 2 S.D.) of (Ad-As) / Ad of normal controls.

Significant change: 15.8% for a cross-section, 22.4% for a quadrant. These are the errors due to frequent measurements of one sample (2 S.D./mean).

**Table 5. Responses of (Ad-As) / Ad of quadrants to NTG**

Motion of segment before NTG	Changes in (Ad-As) / Ad after NTG			Total	
	↑	→	↓		
Normal	42	78*	48	168	p<0.01
Hypokinetic (I)	25*	10	7	42	p<0.01
Hypokinetic (II)	7	2	5	14	NS
Akinetic or dyskinetic	1	2	1	4	
Total	75	92	61	228	

Normal: (Ad-As) / Ad > K, Hypokinetic (I): K ≥ (Ad-As) / Ad > K/2, Hypokinetic (II): K/2 ≥ (Ad-As) / Ad > 0, Akinetic or dyskinetic: 0 ≥ (Ad-As) / Ad, K = (mean - 2 S.D.) of (Ad-As) / Ad of normal controls.

**Table 6. (Ad-As) of short-axis cross-sections before and after NTG**

	Before NTG	After NTG	
Ad-As (cm <sup>2</sup> )			
MV section	5.77 ± 1.86	5.62 ± 2.25	NS
PM section	5.96 ± 1.64	4.44 ± 1.92*	p<0.01
AP section	3.23 ± 1.82	3.08 ± 1.84	NS

の間に枝病変数, 側副血行の有無, およびそれらの NTG 投与前後の変化等に有意な差は認められなかった。

血圧は **Table 8** に示すごとく, Group I では収縮期圧, 拡張期圧ともに有意に低下したが, Group II では有意の変化は認められなかった。

Preload の指標である Ad は **Table 9** に示す

ごとく, NTG 投与前は MV level, PM level で Group I のほうが Group II より有意に大であった。NTG 投与による Ad の変化は両群とも全 level において有意でなく, 群間の差も認められなかった。

Stroke volume を反映すると考えられる Ad-As は **Table 10** に示すごとく NTG 投与前には群間に差を認めていない。NTG 投与により Group I では MV level で Ad-As の増加を認め, その他の level では変化を認めなかった。Group II では全 level において Ad-As の減少を認めた。その結果, NTG 投与後の Ad-As は MV, PM の両 level において Group I が Group II より有意に大となった。

各 section の (Ad-As)/Ad の変化を **Table 11**

**Table 7. CAG findings in Groups I and II**

Changes in (Ad-As) / Ad of three sections after NTG	Case	CAG findings	
		Number of diseased vessels	Collaterals
All increased (Group I)	A	2	(+)
	B	2	(+)
	C	2	(-)
	D	1	(-)
	E	0	(-)
	F	0	(-)
All decreased (Group II)	G	3	(+)
	H	2	(+)
	I	2	(-)
	J	1	(+)
	K	1	(-)

Group I: (Ad-As) / Ad shows a significant increase in at least one cross section and a decrease in no sections.  
 Group II: (Ad-As) / Ad shows a significant decrease in at least one cross section and an increase in no sections.

**Table 8. Blood pressures of Groups I and II before and after NTG**

		Before NTG		After NTG
Systolic BP	Group I	129.3 ± 15.5	⇌ p < 0.05	122.3 ± 4.9
	Group II	123.2 ± 11.5	⇌ NS	113.6 ± 17.4
Diastolic BP	Group I	84.7 ± 7.5	⇌ p < 0.01	80.0 ± 6.9
	Group II	79.2 ± 10.9	⇌ NS	81.6 ± 11.4

**Table 9. Ad of LV short-axis cross-sections in Groups I and II before and after NTG**

		Before NTG		After NTG	
Ad (cm <sup>2</sup> )	MV section	Group I	16.77 ± 4.78	⇌ NS	16.87 ± 3.61
		Group II	11.42 ± 3.67	⇌ NS	11.18 ± 4.06
	PM section	Group I	16.15 ± 3.44	⇌ NS	13.42 ± 2.87
		Group II	12.32 ± 1.96	⇌ NS	9.92 ± 4.02
AP section	Group I	8.10 ± 5.82	⇌ NS	6.97 ± 4.27	
	Group II	6.54 ± 2.24	⇌ NS	5.56 ± 2.81	

Table 10. (Ad-As) of LV short-axis cross-sections in Groups I and II before and after NTG

		Before NTG		After NTG	
Ad-As (cm <sup>2</sup> )	MV section	Group I	5.68±1.33	↔ p<0.05	6.72±1.06
		Group II	4.94±1.63	↔ p<0.05	4.16±1.99
	PM section	Group I	6.43±1.56	↔ NS	5.75±1.79
		Group II	5.00±1.79	↔ p<0.005	2.70±1.39
	AP section	Group I	4.00±2.65	↔ NS	3.83±1.88
		Group II	2.98±1.56	↔ p<0.005	2.06±1.65

Table 11. (Ad-As) / Ad of the LV short-axis cross-sections in Groups I and II before and after NTG

		Before NTG		After NTG	
(Ad-As)/Ad	MV section	Group I	0.35±0.07	↔ p<0.005	0.41±0.06
		Group II	0.43±0.11	↔ p<0.05	0.37±0.13
	PM section	Group I	0.41±0.09	↔ NS	0.43±0.09
		Group II	0.40±0.09	↔ p<0.05	0.29±0.13
	AP section	Group I	0.50±0.09	↔ NS	0.61±0.18
		Group II	0.48±0.22	↔ NS	0.42±0.24

に示す。NTG 投与前は両群間に有意差は認められなかったが、NTG 投与により Group I では MV level で (Ad-As)/Ad の有意な増加を認め、Group II では MV, PM の両 level で有意な減少を認めた。その結果、NTG 投与後の (Ad-As)/Ad は PM level で Group I が Group II より有意に高い値を示した。

#### 考 案

虚血により障害された左室壁運動が心室性期外収縮刺激後の正常収縮で改善したり<sup>19-22)</sup>、NTG

投与により改善する事実<sup>1-9)</sup>は reversible asynergy として知られている。この reversible asynergy の臨床的意義は、虚血にさらされた心筋の viability を示していることであり、A-C bypass により運動の改善が期待される。この reversible asynergy を示す左室壁は muscle loss が 10% 未満であるとの報告もある<sup>7)</sup>。Reversible asynergy を検出する方法としては上記の 2 方法が知られているが、検出率は NTG によるほうが優れていることが報告されており<sup>21,22)</sup>、安全性の面からも現在主として NTG 投与が行われている。心電

図所見からは R 波が存在し, Q 波が存在しないことが必要条件であるとの報告もあるが<sup>7,15)</sup>, Q 波が存在していても A-C bypass により壁運動の改善した例も報告されており<sup>23)</sup>, 術後 Q 波が消失して R 波が再出現した例も知られている<sup>23,24)</sup>. 実際的な立場からは CAG 所見と壁運動の観察所見とを併せ考えるのが適当と思われる. 現在 reversible asynergy は LVG により評価されるのが一般的である<sup>1-9)</sup>. しかし, LVG で観察し得る範囲は限られており, 検査自体が患者を非生理的状态において行うという問題を含む. 2DE は記録が良好であれば, 左室全周からの情報が得られ, 患者にほとんど負荷をかけない点で LVG に勝る方法である.

2DE を壁運動の評価に用いるには壁動態の定量的評価が必要である. 壁収縮異常の評価に用い得る指標としては, 内径の変化, 断面積の変化のように壁の動きを知るもの, 曲率半径の変化のように局所の収縮状態を知るもの, 壁厚増加率の変化のように残存心筋量や心筋血流量を反映するものなどがある. 今回は壁動態を評価するための指標として断面積変化率を用いた. これは左室壁の各部分を心臓の全周期を通じて同定することは不可能であるため, 測定対象に幅をもたせて平均化を図ったからである.

面積変化を指標とする場合, 全例に共通で, 収縮の方向に近いと思われる点を求めねばならない. 我々は正常者の左室収縮は同じ pattern をとると仮定した上で, asynergy による形態変化の影響が最も小さいと考えられる拡張終期の断面積重心を基準点として, fixed external reference system を用いて左室壁運動の評価を行った.

全体としての傾向では, NTG 舌下により preload, afterload, stroke volume の減少が認められたが, これらはすでに多く報告されたとおりである<sup>3,9-13,18)</sup>. 壁運動改善例で ejection fraction が改善するとの報告があるが<sup>4,9)</sup>, 我々の (Ad-As)/Ad を指標として見た壁運動と ejection fraction は同じ現象を見ていると考えてよい.

NTG による壁運動の改善は hypokinetic な部分に多く見られ, 壁運動が正常な部分はあまり変化しないという事実は, すでに LVG 等で知られている<sup>3)</sup>が, 今回の結果はこれを再確認するものであった. また心臓全体の機能を反映していると考えられる各 section の (Ad-As)/Ad についても, 正常な section は NTG により変化を受けにくいことがわかった. 血流に関しては reversible asynergy には側副血路の存在が重要であるとの報告があるが<sup>15,16)</sup>, 今回の検討では全例で NTG 舌下後冠動脈およびすでにある側副血路の拡張を見たが, 改善群と悪化群の間にこれら所見の一定の傾向を示す差異を認めなかった.

NTG により壁運動が全体として悪化する群と改善する群に分けて比較検討したところ, 両群の間には, afterload, stroke volume, (Ad-As)/Ad の変動に明らかな差があった. また NTG 投与前の状態では preload にのみ有意な差が認められた. この事実は NTG に対し少なくとも 2 種類の反応様式が存在することを示していると考えられた.

## 要 約

左室の局所壁動態および心ポンプ機能に対するニトログリセリン (以下 NTG) の作用を, 超音波断層心エコー図法と冠狀動脈造影法により調べた. 対象は虚血性心疾患患者 19 例, 正常対照群 10 例である. 左室短軸断層像を僧帽弁, 乳頭筋, 心尖部の 3 断面で記録し, 拡張終期左室内腔断面積重心を基準点, 心室中隔右室側後端と基準点を結ぶ線分を基準線として, 左室内腔を 4 分割した. 各断面全体および四分円の拡張終期における断面積 Ad および収縮終期における断面積 As をコンピューターにより計測した. 局所壁動態および心ポンプ機能はそれぞれ (Ad-As)/Ad, (Ad-As) を指標として評価した.

その結果, 血圧, 各短軸断面の Ad, Ad-As は NTG 投与により有意に低下した. NTG 投与前に壁運動が正常であった短軸断面では, NTG 投



与後も (Ad-As)/Ad に有意な変化を認めなかった。NTG 投与前に局所壁運動が低下していた四分円の (Ad-As)/Ad は、NTG により増加する傾向を示した。これに対し局所壁運動が正常な四分円では、(Ad-As)/Ad に有意な変動を認めなかった。

NTG 投与によりすべての断面で (Ad-As)/Ad が増加ないし不変であった群 (I 群) と、減少ないし不変であった群 (II 群) の CAG 所見、血行動態を比較した。I 群と II 群の CAG 所見には有意な差は認められなかった。NTG 投与前における I 群と II 群の差は Ad の平均が I 群で有意に大であることのみであった。NTG 投与により I 群では有意の血圧低下を示したが、II 群では有意な変化を認めなかった。各短軸断面の (Ad-As) は、I 群では増加ないし不変であったのに対し、II 群では減少した。

以上より、NTG は特に hypokinetic な部分において局所壁運動異常を回復し、Ad の増加した例で心ポンプ機能を改善することが知られた。また NTG が壁運動や心ポンプ機能を改善する機序の 1 つとして、前負荷および後負荷の減少が考えられた。

#### 文 献

- 1) Dove JT, Shah PM, Schreiner BF: Effects of nitroglycerin on left ventricular wall motion in coronary artery disease. *Circulation* **49**: 682, 1974
- 2) Helfant RH, Pine R, Meister SG, Feldman MS, Trout RG, Banka VS: Nitroglycerin to unmask reversible asynergy: Correlation with post coronary bypass ventriculography. *Circulation* **50**: 108, 1974
- 3) Sniderman AD, Herscovitch P, Marpole D, Fallen EL: Restoration of regional wall motion by nitroglycerin therapy in patients with left ventricular asynergy. *Chest* **66**: 545, 1974
- 4) McNulty JH, Hattenhauer MT, Rösch J, Kloster FE, Rahimtoola SH: Improvement in left ventricular wall motion following nitroglycerin. *Circulation* **51**: 140, 1975
- 5) Reddy SP, Curtiss EI, O'Toole JD, Matthews RG, Salerni R, Leon DF, Shaver JA: Reversibility of left ventricular asynergy by nitroglycerin in coronary artery disease. *Am Heart J* **90**: 479, 1975
- 6) Dumesnil JG, Ritman EL, Davis GD, Gan GT, Rutherford BD, Frye RL: Regional left ventricular wall dynamics before and after sublingual administration of nitroglycerin. *Am J Cardiol* **36**: 419, 1975
- 7) Bodenheimer MM, Banka VS, Hermann GA, Trout RG, Pasdar H, Helfant RH: Reversible asynergy: Histopathologic and electrographic correlations in patients with coronary artery disease. *Circulation* **53**: 792, 1976
- 8) Salel AF, Berman DS, DeNardo GL, Mason DT: Radionuclide assessment of nitroglycerin influence on abnormal left ventricular segmental contraction in patients with coronary heart disease. *Circulation* **53**: 975, 1976
- 9) McEwan MP, Berman ND, March JE, Feiglin DH, McLaughlin PR: Effect of intravenous and intracoronary nitroglycerin on left ventricular wall motion and perfusion in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **47**: 102, 1981
- 10) Wiener L, Dwyer EM, Cox JW: Hemodynamic effects of nitroglycerin, propranolol, and their combination in coronary heart disease. *Circulation* **39**: 623, 1969
- 11) Burggraf GW, Parker JO: Left ventricular volume changes after amyl nitrate and nitroglycerin in man as measured by ultrasound. *Circulation* **49**: 136, 1974
- 12) DeMaria AN, Vismara LA, Anditore K, Amsterdam EA, Zelis R, Mason DT: Effects of nitroglycerin on left ventricular cavity size and cardiac performance determined by ultrasound in man. *Am J Cardiol* **57**: 754, 1974
- 13) Ludbrook PA, Byrne JD, McKnight RC: Influence of right ventricular hemodynamics on left ventricular diastolic pressure-volume relations in man. *Circulation* **59**: 21, 1979
- 14) Horwitz LD, Gorlin R, Taylor WJ, Kemp HG: Effects of nitroglycerin on regional myocardial blood flow in coronary artery disease. *J Clin Invest* **50**: 1578, 1971
- 15) Banka VS, Bodenheimer MM, Helfant RH: Determinants of reversible asynergy: The native coronary circulation. *Circulation* **52**: 810, 1975
- 16) Cohn PF, Maddox D, Holman BL, Markis JE, Adams DF, See JR, Idoine J: Effect of sublingually administered nitroglycerin on regional myocardial blood flow in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **39**: 872, 1977

- 17) Mehta, J, Pepine CJ: Effect of sublingual nitroglycerin on regional flow in patients with and without coronary disease. *Circulation* **58**: 803, 1978
- 18) da Luz PL, Forrester JS: Influence of vasodilators upon function and metabolism of ischemic myocardium. *Am J Cardiol* **37**: 581, 1976
- 19) Dyke SH, Cohn PF, Gorlin R, Sonnenblick EH: Detection of residual myocardial function in coronary artery disease using post-extra systolic potentiation. *Circulation* **50**: 694, 1974
- 20) Hamby RI, Aintablian A, Wisoff BG, Hartstein ML: Response of the left ventricle in coronary artery disease to post-extrasystolic potentiation. *Circulation* **51**: 428, 1975
- 21) Banka VS, Bodenheimer MM, Shah R, Helfant RH: Intervention ventriculography: Comparative value of nitroglycerin, post-extrasystolic potentiation and nitroglycerin plus post-extrasystolic potentiation. *Circulation* **53**: 632, 1976
- 22) Klansner SC, Ratshin RA, Tyberg JV, Lappin HA, Chatterjee K, Parmely WW: The similarity of changes in segmental contraction patterns induced by post-extrasystolic potentiation and nitroglycerin. *Circulation* **54**: 615, 1976
- 23) Zeff HJ, Friedberg HD, King JF, Manley JC, Huston JH, Johnson WD: Reappearance of anterior QRS forces after coronary bypass surgery: An electrovectorcardiographic study. *Am J Cardiol* **36**: 163, 1975
- 24) Conde CA, Meller J, Espinoza J, Donoso E, Dack S: Disappearance of abnormal Q waves after aortocoronary bypass surgery. *Am J Cardiol* **36**: 889, 1975