

# 星状神経節刺激による血行動態および 心電図の変化 (実験的研究)

岡山大学医学部第一内科教室 (主任: 長島秀夫教授)

吉 岡 信 彦

(昭和54年11月27日受稿)

**Key words:** 星状神経節  
交感神経刺激  
冠血流量  
QT 時間

## 緒 言

心筋梗塞発症直後や狭心症発作時に血中および尿中 catecholamine が増加するとの報告は多く<sup>1)2)</sup>, 交感神経系が冠状循環と密接な関係を持つことは周知の事実である。

心臓交感神経を刺激すると冠血流量は増加し, その機序として古くは catecholamine の冠血管拡張作用が主体であると考えられていたが<sup>3)</sup>, 現在では心仕事量や心筋酸素消費量の増加が主要な要因であるとされている<sup>4)5)</sup>。

一方心臓交感神経を刺激すると心電図の ST-T 波に変化が起こることも古くから知られた事実であり<sup>6)</sup>, その成因として最近では局所心筋の活動電位の形や持続時間の変化から検討され, 心臓における左右交感神経支配の相違から生じる支配領域心筋での活動電位の差が考えられている<sup>7)</sup>。また心臓交感神経の機能的分布については主に不応期の変化から検討され<sup>8)9)</sup>, 右側交感神経は主に左室前壁, 右室前壁, 心室中隔に分布し, 左側交感神経は左室後壁, 側壁, 下壁に分布しているとされている。

これまで心臓交感神経刺激による冠血行動態および心電図の変化については, それぞれ多くの研究が行なわれているが, 両者を同時に検討した報告や左右交感神経機能分布の差異が主要な冠状動脈の反応性に及ぼす影響について検討した報告はきわめて少ない。そこで著者は麻酔開胸犬を用いて, 右, 左星状神経節刺激によ

る左冠状動脈前下行枝, 回旋枝の血流量の変化を両血管灌流領域の左室収縮曲線, 左室心表面心電図の変化と対比して検討した。

## 実験材料と方法

雑種成犬22頭 (体重10~25kg) を用い, pentobarbital 静脈投与による麻酔 (25~30mg/kg) 後, 人工呼吸下に左側第5肋間で開胸し, 右, 左星状神経節を剝離し, 双極刺激電極を装着した。ついで左冠状動脈前下行枝, 回旋枝の起始部を剝離し, MF-26型短型波電磁血流計 (日本光電工業製) のプローブを装着し, 冠状動脈血流量 (以下冠血流量と略す) を測定した。また股動脈から逆行性に大動脈内にカテーテルを挿入し, MP-0.5型電気血圧計 (日本光電工業製) により大動脈血圧を測定した。

前下行枝灌流領域および回旋枝灌流領域に脚間距離10mmのHDS-1T変位型心収縮力ピックアップ (strain gauge arch, 日本光電工業製) を左室自由壁の長軸方向と平行になるように縫着し, 左室収縮曲線を記録した。なお縫着に際しては3号絹糸を使用して冠血管を圧迫, 損傷しないように注意した。左室収縮曲線の分析は田原<sup>10)</sup>の報告した方法を用いた。さらに両血管の灌流領域で, strain gauge arch の近くに心表面電極を装着し, 左室心表面心電図を記録した。電極の装着に際しては瞬間接着剤を用い, 傷害電流が生じないようにした。

右, 左星状神経節に幅1.5msec, 頻度20Herz,

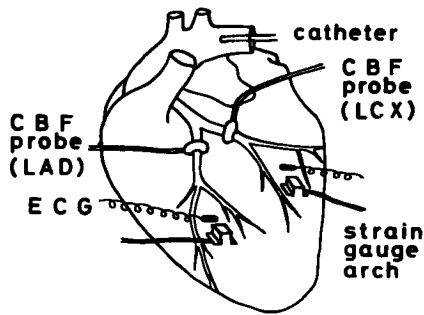


Fig. 1 Schematic representation of the experimental procedure.

Abbreviations: CBF probe; probe of electromagnetic flow-meter for measuring coronary blood flow. catheter; catheter for measuring aortic blood pressure. ECG; cardiac surface electrocardiogram. LAD; left anterior descending coronary artery. LCX; left circumflex coronary artery.

強さ20Vの短型直流電気刺激を15秒間加え、左冠状動脈前下行枝、回旋枝の血流量 (phasic pattern を中心に)、左室収縮曲線、左室心表面心電図、大動脈血圧の変化を、刺激終了直後から3分後まで一定時間毎に記録した。また一部の実験(7頭)では phentolamine (0.1mg/kg/min.) を点滴投与しながら大動脈血圧が一定になった時点で刺激を加え、さらに投与中止15分後 propranolol (0.5mg/kg) を股静脈から5秒間で投与し、5分後に同様の刺激を加えた。

各測定項目の記録には直記式電磁オシログラフ(三栄測器製)を用い、紙送り速度100mm/sec. で記録した。各記録時間の計測には連続した5心拍の平均値を用いた。

#### 測定項目

- 心拍数
- 大動脈血圧(以下血圧と略す)
- 左室収縮曲線
- 平均冠血流量

Table 1. Mean value and standard deviation of hemodynamic measurements before and immediately after stellate ganglion stimulations.

		HR (beats/min.)	MBP (mmHg)	DP (HR x MBP)	MCBF(LAD) (ml/min./100g)	MCBF(LCX) (ml/min./100g)
RSG (n = 16)	before	139 ± 31	98 ± 14	13907 ± 3808	63 ± 26	94 ± 31
	after	222 ± 43	115 ± 22	26396 ± 8300	89 ± 35	126 ± 45
LSG (n = 17)	before	144 ± 25	96 ± 14	13996 ± 2649	69 ± 26	93 ± 32
	after	185 ± 33	116 ± 19	21891 ± 5284	81 ± 30	133 ± 44
phent + RSG (n = 6)	before	173 ± 23	83 ± 9	11500 ± 5356	74 ± 27	103 ± 27
	after	244 ± 11	90 ± 8	21939 ± 2819	100 ± 33	144 ± 47
phent + LSG (n = 7)	before	176 ± 24	79 ± 15	14048 ± 3595	65 ± 27	95 ± 41
	after	207 ± 22	86 ± 19	18044 ± 5030	85 ± 34	141 ± 63
prop + RSG (n = 6)	before	125 ± 15	73 ± 27	9272 ± 4054	47 ± 27	96 ± 45
	after	141 ± 25	78 ± 32	11504 ± 5794	49 ± 28	99 ± 48
prop + LSG (n = 7)	before	131 ± 17	72 ± 28	9616 ± 4263	50 ± 25	80 ± 38
	after	131 ± 16	83 ± 35	11185 ± 5411	52 ± 24	83 ± 40

Abbreviations; HR; heart rate. MBP; mean aortic blood pressure. DP; double product. MCBF; mean coronary blood flow. LAD; left anterior descending coronary artery. LCX; left circumflex coronary artery. RSG; right stellate ganglion. LSG; left stellate ganglion. phent; phentolamine. prop; propranolol. before; before stimulation. after; immediately after stimulation.

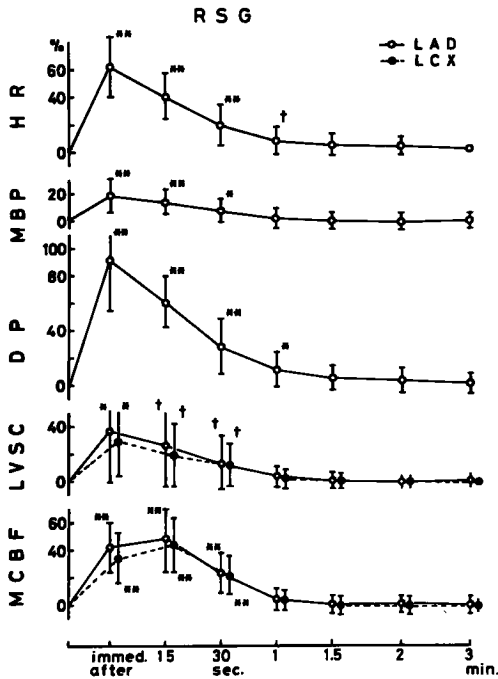


Fig. 2a Effect of right stellate ganglion stimulation on systemic hemodynamics, LVSC and MCBF.

Abbreviations; HR; heart rate. BP; mean aortic blood pressure. DP; double product. LVSC; left ventricular segmental contraction. MCBF; mean coronary blood flow. LAD; left anterior descending coronary artery. LCX; left circumflex coronary artery. immed. after; immediately after stimulation.

一心拍当りの収縮期および拡張期冠血流量 (以下収縮期冠血流量, 拡張期冠血流量と略す)

平均冠血管抵抗 = 平均血圧 / 平均冠血流量  
 拡張末期冠血管抵抗 = 拡張末期血圧 / 拡張末期冠血流量

double product = 平均血圧 × 心拍数<sup>11)</sup>

左室心表面心電図 (以下心表面心電図と略す)

成 績

I. 星状神経節刺激が冠血流量およびその他の血行動態に及ぼす影響

刺激前, 刺激終了直後の心拍数, 平均血圧, double product, 平均冠血流量の実測値を Table 1 に示した.

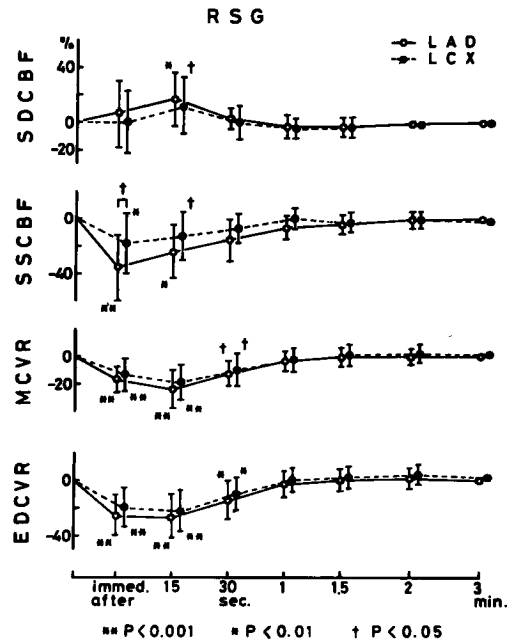


Fig. 2b Effect of right stellate ganglion stimulation on phasic CBF and CVR.

Abbreviations; SDCBF; stroke diastolic coronary blood flow. SSCBF; stroke systolic coronary blood flow. MCVR; mean coronary vascular resistance. EDCVR; end diastolic coronary vascular resistance. immed. after; immediately after stimulation.

1. 右星状神経節刺激による変化 (Fig. 2a, Fig. 2b)

心拍数は62% (P<0.001) と著明に増加し, 1分後まで持続した.

平均血圧は17% (P<0.001) 上昇し, 1分後に刺激前値に戻った.

double product は91% (P<0.001) と著明に増加し, 1分後まで持続した.

局所心筋収縮性は前下行枝領域で37% (P<0.01), 回旋枝領域で28% (P<0.01) 増加し約1分後に刺激前値に戻り, 両者の間に有意差は認めなかった.

平均冠血流量は前下行枝で41% (P<0.001), 回旋枝で34% (P<0.001) 増加し, 45秒後まで持続したが, 両者の間に差は認めなかった. 一心拍当りの冠血流量は両血管とも直後8%減少, 15秒後4~5%増加した.

拡張期冠血流量は15秒後で前下行枝は17% (P<0.01), 回旋枝は11% (P<0.05) 増加し, 両者

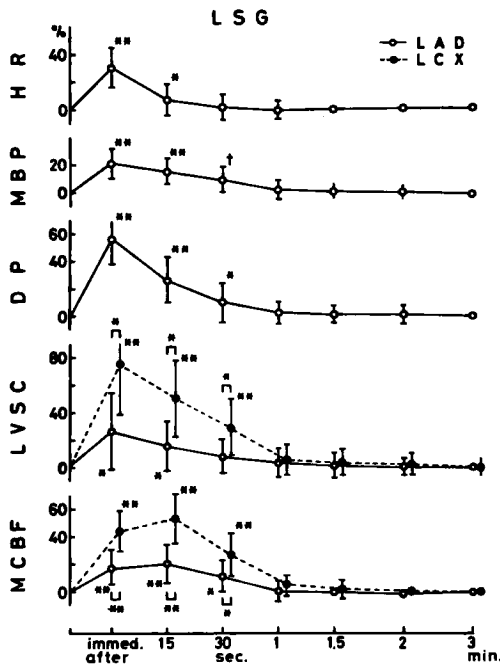


Fig. 3a Effect of left stellate ganglion stimulation on systemic hemodynamics, LVSC and MCBF.

Abbreviations; see Fig. 2a.

の間に差は認めなかった。

収縮期冠血流量は前下行枝で36% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝で18% ( $P < 0.01$ )減少し, 両者の間に有意差 ( $P < 0.05$ )を認めた。

平均および拡張末期冠血管抵抗は15秒後で前下行枝はそれぞれ24% ( $P < 0.001$ ), 27% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝は19% ( $P < 0.001$ ), 23% ( $P < 0.001$ )低下し, 両者の間に有意差は認めなかった。

右星状神経節を刺激した実例を Fig. 4a に示した。刺激により心拍数は著明に増加し, 血圧は上昇した。前下行枝, 回旋枝ともに収縮期冠血流量は減少し, 拡張期冠血流量は増加した。局所心筋収縮性の増加は前下行枝領域で大きい。

2. 左星状神経節刺激による変化 (Fig. 3a, Fig. 3b)

心拍数は29% ( $P < 0.001$ ), 平均血圧は21% ( $P < 0.001$ )増加し, 30~45秒後に刺激前値に戻った。

double product は56% ( $P < 0.001$ )増加し, 30秒後まで持続した。

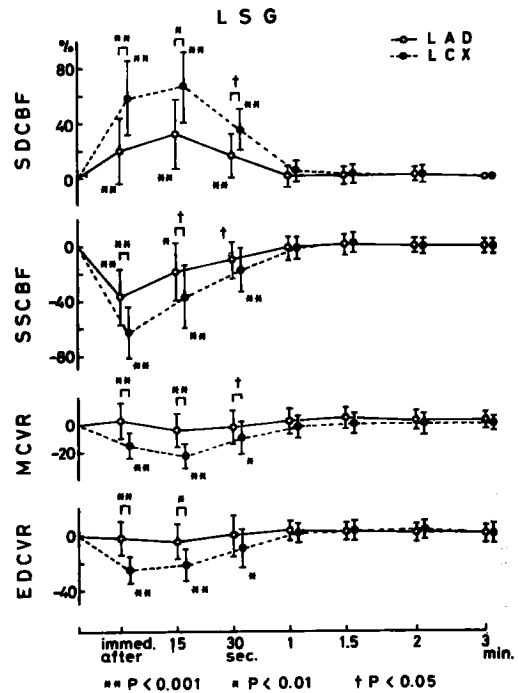


Fig. 3b Effect of left stellate ganglion stimulation on phasic CBF and CVR.

Abbreviations; see Fig. 2b.

局所心筋収縮性は前下行枝領域で26% ( $P < 0.01$ ), 回旋枝領域で75% ( $P < 0.001$ )増加し, 約1分後に刺激前値に戻ったが, 増加は回旋枝領域で有意 ( $P < 0.01$ )に大であった。

平均冠血流量は15秒後で前下行枝は20% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝は53% ( $P < 0.001$ )増加し, 1分~1分30秒後に刺激前値に戻ったが, 変化の度合は回旋枝が有意 ( $P < 0.001$ )に大であった。

一心拍当りの冠血流量, 拡張期冠血流量は15秒後で前下行枝はそれぞれ17% ( $P < 0.01$ ), 32% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝は37% ( $P < 0.001$ ), 67% ( $P < 0.001$ )増加し, 両者の間に有意差 ( $P < 0.01$ )を認めた。

収縮期冠血流量は前下行枝で37% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝で63% ( $P < 0.001$ )減少し, その変化は回旋枝で有意 ( $P < 0.001$ )に大であった。

平均および拡張末期冠血管抵抗は15秒後で回旋枝は21~23%低下 ( $P < 0.001$ )したが, 前下行枝はほとんど不変であり, 両血管の間に有意差 ( $P < 0.001$ )を認めた。

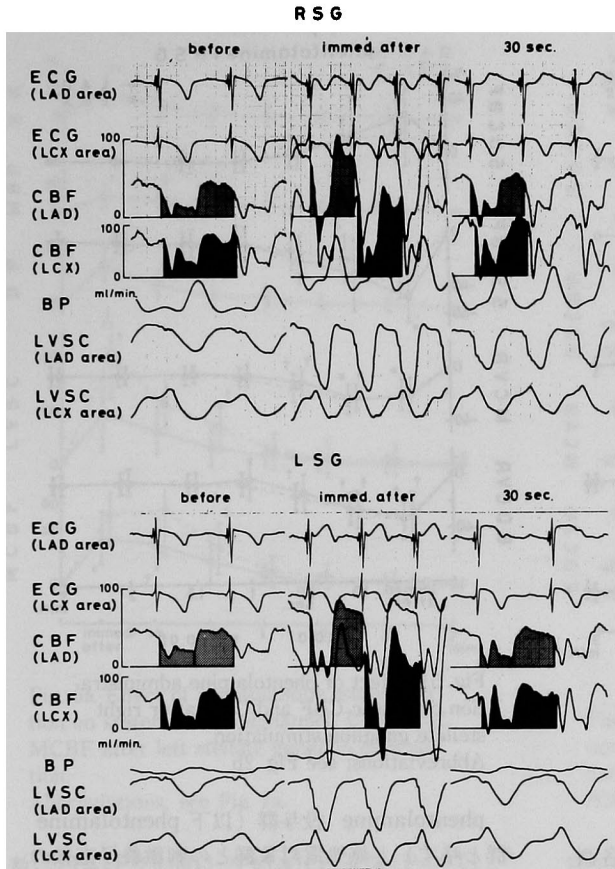


Fig. 4a Effect of right stellate ganglion stimulation on ECG, CBF and LVSC. Abbreviations; ECG; cardiac surface electrocardiogram, CBF; coronary blood flow. BP; aortic blood pressure. LVSC; left ventricular segmental contraction. LAD; left anterior descending coronary artery. LCX; left circumflex coronary artery. immed. after; immediately after stimulation.

Fig. 4b Effect of left stellate ganglion stimulation on ECG, CBF and LVSC. Abbreviations; see Fig. 4a.

左星状神経節を刺激した実例を Fig. 4b に示した。刺激により心拍数は増加し、血圧は上昇した。収縮期冠血流量は著明に減少し、back flow を認め、拡張期冠血流量は増加したが、これらの変化は回旋枝で著しい。局所心筋収縮性は両血管領域で同程度増加した。

3. Phentolamine 投与後の星状神経節刺激による変化

Phentolamine 投与前、投与 5 分後の心拍数、平均血圧、double product、平均冠血流量の実測値を Table 2 に示した。

心拍数は 8% 増加し、平均血圧は 17% (P < 0.01) 低下した。前下行枝、回旋枝ともに平均冠血流量はほとんど不変であったが、平均冠血管抵抗は 16~18% (P < 0.05) 低下した。局所心筋収縮性は両血管領域で 15~20% (P < 0.05) 増加した。

(1) 右星状神経節刺激による変化 (Fig. 5a, Fig. 5b)

Table 2 Effect of phentolamine and propranolol administration on systemic hemodynamics, LVSC and MCBF.

		phentolamine	propranolol	
HR (beats/min.)	before	163 ± 20	167 ± 36	
	5 min.	175 ± 24	131 ± 17	
MBP (mmHg)	before	103 ± 16	79 ± 20	
	5 min.	84 ± 9*	71 ± 26	
DP (HR x MBP)	before	16478 ± 2027	13559 ± 4048	
	5 min.	14561 ± 2105	9470 ± 3891*	
LVSC (%)	before	100	100	
	LAD area	5 min.	120 ± 15 <sup>+</sup>	62 ± 17**
		before	100	100
	LCX area	5 min.	115 ± 20 <sup>+</sup>	66 ± 20**
MCBF (ml/min./100g)		before	68 ± 28	61 ± 24
	LAD	5 min.	68 ± 30	51 ± 25 <sup>+</sup>
		before	100 ± 41	93 ± 38
	LCX	5 min.	99 ± 39	79 ± 39 <sup>+</sup>

\*\* P < 0.001      \* P < 0.01      + P < 0.05

Abbreviations; before; before administration. 5min; 5 minutes after administration. others; see Fig. 2a.

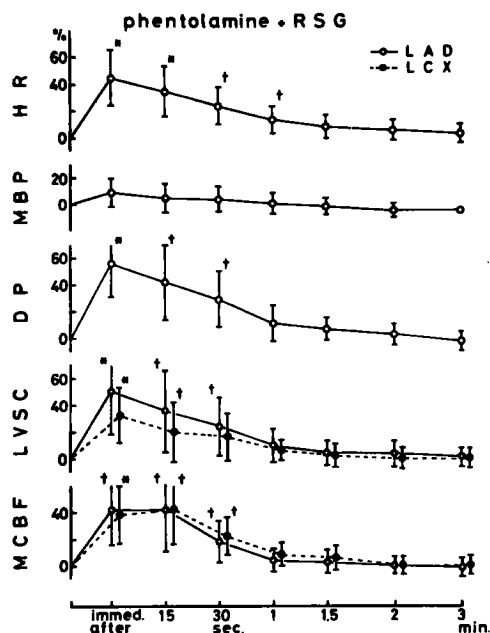


Fig. 5a Effect of phentolamine administration on systemic hemodynamics, LVSC and MCBF after right stellate ganglion stimulation.

Abbreviations; see Fig. 2a.

Phentolamine 投与 (開始) 約 5 分後の各測定値が安定した時点で、右星状神経節を刺激すると、心拍数は43% ( $P < 0.01$ ), 平均血圧は9%, double product は56% ( $P < 0.01$ ) 増加した。

局所心筋収縮性は前下行枝領域で50% ( $P < 0.01$ ), 回旋枝領域で31% ( $P < 0.01$ ) 増加し、両者の間に差は認めなかった。

平均冠血流量は15秒後両血管ともに42% ( $P < 0.05$ ) 増加した。

一心拍当りの冠血流量, 拡張期冠血流量は前下行枝でそれぞれ7%, 28%, 回旋枝で3%, 16%増加し、両血管の間に有意差は認めなかった。

収縮期冠血流量は前下行枝で48% ( $P < 0.01$ ), 回旋枝で25% ( $P < 0.05$ ) 減少し、両者の間に差は認めなかった。

平均および拡張末期冠血管抵抗は両血管ともにそれぞれ23~24% ( $P < 0.01$ ), 32~33% ( $P < 0.05$ ) 低下した。

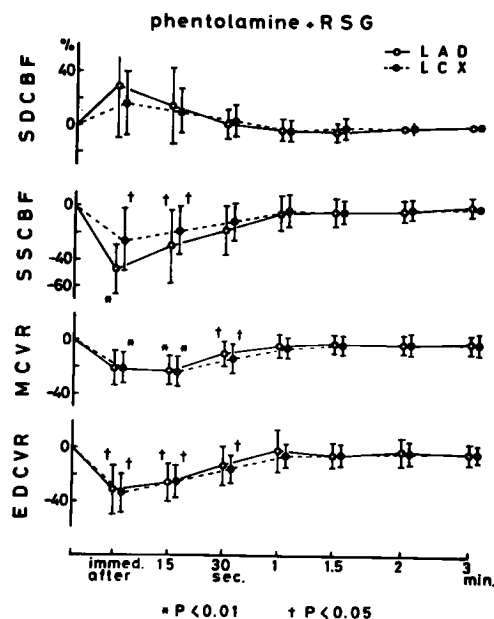


Fig. 5b Effect of phentolamine administration on phasic CBF and CVR after right stellate ganglion stimulation.

Abbreviations; see Fig. 2b

phentolamine 投与群 (以下 phentolamine 群と略す) と無処置対象群との刺激終了直後の変化を比較したのが、Fig. 11 である。

心拍数の増加, 平均血圧の上昇は phentolamine 群が小であったが、推計学的に有意ではなかった。double product の増加は phentolamine 群が有意 ( $P < 0.05$ ) に小であった。

局所心筋収縮性, 冠血流量の変化は両者の間に大差を認めなかった。

平均冠血管抵抗の低下は phentolamine 群が有意 ( $P < 0.05$ ) に大であった。

phentolamine 投与後の右星状神経節刺激の実例を Fig. 7a に示した。刺激により心拍数は増加し、血圧は上昇した。

前下行枝, 回旋枝ともに収縮期冠血流量は減少し、拡張期冠血流量は増加した。これらの変化は無処置対象 (Fig. 4a) とほぼ同様である。

(2) 左星状神経節刺激による変化 (Fig. 6a, Fig. 6b)

phentolamine 投与約 5 分後の各測定値が安定した時点で左星状神経節を刺激すると、心拍

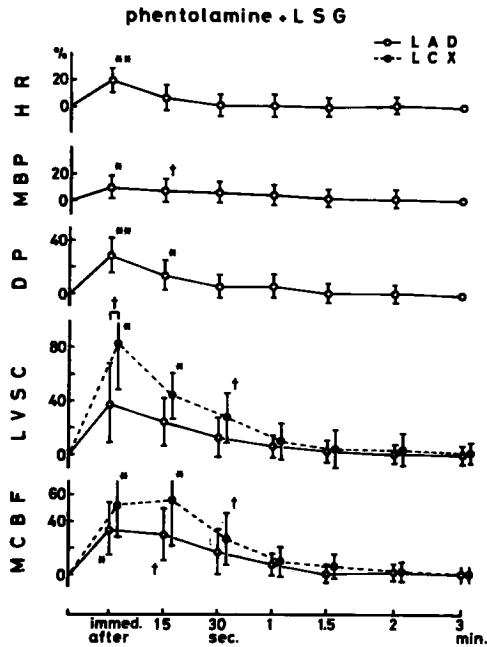


Fig. 6a Effect of phentolamine administration on systemic hemodynamics, LVSC and MCBF after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a.

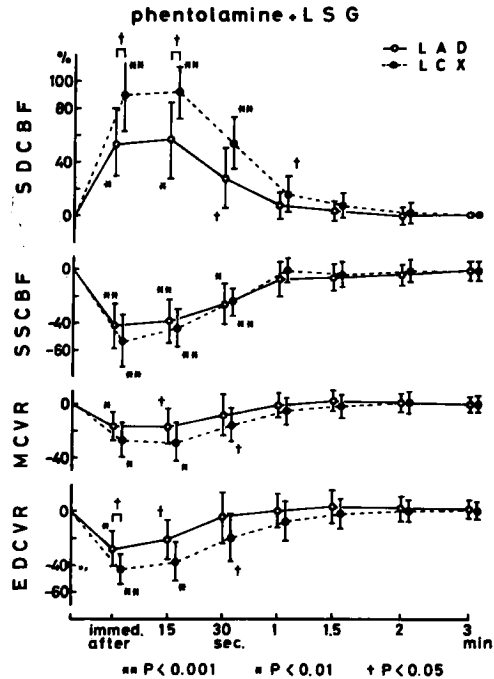


Fig. 6b Effect of phentolamine administration on phasic CBF and CVR after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2b.

数は19% ( $P < 0.001$ ), 平均血圧は9% ( $P < 0.01$ ), double productは28% ( $P < 0.001$ ) 増加した。

局所心筋収縮性は前下行枝領域で37% ( $P < 0.05$ ), 回旋枝領域で83% ( $P < 0.01$ ) 増加し, 変化は回旋枝領域で有意 ( $P < 0.05$ ) に大であった。

平均冠血流量は15秒後で前下行枝は30% ( $P < 0.05$ ), 回旋枝は56% ( $P < 0.01$ ) 増加した。

一心拍当りの冠血流量, 拡張期冠血流量は15秒後で前下行枝はそれぞれ31% ( $P < 0.05$ ), 57% ( $P < 0.01$ ), 回旋枝は57% ( $P < 0.01$ ), 92% ( $P < 0.001$ ) 増加し, 変化は回旋枝が有意 ( $P < 0.05$ ) に大であった。

収縮期冠血流量は前下行枝で42% ( $P < 0.001$ ), 回旋枝で54% ( $P < 0.001$ ) 減少し, 両者の間に大差は認めなかった。

平均冠血管抵抗は15秒後で前下行枝は17% ( $P < 0.05$ ), 回旋枝は29% ( $P < 0.01$ ) 低下した。

phentolamine 群と無処置対象群との刺激終了直後の変化を比較したのが Fig. 12 である。

心拍数の増加 ( $P < 0.05$ ), 平均血圧の上昇 ( $P < 0.01$ ), double product の増加 ( $P < 0.01$ ) は

phentolamine 群が有意に小であった。

局所心筋収縮性, 冠血流量の変化は両者の間に大差は認めなかった。

平均冠血管抵抗の低下は phentolamine 群が有意 ( $P < 0.05$ ) に大であった。

phentolamine 投与後の左星状神経節刺激の実例を Fig. 7b に示した。刺激により心拍数は増加し, 血圧は上昇した。回旋枝で著明な back flow と拡張期冠血流量の増加を認めた。これらの変化は無処置対象 (Fig. 4b) とほぼ同様である。

以上のように phentolamine 投与後の星状神経節刺激では対象群と比較して心拍数の増加, 血圧の上昇はやや小であったが, 局所心筋収縮性, 冠血流量の増加はほとんど同じであった。

すなわち星状神経節刺激による血行動態の変化は phentolamine で抑制されなかった。

#### 4. Propranolol 投与後の星状神経節刺激による変化

propranolol 投与前, 投与5分後の心拍数, 平均血圧, double product, 平均冠血流量の実

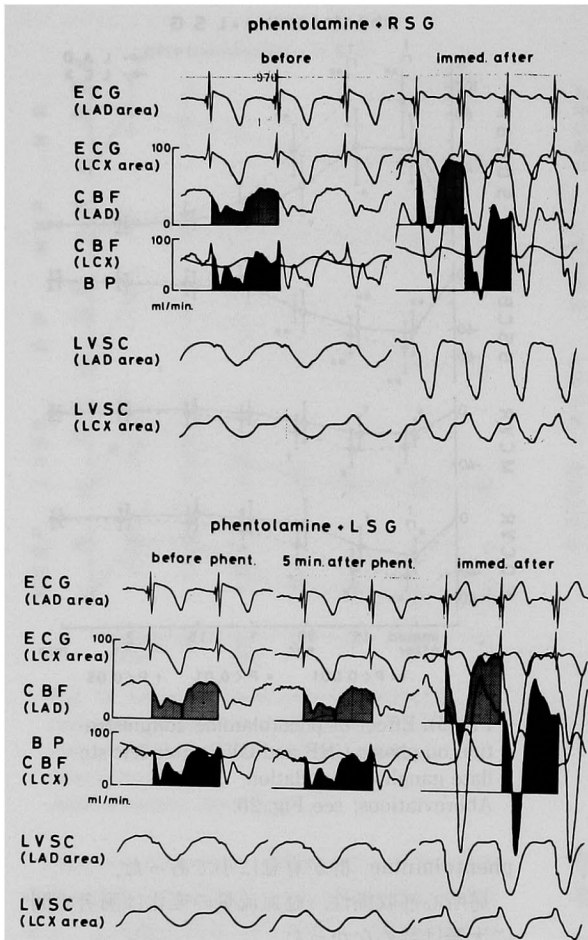


Fig. 7a Effect of phentolamine administration on ECG, CBF and LVSC after right stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 4a.

Fig. 7b Effect of phentolamine administration on ECG, CBF and LVSC after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 4a.

測値を Table 2 に示した。

心拍数は19% ( $P < 0.01$ )減少し、平均血圧は14%低下した。前下行枝、回旋枝ともに平均冠血流量は18% ( $P < 0.05$ )減少し、平均冠血管抵抗は9~11%上昇した。局所心筋収縮性は両領域で34~38% ( $P < 0.001$ )減少した。

(1) 右星状神経節刺激による変化 (Fig. 8)

propranolol 投与約5分後の各測定値が安定した時点で右星状神経節を刺激すると、心拍数は13% ( $P < 0.05$ )、平均血圧は6% ( $P < 0.05$ )、double productは20% ( $P < 0.05$ )増加した。

前下行枝、回旋枝ともに平均冠血流量、phasic pattern、平均冠血管抵抗に有意な変化は認めなかった。

局所心筋収縮性は両領域とも不変であった。propranolol 投与群 (以下 propranolol 群と略す) と無処置対象群との刺激終了直後の変化を

比較したのが Fig. 11 である。

心拍数の増加 ( $P < 0.001$ )、平均血圧の上昇 ( $P < 0.05$ )、double productの増加 ( $P < 0.001$ )は propranolol 群が有意に小であった。

前下行枝、回旋枝ともに平均冠血流量の増加 ( $P < 0.001$ )、平均冠血管抵抗の低下 ( $P < 0.05$ )は propranolol 群が有意に小であった。

局所心筋収縮性の増加は両領域ともに、propranolol 群が有意 ( $P < 0.05$ )に小であった。

propranolol 投与後の右星状神経節刺激の実例を Fig. 10a に示した。刺激により血行動態、心電図ともにほとんど変化を認めなかった。

(2) 左星状神経節刺激による変化 (Fig. 9)

propranolol 投与約5分後の各測定値が安定した時点で左星状神経節を刺激すると、心拍数は不変で、平均血圧は14% ( $P < 0.01$ )上昇し、double productは14% ( $P < 0.05$ )増加



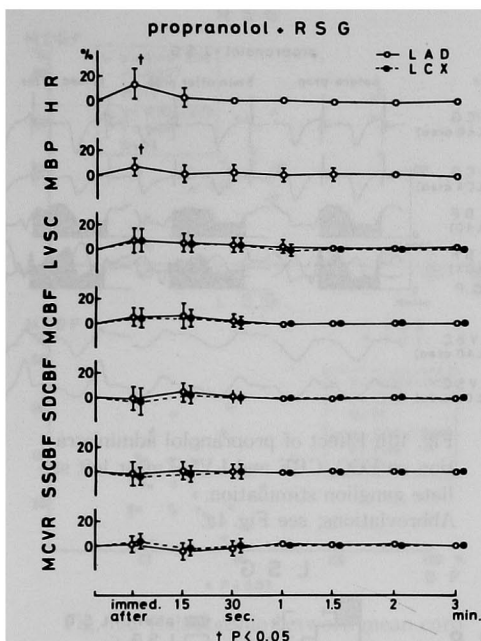


Fig. 8 Effect of propranolol administration on systemic and coronary hemodynamics after right stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a, Fig. 2b.

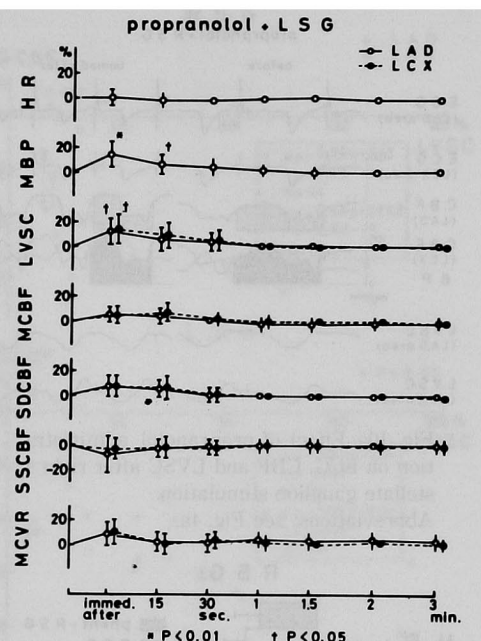


Fig. 9 Effect of propranolol administration on systemic and coronary hemodynamics after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a, Fig. 2b.

した。

局所心筋収縮性は前下行枝領域で12% ( $P < 0.05$ ), 回旋枝領域で15% ( $P < 0.05$ )増加した。

前下行枝, 回旋枝ともに平均冠血流量, phasic patternに有意な変化は認めなかったが, 平均冠血管抵抗は8~10%増加した。

propranolol 群と無処置対象群との刺激終了直後の変化を比較したのが Fig. 12 である。

心拍数の増加 ( $P < 0.001$ ), double productの増加 ( $P < 0.001$ )は propranolol 群が有意に小であったが, 平均血圧の上昇は両者の間に差は認めなかった。

前下行枝, 回旋枝ともに平均冠血流量の増加 ( $P < 0.001$ ), 平均冠血管抵抗の低下は, propranolol 群が小であった。

局所心筋収縮性の増加は両領域ともに, propranolol 群が有意 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.001$ )に小であった。

propranolol 投与後の左星状神経節刺激の実例を, Fig. 10b に示した。刺激により血行動態, 心電図ともにほとんど変化を認めない。

以上のように propranolol 投与後の星状神経

節刺激では対象群と比較して, 心拍数, 血圧, 局所心筋収縮性, 冠血流量の変化は明らかに減少した。すなわち星状神経節刺激による血行動態の変化は propranolol で抑制された。

#### 5. 冠血流量と他の測定値との関係

(1) 平均冠血流量とdouble product (Fig. 13a)

右星状神経節刺激では平均冠血流量は前下行枝で  $r = 0.83$  ( $P < 0.01$ ), 回旋枝で  $r = 0.85$  ( $P < 0.01$ )の相関係数で, double productと高い正の相関を認めた。

一方左星状神経節刺激では平均冠血流量は回旋枝で  $r = 0.48$ の相関係数で double productと低い正の相関を認めたが, 前下行枝では一定の傾向を示さなかった。

(2) 収縮期冠血流量と局所心筋収縮性(Fig. 13b)

右星状神経節刺激では収縮期冠血流量は, 前下行枝, 回旋枝ともに局所心筋収縮性の増加により減少する傾向を認めた。

一方左星状神経節刺激では収縮期冠血流量は前下行枝で  $r = -0.60$  ( $P < 0.05$ ), 回旋枝で  $r =$

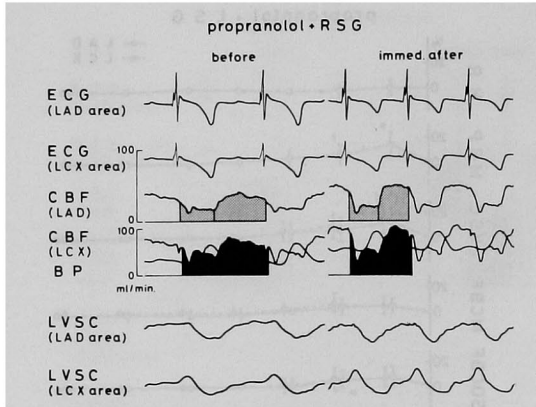


Fig. 10a Effect of propranolol administration on ECG, CBF and LVSC after right stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 4a.

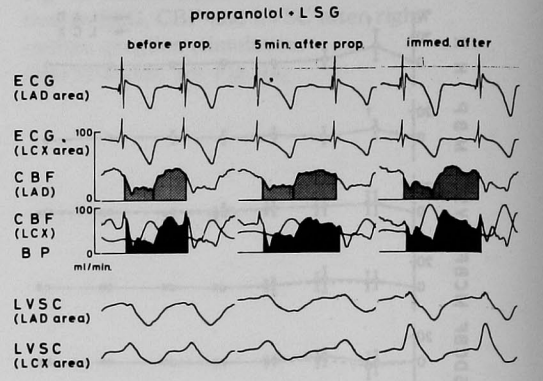


Fig. 10b Effect of propranolol administration on ECG, CBF and LVSC after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 4a.

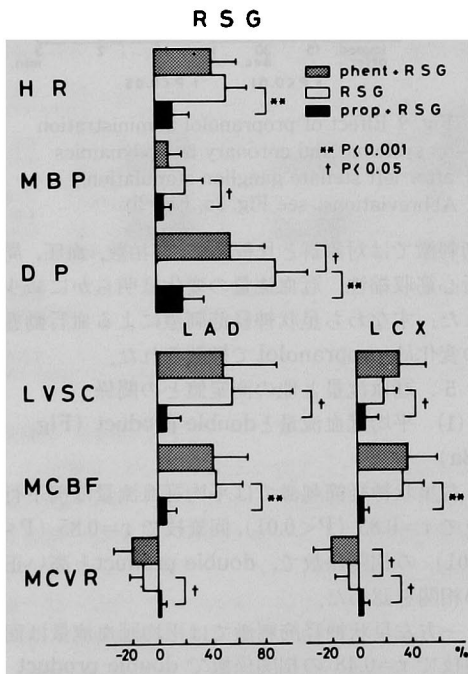


Fig. 11 Effect of phentolamine and propranolol administrations on systemic and coronary hemodynamics immediately after right stellate ganglion stimulation. Abbreviations; phent; phentolamine. prop; propranolol. others; see Fig. 2a, Fig. 2b.

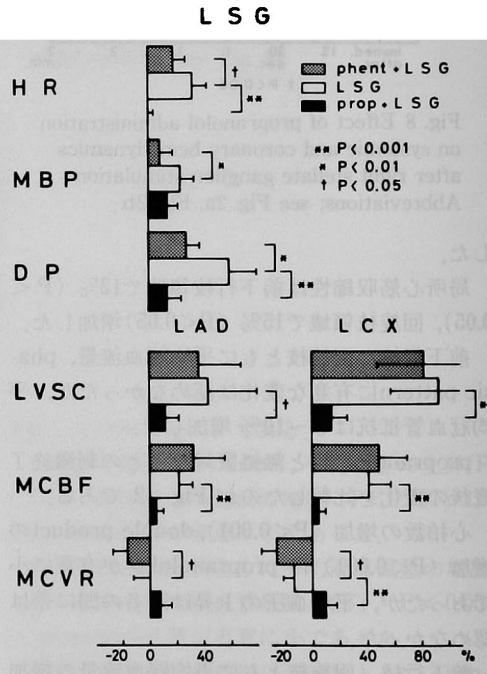


Fig. 12 Effect of phentolamine and propranolol administrations on systemic and coronary hemodynamics immediately after left stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a, Fig. 2b.

-0.58 ( $P < 0.05$ ) の相関係数で、局所心筋収縮性と負の相関を示した。

II. 星状神経節刺激が心表面心電図に及ぼす影響

星状神経節刺激終了直後のT波の変化を示したのが Fig. 14 である。刺激前は全例陰性T波であった。

1. 右星状神経節刺激による変化 (Fig. 14, Fig. 15a, Fig. 15b)

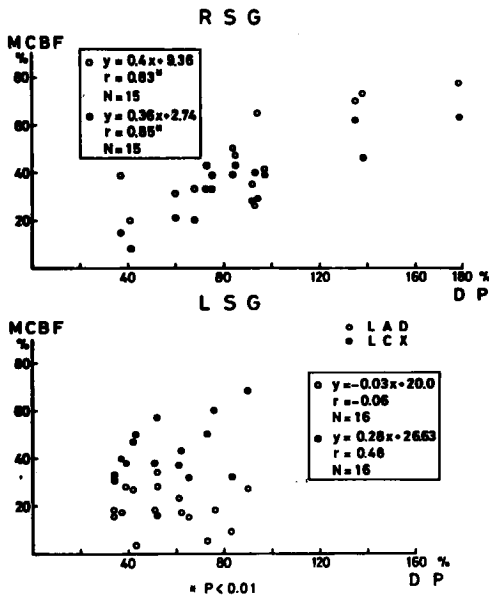


Fig. 13a Relationship between mean coronary blood flow and double product immediately after right (upper) and left (lower) stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a.

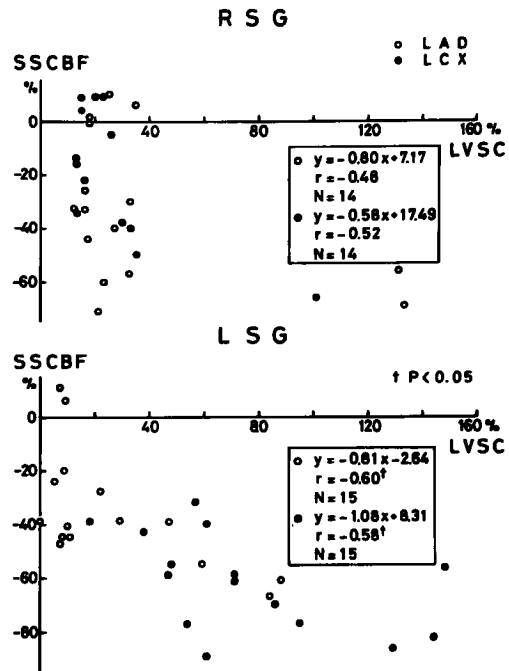


Fig. 13b Relationship between stroke systolic coronary blood flow and left ventricular segmental contraction immediately after right (upper) and left (lower) stellate ganglion stimulation. Abbreviations; see Fig. 2a, Fig. 2b.

		immediately after					
		N	P	DN	B	IN	U
RSG	LAD area	16	3	6	3	1	3
	LCX area	16	1	4	3	1	7
LSG	LAD area	17	1	1	4	7	4
	LCX area	17	7	3	3	0	4
phent + RSG	LAD area	6	3	2	0	0	1
	LCX area	6	1	2	1	0	2
phent + LSG	LAD area	7	2	0	1	3	1
	LCX area	7	3	1	1	0	2
prop + RSG	LAD area	6	0	1	0	0	5
	LCX area	6	0	1	0	0	5
prop + LSG	LAD area	7	0	0	0	1	6
	LCX area	7	0	0	0	0	7

Fig. 14 Effect of stellate ganglion stimulation on the T wave of cardiac surface electrocardiogram. Abbreviations; N; negative T wave. P; positive T wave. DN; decrease of the negativity of T wave. B; biphasic (± or 干) T wave. IN; increase of the negativity of T wave. U; unchanged. others; see Table 1.

a) T 波

前下行枝領域では陽転 3 例, 2 相性 (± or 干) 3 例, 陰性相減少 6 例, 陰性相増加 1 例, 不変

3 例で, 16 例中 12 例 (75%) が陽性化する変化を示した。回旋枝領域では陽転 1 例, 2 相性 (± or 干) 3 例, 陰性相減少 4 例, 陰性相増加 1 例, 不変 7 例で, 8 例 (50%) が陽性化する変化を示した。なお両領域ともに陽性化するものは 8 例 (50%) であった。すなわち右星状神経節刺激では T 波は両領域で陽性化する傾向を認めた。

b) ST 部分

前下行枝領域では 5 例 (31%) に ST の変化 (下降 4 例, 上昇 1 例) を認めた。ST 下降を示した 4 例の T 波の変化は陽転 2 例, 2 相性 (± or 干) 2 例であった。回旋枝領域では 4 例 (25%) に ST の変化 (下降 3 例, 上昇 1 例) を認めた。ST 下降を示した 3 例の T 波の変化は 2 相性 (± or 干) 2 例, 陰性相減少 1 例であった。すなわち刺激により両領域とも同じ程度 ST の下降する例を認め, その例の T 波は陽性化した。

c) QT 時間

QT 時間は刺激終了直後前下行領域, 回旋枝領域ともに 0.25 秒から 0.21~0.22 秒に短縮 (P <

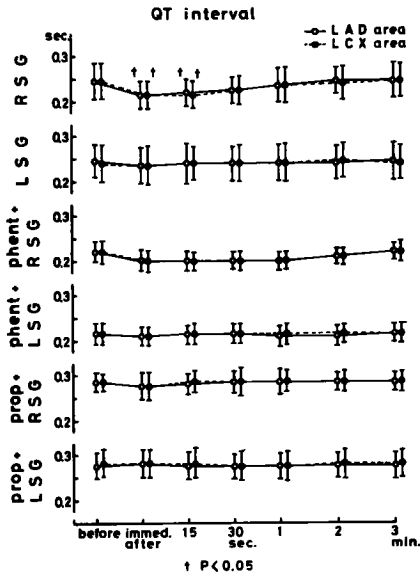


Fig. 15a Effect of stellate ganglion stimulation on the QT interval of cardiac surface electrocardiogram.

Abbreviations; see Table 1.

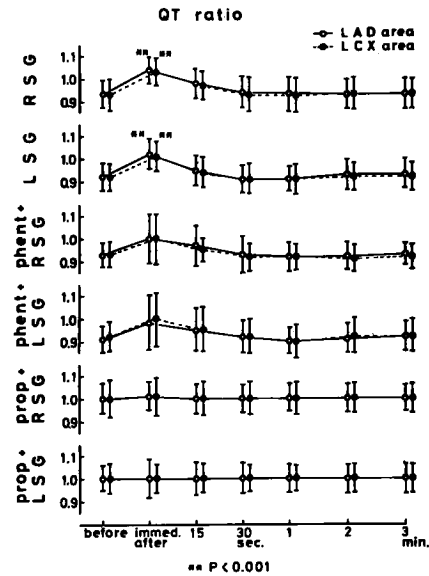


Fig. 15b. Effect of stellate ganglion stimulation on the QT ratio of cardiac surface electrocardiogram.

Abbreviations; see Table 1.

0.05)し、部位による差異は認めなかった。

Bazett<sup>12)</sup>の式で補正したQT比は両領域で0.93から1.03~1.04に増加( $P < 0.01$ )し、約30秒後に刺激前値に戻った。

#### d) QRS 棘波

QRS 棘波は全例変化を認めなかった。

### 2. 左星状神経節刺激による変化 (Fig. 14, Fig. 15a, Fig. 15b)

#### a) T 波

前下行枝領域では陽転1例、2相性(± or 干)4例、陰性相減少1例、陰性相増加7例(41%)、不変4例で、17例中6例(35%)が陽性化する変化を示した。回旋枝領域では陽転7例、2相性(± or 干)3例、陰性相減少3例、不変4例で、13例(76%)が陽性化する変化を示した。この13例の前下行枝領域でのT波の変化は陰性相増加が7例でもっとも多かった。

すなわち左星状神経節刺激ではT波は回旋枝領域で陽性化し、前下行枝領域では対照的に陰性相が増加する傾向を認めた。

#### b) ST 部分

前下行枝領域では8例(47%)にSTの変化(下降1例、上昇7例)を認めた。ST 上昇を示した7例のT波の変化は陰性相増加が5例で

もっとも多かった。回旋枝領域では7例(41%)にSTの変化(下降6例、上昇1例)を認めた。ST 下降を示した6例のT波の変化は全例陽転であった。すなわち前下行枝領域ではT波の陰性化を伴ってSTは上昇し、回旋枝領域ではT波の陽性化を伴ってSTは下降する傾向を認めた。

#### c) QT 時間

QT 時間は前下行枝領域、回旋枝領域ともにほとんど変化を示さず、部位による差異は認めなかった。

QT 比は両領域で0.92から1.01~1.02に増加( $P < 0.01$ )し、約30秒後に刺激前値に戻った。

#### d) QRS 棘波

QRS 棘波は全例変化を認めなかった。

### 3. Phentolamine 投与後の星状神経節刺激による変化 (Fig. 14, Fig. 15a, Fig. 15b)

phentolamine 投与により前下行枝領域、回旋枝領域ともにT波は全例変化を認めなかった。QT 時間は両領域で約0.22秒と不変であった。

QT 比は両領域で0.89から0.91と軽度増加したが、推計学的に有意ではなかった。

#### (1) 右星状神経節刺激による変化

##### a) T 波

phentolamine 投与後の右星状神経節刺激では、前下行枝領域で陽転 3 例、陰性相減少 2 例で、陽性化する変化を示す例 (83%) が多かった。回旋枝領域では陽転、2 相性 (± or 干), がそれぞれ 1 例ずつで、陰性相減少が 2 例であった。

#### b) ST 部分

phentolamine 投与後の刺激では前下行枝領域、回旋枝領域ともに 2 例 (33%) ずつ ST の下降を示す例がみられた。

#### c) QT 時間

phentolamine 投与後の刺激では QT 時間は前下行枝領域、回旋枝領域ともに 0.22 秒から 0.20 秒に軽度短縮し、部位による差異は認めなかった。

QT 比は両領域で 0.93 から 1.0 に増加した。

#### d) QRS 棘波

phentolamine 投与後の刺激では QRS 棘波は全例変化を認めなかった。

### (2) 左星状神経節刺激による変化

#### a) T 波

phentolamine 投与後の左星状神経節刺激では、前下行枝領域で陰性相増加、回旋枝領域で陽転するものが、それぞれ 3 例 (43%) でもっとも多かった。

#### b) ST 部分

phentolamine 投与後の刺激では前下行枝領域で 2 例 (29%) に ST の変化 (下降 1 例、上昇 1 例) を認め、回旋枝領域では 2 例 (29%) に ST 下降を認めた。

#### c) QT 時間

phentolamine 投与後の刺激では QT 時間は前下行枝領域、回旋枝領域ともほとんど変化を示さず、部位による差異は認めなかった。

QT 比は両領域で 0.91~0.92 から 0.98~1.0 に増加した。

#### d) QRS 棘波

phentolamine 投与後の刺激では QRS 棘波は全例変化を認めなかった。

以上のように phentolamine 投与後の星状神経節刺激では T 波、ST 部分、QT 時間は対象群とほぼ同じ変化を示した。すなわち星状神経節刺激による心表面心電図の変化は phentolamine で抑制されなかった。

4. Propranolol 投与後の星状神経節刺激による変化 (Fig. 14, Fig. 15a, Fig. 15b)

propranolol 投与により前下行枝領域、回旋枝領域ともに T 波は 2 例陰性相が軽度増加したが、その他の例は変化がみられなかった。

QT 時間は両領域で 0.23 秒から 0.28 秒に延長 ( $P < 0.05$ ) した。QT 比は両領域で 0.95~0.96 から 1.0 と軽度増加したが、推計学的に有意ではなかった。

### (1) 右星状神経節刺激による変化

#### a) T 波

propranolol 投与後の右星状神経節刺激では、前下行枝領域、回旋枝領域でそれぞれ 1 例ずつのみ陰性相が減少したが、その他の例は不変であった。

#### b) ST 部分 c) QT 時間 d) QRS 棘波

propranolol 投与後の刺激ではいずれも変化を認めなかった。

### (2) 左星状神経節刺激による変化

#### a) T 波

propranolol 投与後の左星状神経節刺激では、前下行枝領域で 1 例のみ陰性相が増加したが、その他の例は不変であった。

#### b) ST 部分 c) QT 時間 d) QRS 棘波

propranolol 投与後の刺激ではいずれも変化を認めなかった。

以上のように propranolol 投与後の星状神経節刺激では T 波、ST 部分、QT 時間の変化はほとんどみられなかった。すなわち星状神経節刺激による心表面心電図の変化は propranolol で抑制された。

## 5. 星状神経節刺激による血行動態の変化と心電図の変化との時間的關係

右、左星状神経節を刺激するとほぼ全例で心表面心電図 ST・T 波の変化は刺激開始 2~3 秒後に始まり、それより 1~2 秒遅れて心拍数増加、血圧上昇、冠血流波形の変化が始まった。また刺激終了後心拍数、血圧、冠血流量は 1 分以内 (30 秒~45 秒が多い) に刺激前値に戻ったが、心電図 ST・T 波の変化は 2~3 分後まで持続する例が多かった。

## 考 案

星状神経節を刺激すると血行動態に著明な変化が起こることは古くから知られている<sup>4)</sup>。Randall<sup>13)</sup>、Furnival<sup>14)</sup>らは右星状神経節刺激で

は陽性変時作用が強く、左星状神経節刺激では陽性変力作用が強いと報告し、その機序として右星状神経節は主に心房、洞結節を支配し、左星状神経節は主に心室を支配しているためであるとしている。

星状神経節を刺激すると交感神経末端から catecholamine (主に noradrenaline) が分泌される。Noradrenaline は *in vitro* の実験では冠動脈の収縮作用を持つとするもの<sup>15)16)</sup>、拡張作用を持つとするもの<sup>17)18)</sup>があり一定していない。一方 noradrenaline の *in vivo* での冠動脈に対する直接作用は一過性の冠動脈の収縮と、それに続く冠動脈の拡張作用である<sup>19)~21)</sup>。

生体内では心仕事量の増加、心筋酸素消費量の増加、冠灌流圧の上昇が起こり、その結果冠血流量は増加し<sup>4)5)22)</sup>、 $\beta_2$  受容体を介する直接の冠血管拡張作用による冠血流量増加は二次的なものとされている<sup>23)</sup>。

著者の成績では星状神経節刺激により心拍数の増加、血圧の上昇、局所心筋収縮性の増加、冠血流量の増加がみられた。Katz<sup>11)</sup> らは double product は心筋酸素消費量と相関するとしているが、著者の成績でも刺激により double product は著明に増加し、平均冠血流量と正の相関を示した。このことから心筋酸素消費量の増加により冠血流量が増加したものと考えられた。

星状神経節を刺激するとその支配領域の心筋に収縮性の亢進が起こるとされているが<sup>24)25)</sup>、著者の成績でも同様に局所心筋収縮性の増加を認めた。

また星状神経節刺激により冠血流量の phasic pattern にも変化が生じるといわれおり<sup>26)27)</sup>

著者の成績では拡張期冠血流量の増加、収縮期冠血流量の減少を認め、また多くの症例で back flow がみられた。著者の実験では直接心室内圧、心筋内圧は測定していないが、刺激により心筋収縮は亢進し、大動脈血圧は上昇しており、諸家の報告<sup>28)~30)</sup>と同様に心室内圧、心筋内圧の上昇をきたし、その結果冠血管は extravascular compression を受けて収縮期冠血流量は減少したものと考えられた。

一方拡張期冠血流量は平均冠血流量の増加により増加したものと考えられる。以上の変化は右星状神経節刺激では前下行枝 (領域) と回旋

枝 (領域) との間に大差は認めないが、左星状神経節刺激では回旋枝 (領域) で有意に大であった。

次に星状神経節刺激による血行動態の変化の成因を検討するために、phentolamine および propranolol を投与して星状神経節刺激を行なった。phentolamine 投与により血圧は低下し、心拍数、局所心筋の収縮性は軽度増加した。冠血流量はほとんど変化しなかったが、血圧が低下したため冠血管抵抗は低下した。

phentolamine 投与後の星状神経節刺激では対象群と比較して心拍数の増加、血圧の上昇がやや小であったが、このことは phentolamine 投与により刺激前に心拍数が軽度増加したこと、 $\alpha$  受容体を介する昇圧作用が抑制されたことによるものと考えられた。また局所心筋収縮性の増加、冠血流量の増加、冠血流の phasic pattern の変化も対象群とほぼ同じであった。

propranolol 投与により心拍数の減少、局所心筋収縮性の減少、冠血流量の減少、冠血管抵抗の上昇がみられた。Propranolol 投与後の星状神経節刺激では心拍数、血圧、心筋収縮性の変化はほとんど抑制され、冠血流量は不変または軽度増加し、一部の症例では刺激終了直後一過性に減少した。propranolol 投与後の刺激では  $\alpha$  受容体を介する冠血管の収縮作用により冠血流量は減少するとの報告は多い<sup>20)22)</sup>。著者の成績で冠血流量が軽度増加した症例は軽度の心拍数の増加と血圧の上昇を伴っており、propranolol の  $\beta$  受容体遮断効果が不完全であったためと考えられるが、このことは Feigl<sup>20)</sup> らも述べている。

以上のように星状神経節刺激による血行動態の変化は phentolamine では抑制されず、propranolol で抑制されるため、catecholamine の  $\beta$  作用によるものと考えられた。

脳出血、クモ膜下出血、脳梗塞など脳血管障害の時心電図に ST・T 波の変化、QT 時間の延長、U 波の増大などがみられることが古くから報告されており<sup>31)32)</sup>、その成因として交感神経系の緊張亢進が考えられている。

Rothberger と Winterberg<sup>6)</sup> は星状神経節を刺激すると心電図 ST・T 波の変化が起こることを実験的に初めて報告した。星状神経節刺激による体表面心電図 T 波の変化については、その後多くの報告が行なわれており<sup>8)9)33)</sup>、右星状神

神経節を刺激するとY軸T波は陰転，Tベクトルは上方に偏位し，左星状神経節を刺激するとY軸T波は増高，Tベクトルは下方に偏位するとされている。村山<sup>7)</sup>らは星状神経節刺激によりその支配領域で心筋活動電位持続時間は延長，短縮の2相性変化を示すと述べ，T波の変化は右，左星状神経節の心臓における支配領域の差異から生じる局所心筋の活動電位持続時間の差によるものであるとしている。

星状神経節刺激による心表面心電図のT波の変化に関する報告はきわめて少ない。加藤<sup>34)</sup>らはT波は右星状神経節刺激により左室前壁で陽転，左室後壁で陰転し，逆に左星状神経節刺激により左室後壁で陽転，左室前壁で陰転することより，星状神経節を刺激するとT波はその支配領域で増高し，非支配領域で陰転するとしている。

著者の成績ではT波は右星状神経節刺激により前下行枝領域と回旋枝領域とでほとんど同じ程度陽転し，左星状神経節刺激により回旋枝領域で陽転，前下行枝領域で陰転する傾向を認め，加藤<sup>34)</sup>らの報告とほぼ一致した。著者の実験では心表面電極を装着した前下行枝領域と回旋枝領域とが完全には対側性の部位ではないため，両領域におけるT波の変化は必ずしも対照性ではなかった。著者の成績と体表面心電図を用いた成績との比較は困難であるが，心表面心電図は心室表面の直接誘導を用いたものであり，星状神経節刺激と局所の心電図変化の関係をより直接的に記録することができたと考えられる。

心表面心電図のSTの変化についてはほとんど報告されていないが，左星状神経節刺激により前下行枝領域ではT波の陰性化を伴って上昇し，回旋枝領域ではT波の陽性化を伴って下降する症例が多かった。一方右星状神経節刺激によりSTは両領域でT波の陽性化を伴って下降する傾向を認めた。

星状神経節刺激による体表面心電図のQT時間の変化については多くの報告がみられる。

Yanowitz<sup>28)</sup>らは左星状神経節刺激または右星状神経節切除によりQT時間は延長し，右星状神経節刺激または左星状神経節切除ではQT時間は不変であるとしている。Abildskov<sup>35)</sup>はQT時間は左星状神経節の短時間の刺激により延長し，長時間の刺激により短縮すると述べ，そ

の成因として cancellation theory<sup>36)</sup> を考えている。また村山<sup>7)</sup>らも同様に星状神経節刺激によりQT時間は延長，短縮の2相性変化を示している。このように体表面心電図のQT時間の変化についての報告は種々であり，一定していない。

著者は心表面心電図のQT時間の変化について検討した。右星状神経節刺激では心拍数が著増するため刺激終了直後，前下行枝領域，回旋枝領域ともにQT時間は短縮したが，Bazett<sup>12)</sup>の式で補正したQT比は増加した。一方左星状神経節刺激では心拍数は軽度増加し，両領域ともにQT時間はほとんど変化しなかったが，QT比は増加した。右，左星状神経節刺激ともにQT時間は部位による差異を認めなかった。著者の知る限りでは星状神経節刺激による心表面心電図のQT時間の変化についての報告は他にはみられないが，QT比が増加した機序としては次のことが考えられる。すなわち

a) 星状神経節刺激時間が15秒間と比較的短いため心筋活動電位持続時間の短縮がまだ神経支配領域の局所の心筋に限局しており，Abildskov<sup>36)</sup>の cancellation theory によりQT比が増加した。

b) 村山<sup>7)</sup>らの報告にみられるように星状神経節刺激による心筋活動電位持続時間の延長に伴いQT比が増加した。

左星状神経節刺激では前下行枝領域と回旋枝領域とでT波の変化に明らかに差がみられたが，QT時間の変化には差はみられなかった。その理由としては，心表面心電図の電極が比較的大きく必ずしも局所の心筋活動電位の変化だけを捉えていない可能性や，電極を装着した両領域が必ずしも対側性の位置ではないことなどが考えられる。

星状神経節刺激によりQRS棘波には全例変化を認めなかった。従って catecholamine は心筋の脱分極過程には直接影響を与えないものと考えられた。

phentolamine 投与後の星状神経節刺激ではST，T波，QT時間の変化は対象群とほぼ同じであった。一方propranolol投与後の刺激ではこれらの変化は抑制された。従って星状神経節刺激による心電図の変化はcatecholamineの $\beta$ 作用によるものと考えられた。

星状神経節の心室における機能的な分布についての報告は多く<sup>8)9)37)38)</sup>, 右星状神経節は主に左室前壁, 右室前壁に分布し, 左星状神経節は主に左室後壁, 側壁, 下壁に分布するとされている。

著者の成績では, 右星状神経節刺激では血行動態および心電図の変化は前下行枝領域と回旋枝領域とでほとんど同程度であり, 左星状神経節刺激ではこれらの変化は回旋枝領域で大であった。従って前下行枝領域は主に右星状神経節の支配を受け, 回旋枝領域は右および左星状神経節の二重支配を受けていると考えられた。

しかし右星状神経節刺激では心仕事量, 心筋酸素消費量の増加が大であり, 血行動態および心電図の変化が心全体に広がり, これが局所的变化の差異を上回ったため両領域間の反応に差が生じなかったことも考えられる。

星状神経節刺激による心電図の変化は, 心拍数, 血圧, 冠血流量など血行動態の変化と必ずしも平行して生じないため, 両者は直接関係がないとする報告が多い<sup>7)33)39)</sup>。

著者の成績でも星状神経節刺激による心電図の変化は血行動態の変化より1~2秒早く始まり, 1~2分遅く刺激前値に戻ったこと, また血行動態の変化と心電図の変化のうち, 一方しか生じない例もかなりみられたことなどより, 両者は諸家の報告と同様に直接関係を持たないものと考えられる。

## 結 論

麻酔開胸犬の右, 左星状神経節を電気刺激し, 左冠状動脈前下行枝, 回旋枝の血流量および両血管灌流領域の左室収縮曲線, 左室心表面心電図の変化について検討した。

1. 右, 左星状神経節刺激により心拍数の増加, 大動脈血圧の上昇, 局所心筋収縮性の増加, 平均冠血流量の増加(一心拍当りの収縮期冠血流量減少, 拡張期冠血流量増加), 冠血管抵抗の低下がみられた。これらの変化は右星状神経節

刺激では前下行枝(領域)と回旋枝(領域)との間に大差は認めず, 左星状神経節刺激では回旋枝(領域)で有意に大であった。

2. 左室心表面心電図のT波は右星状神経節刺激では前下行枝領域, 回旋枝領域ともに陽転, 2相性(±or $\mp$ ), 陰性相減少の変化を示し, 左星状神経節刺激では前下行枝領域で陰転が増強し, 回旋枝領域で陽転する傾向が認められた。

QT時間は前下行枝領域, 回旋枝領域ともに右星状神経節刺激終了直後短縮したが, 左星状神経節刺激では不変であった。Bazett<sup>12)</sup>の式で補正したQT比は右, 左刺激ともに両領域で増加し, 部位による差異は認めなかった。

ST部分は右星状神経節刺激では両領域で下降し, 左星状神経節刺激では前下行枝領域で上昇, 回旋枝領域で下降する例を多く認めた。

3. 以上の結果から右, 左星状神経節の心臓における機能的分布は異なっており, 前下行枝領域は主に右星状神経節の支配を受け, 回旋枝領域は右, 左星状神経節の二重支配を受けていると考えられた。

4. 星状神経節刺激による血行動態と心電図の変化は phentolamine では抑制されず, propranolol で抑制されたので, これらの変化は catecholamine  $\beta$ 作用によるものと考えられた。

5. 星状神経節刺激による心電図の変化は血行動態の変化と必ずしも同時期にみられないことより, 血行動態の変化による二次的なものではなく, catecholamine の作用そのものによるものと考えられた。

(稿を終えるに臨み, 御校閲を頂いた長島秀夫教授に深甚なる謝意を表するとともに, 御懇篤なる御指導を頂いた原岡昭一助教授に深謝いたします。また実験に際し, 直接御指導, 御協力頂いた斉藤大治博士, 荻野泰洋学士, 吉田英紀学士に感謝いたします。

(本論文の要旨は第19回日本脈管学会総会, 第43回日本循環器学会総会で発表した。)



## 文 献

1. Hayashi, K.D., Moss, A.J. and Yu, P.N.: Urinary catecholamine excretion in myocardial infarction. *Circulation* 40, 473-481, 1969.
2. Videbaek, J., Christensen, N.J. and Sterndorff, B.: Serial determination of plasma catecholamines in myocardial infarction. *Circulation* 44, 846-855, 1972.
3. Anrep, G.V. and Segall, H.N.: The regulation of the coronary circulation. *Heart* 13, 239-260, 1926.
4. Gregg, D.E. and Shipley, R.E.: Changes in right and left coronary artery inflow with cardiac nerve stimulation. *Am. J. Physiol.* 141, 382-388, 1944.
5. Eckstein, R.W., Stroud, M., Eckel, R., Dowling, C.V. and Pritchard, W.H.: Effects of control of cardiac work upon coronary flow and O<sub>2</sub> consumption after sympathetic nerve stimulation. *Am. J. Physiol.* 163, 539-544, 1950.
6. Rothberger, J. und Winterberg, H.: Über die Beziehungen der Herznerven zur Form des Elektrokardiogramms. *Pflügers Arch.* 135, 506-558, 1910.
7. 村山正博, 春見建一, 真島三郎, 下村克朗, 村尾覚: 交感神経とT波. *心臓* 10: 755-765, 1978.
8. Yanowitz, F., Preston, J.B. and Abildskov, J.A.: Functional distribution of right and left stellate innervation to the ventricles. *Circ. Res.* 18, 416-428, 1966.
9. Kralios, F.A., Martin, L., Burgess, M.J. and Millar, K.: Local ventricular repolarization changes due to sympathetic nerve-branch stimulation. *Am. J. Physiol.* 228, 1621-1626, 1975.
10. 田原律哉: 急性虚血心における虚血部収縮曲線と循環諸量の関係——strain gauge arch による虚血部心筋の収縮異常の検討——*岡山医誌* 87, 817-833, 1975.
11. Katz, L.N. and Feinberg, H.: The relation of cardiac effort to myocardial oxygen consumption and coronary flow. *Circ. Res.* 6, 656-669, 1958.
12. Bazett, H.C.: Analysis of the time relation of electrocardiograms. *Heart Lond.* 7, 353-379, 1918-1920.
13. Randall, W.C., Priola, D.V. and Ulmer, R.H.: A functional study of distribution of cardiac sympathetic nerves. *Am. J. Physiol.* 205, 1227-1231, 1963.
14. Furnival, C.M., Linden, R.J. and Snow, H.M.: Chronotropic and inotropic effects on the dog heart of stimulating the efferent cardiac sympathetic nerves. *J. Physiol.* 230, 137-153, 1973.
15. Berne, R.M.: Effect of epinephrine and norepinephrine on coronary circulation. *Circ. Res.* 6, 644-655, 1958.
16. Grayson, J. and Mendel, D.: Myocardial blood flow in the rabbit. *Am. J. Physiol.* 200, 968-974, 1961.
17. Smith, D.J. and Coxe, J.W.: Comparative reactivity of isolated surviving coronary arteries to 1-epinephrine and 1-norepinephrine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 75, 245-246, 1950.
18. Mohme-Lundholm, E.: Mechanism of the relaxing effect of adrenaline on bovine coronary vessels. *Acta. Physiol. Scand.* 38, 255-264, 1957.
19. Gaal, P.G., Kattus, A.A., Kolin, A. and Ross, G.: Effects of adrenaline and noradrenaline on coronary blood flow before and after beta-adrenergic blockade. *Br. J. Pharmacol.* 26, 713-722, 1966.
20. Feigl, E.O.: Sympathetic control of coronary circulation. *Circ. Res.* 20, 262-271, 1967.
21. Pitt, B., Elliott, E.C. and Gregg, D.E.: Adrenergic receptor activity in the coronary arteries of the unanesthetized dog. *Circ. Res.* 21, 75-84, 1967.
22. Nayler, W.G. and Carson, V.: Effect of stellate ganglion stimulation on myocardial blood flow, oxygen consumption, and cardiac efficiency during beta-adrenoceptor blockade. *Cardiovasc. Res.* 7, 22-29, 1973.

23. Hamilton, F.N. and Feigl, E.O.: Coronary vascular sympathetic beta-receptor innervation. *Am. J. Physiol.* **230**, 1569-1575, 1976.
24. Randall, W.C., Wechsler, J.S., Pace, J.B. and Szentivanyi, M.: Alterations in myocardial contractility during stimulation of the cardiac nerves. *Am. J. Physiol.* **214**, 1205-1212, 1968.
25. Geis, W.P. and Kaye, M.P.: Distribution of sympathetic fibers in the left ventricular epicardial plexus of the dog. *Circ. Res.* **23**, 165-170, 1968.
26. Granata, L., Olsson, R.A., Huvos, A. and Gregg, D.E.: Coronary inflow and oxygen usage following cardiac sympathetic nerve stimulation in unanesthetized dogs. *Circ. Res.* **16**, 114-120, 1965.
27. Ross, G. and Mulder, D.G.: Effects of right and left cardiosympathetic nerve stimulation on blood flow in the major coronary arteries of the anesthetized dog. *Cardiovasc. Res.* **3**, 22-29, 1969.
28. Armour, J.A. and Randall, W.C.: Canine left ventricular intramyocardial pressures. *Am. J. Physiol.* **220**, 1833-1839, 1971.
29. Archie, J.P.: Intramyocardial pressure: Effect of preload on transmural distribution of systolic coronary blood flow. *Am. J. Cardiol.* **35**, 904-911, 1975.
30. Galosy, R.A., Mitchell, J.H., Atkins, J.M. and Reisch, J.: Sympathetic stimulation, hemodynamic factors, and indices of cardiac inotropic state. *Am. J. Physiol.* **234**, 562-566, 1978.
31. Byer, E., Ashman, R. and Toth, L.A.: Electrocardiograms with large upright T waves and long QT intervals. *Am. Heart J.* **33**, 796-806, 1947.
32. Burch, G.E., Meyers, R. and Abildskov, J.A.: A new electrocardiographic pattern observed in cerebrovascular accidents. *Circulation* **9**, 719-723, 1954.
33. Ueda, H., Yanai, Murao, S., Harumi, K., Mashima, S., Kuroiwa, A., Sugimoto, T. and Shimomura, K.: Electrocardiographic and vectorcardiographic changes produced by electrical stimulation of the cardiac nerves. *Jpn. Heart J.* **5**, 359-372, 1964.
34. 加藤和三, 飯沼宏之, 高橋宣光: 交感神経刺激による ST 下降. *心臓* **10**, 783-790, 1978.
35. Abildskov, J.A.: Adrenergic effects on the QT interval of the electrocardiogram. *Am. Heart J.* **92**, 210-216, 1976.
36. Abildskov, J.A. and Klein, R.M.: Cancellation of electrocardiographic effects during ventricular excitation. *Circ. Res.* **11**, 247-251, 1962.
37. Kimata, S.: Distribution of cardiac sympathetic nerves. *Jpn. Circ. J.* **29**, 17-20, 1965.
38. Randall, W.C., Armour, J.A., Geis, W.P. and Lippincott, D.B.: Regional cardiac distribution of the sympathetic nerves. *Fed. Proc.* **31**, 1199-1208, 1972.
39. 周防正行: 心電図, 冠循環に対する交感神経刺激および同作働物質の効果に関する実験的研究 (冠動脈導管法による). *日循誌* **24**, 419-441, 1960.

**Effect of stellate ganglion stimulation on coronary hemodynamics  
and cardiac surface electrocardiogram in open-chest anesthetized dogs**

**(An experimental study)**

**Nobuhiko YOSHIOKA**

The First Department of Internal Medicine, Okayama University Medical School,  
Okayama

(Director : Prof. H. Nagashima)

The effect of electrical stimulation of unilateral right and left stellate ganglia (SG) on coronary hemodynamics and the cardiac surface electrocardiogram (ECG) was studied in open-chest anesthetized dogs. The results were as follows:

1) Both right and left SG stimulation resulted in significant increase of mean coronary blood flow, stroke diastolic coronary blood flow, left ventricular segmental contraction, heart rate and aortic blood pressure, with decrease of stroke systolic coronary blood flow, and coronary vascular resistance. Except for heart rate and blood pressure, these changes caused by left SG stimulation were significantly greater in the left circumflex coronary artery (LCX) area than in the left anterior descending coronary artery (LAD) area. However, right SG stimulation disclosed no significant difference between the two coronary areas. Left SG stimulation increased the positivity of the T wave of the cardiac surface ECG of the LCX area and the negativity of the LAD area, while right SG stimulation increased the positivity of the T wave in both areas. The QT interval of the cardiac surface ECG was unchanged or slightly shortened, but the QT ratio by Bazett's formula was increased in both areas by SG stimulation. The data obtained suggest that the functional distribution of right SG and left SG innervation to the ventricles is different, that the LAD area is predominantly innervated by right SG, and the LCX area is innervated equally by right and left SG.

2) Intravenous (I.V.) administration of phentolamine (0.1mg/kg/min.) resulted in no significant change in hemodynamics or ECG patterns produced by SG stimulation, as compared with untreated animals. However, administration of propranolol (0.5mg/kg I.V.) inhibited the effect of SG stimulation on coronary hemodynamics and cardiac surface ECG. This suggests that the effect of electrical SG stimulation may be caused by catecholamine release at sympathetic nerve endings, hence, beta receptor stimulation at coronary artery areas.