

# 血流與血壓

## Blood Flow and Blood Pressure

郭麗香

本實驗目的在於瞭解血流動力學 ( hemodynamics ) 之實態，血流的速度與血管兩端之壓力差及血管阻力有著密切關係——即所謂 poiseuille 氏定律，在此我們將由實驗中體會此定律之重要意義。

### I、實驗器材：

材料：兔子、氣管插管、動靜脈插管、骨剪、解剖器皿、注射用具、10號絹絲、動脈夾等。

儀器：人工呼吸儀、多用途記錄儀 ( polygraph )、壓力轉換器 ( pressure transducer )、血流計 ( flow meter ) 及探針 ( probe )、刺激器 ( stimulator )。

藥品：林格氏液 ( ringer solution )、巴比妥類 ( pentobarbital )、腎上腺素 ( adrenaline )、prischoline、isoproterenol。

### II、實驗方法：

1. 將兔子以 3% pentobarbital ( 1cc./ 1kg 體重 ) 麻醉，作氣管插管，再連結人工呼吸儀 ( 25~30 ml/stroke )。

2. 分離右大腿靜脈，作插管，即時點滴林格氏液 ( 15 滴/分 )；並作心電圖 ( ECG )。

3. 左胸部剪毛後開胸腔 ( 此時人工呼吸儀在運轉 )，切開第 3~4 肋間，再切開第 4~5 肋間，然後以 10 號絹絲將第 4 肋骨二端 ( 約距 5 公分 ) 綁緊，以骨剪切斷該肋骨，使胸腔開口擴大。同時找出心臟之大動脈 ( aorta )，小心分離其附近組織，在大動脈基部掛上血流計之探針，記錄  $Q_1(t)$  血流圖形。(注意：分離動脈基部之手術須非常小心，此處極易出血)。

4. 分離右大腿動脈 ( 股動脈 ) ( femoral artery )，掛上血流計之探針，記錄  $Q_2(t)$  圖形。

5. 在左大腿靜脈作插管，為注射葯物之用。
6. 分離左頸動脈 ( carotid artery )，作動脈插管後，接壓力轉換器，連於多用途記錄儀，以測血壓之用。
7. 分離左大腿動脈，作動脈插管後，同前一步驟記錄血壓。
8. 分離左迷走神經，近中樞端結紮切斷，作刺激用。(近心臟處，可發生徐脈。)
9. 以上手術全部完成後，記錄心電圖 ( ECG )、血流 ( blood flow ; B.F. )、血壓 ( blood pressure ; B.P. )、平均流速 ( mean velocity ) 等，分下列幾種情況處理：
  - (1) 正常時 ( 控制組 )
  - (2) 注射腎上腺素 ( adrenaline )
  - (3) 注射 prischoline
  - (4) 注射 isoproterenol
  - (5) 刺激迷走神經
  - (6) 夾住右股動脈約 2 分鐘；觀察是否有反應性充血之現象？放開後，變化如何？是否恢復？

### III、實驗結果

#### 1. 數據

(下列各表的數據是按照記錄圖上各圖求平均值所得)

##### I、正常時 ( 控制組 )

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	200	0.985	0.214	0.973	190	—
頸動脈	—	—	—	—	—	100 ~ 127.5

\* (單位) (次/分) (升/分) (厘米/分) (毫升/次) (毫升/分) (毫米汞柱)

##### II、腎上腺素

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	156	0.822	0.205	1.041	172	—
頸動脈	—	—	—	—	—	140 ~ 115

III、prischoline

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	210	1.106	0.2765	1.18	247	—
頸動脈	—	—	—	—	—	85~100

IV、isoproterenol

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	51秒	250.5	1.04	—	0.719	180
頸動脈		—	—	—	—	—
大動脈	93~99秒	260	0.992	0.284	0.703	182.8
頸動脈		—	—	—	—	—

V、注射 isoproterenol 之後恢復情形

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	111秒	255	1.13	—	0.82	209.1
頸動脈		—	—	—	—	—
大動脈	141秒	255	1.113	—	0.765	195
頸動脈		—	—	—	—	—

VI、刺激迷走神經

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	控制組	165	1.074	—	1.055	187
頸動脈		—	—	—	—	—
大動脈	實驗組	115.5	1.04	—	1.28	147.8
頸動脈		—	—	—	—	—

VII、結束迷走神經刺激後之變化

	心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
大動脈	20秒	100	1.0112	0.158	—	—
頸動脈		—	—	—	—	—
大動脈	40秒	96	0.990	—	1.32	126.7
頸動脈		—	—	—	—	—

## VIII、反應性充血

		心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
股動脈	控制組	195	0.03	0.0074	—	—	—
頸動脈		—	—	—	—	—	105 ~ 125
股動脈	實驗組 (夾住)	180	0.0116	0.0043	—	—	—
頸動脈		—	—	—	—	—	105 ~ 125

## IX、急速放開股動脈之變化情形

		心跳數	最大血流量	平均流速	每次心縮量	心輸出量	血壓
股動脈	2秒	195	0.04	0.0058	—	—	—
	6秒	189	0.032	0.0096	—	—	—
	25秒	190	0.032	0.0087	—	—	—
頸動脈	2秒	—	—	—	—	—	107 ~ 125
	6秒	—	—	—	—	—	107 ~ 127
	25秒	—	—	—	—	—	110 ~ 130

## 2. 記錄圖

圖上所記錄的項目表示法及縮寫如下：

大動脈血流量 ( aorta blood flow ; aorta B.F. ) ( 升/分 =  $\ell/\text{min}$  )

最大血流量 ( maximum blood flow ; B.F. max ) (  $\ell/\text{min}$  )

心跳率 ( heart rate ; H.R. ) ( 次/分 )

心縮排血量 ( stroke volume ) ( 毫升/次 =  $\text{ml}/\text{次}$  )

心輸出量 ( cardiac output ; C.O. ) (  $\text{ml}/\text{min}$  = 毫升/分 )

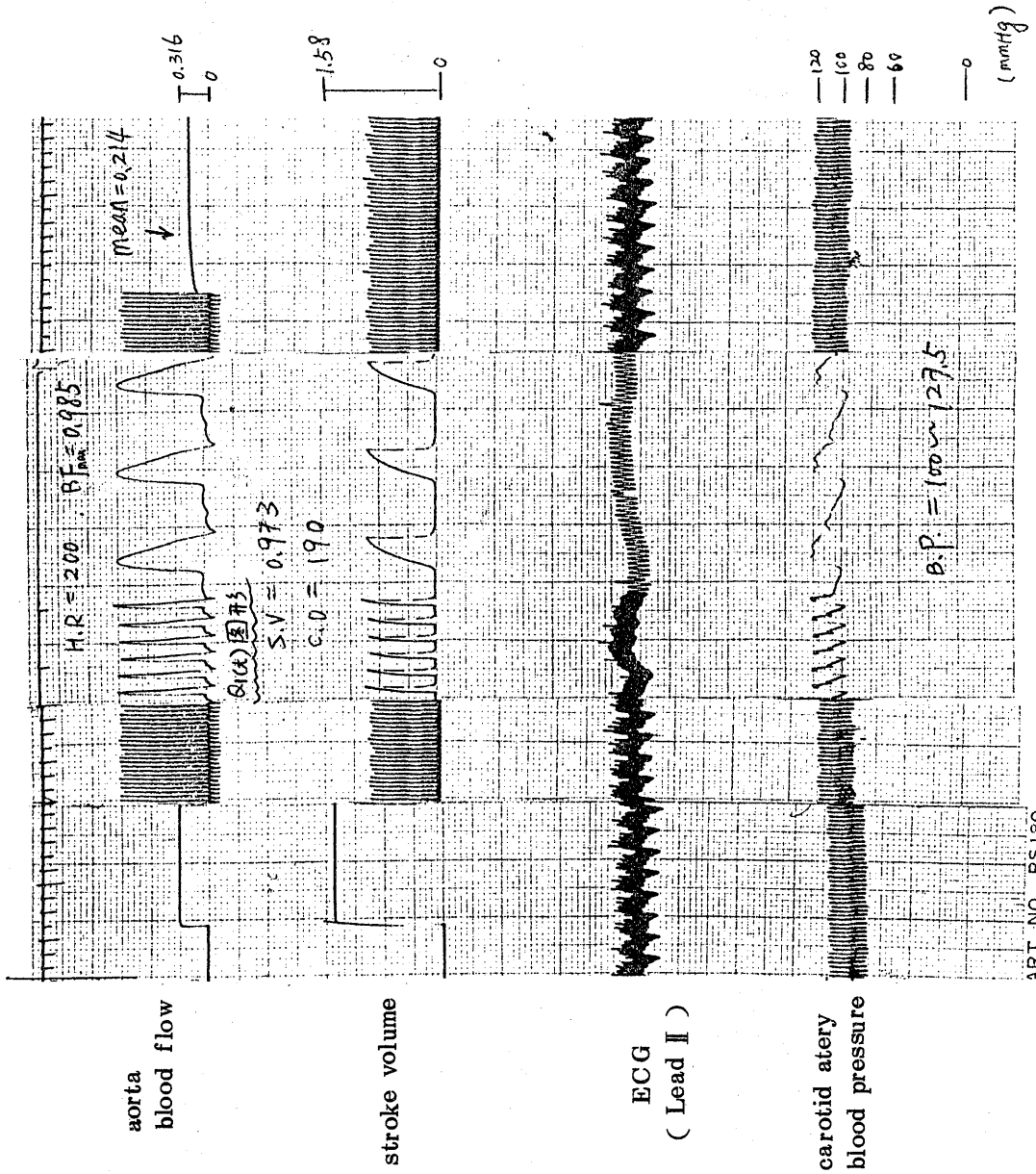
心電圖 ( E.C.G ) ( 第二導 = Lead II )

頸動脈血壓 ( carotid artery blood pressure ; C.A. B.P. ) ( mm Hg 毫米汞柱 )

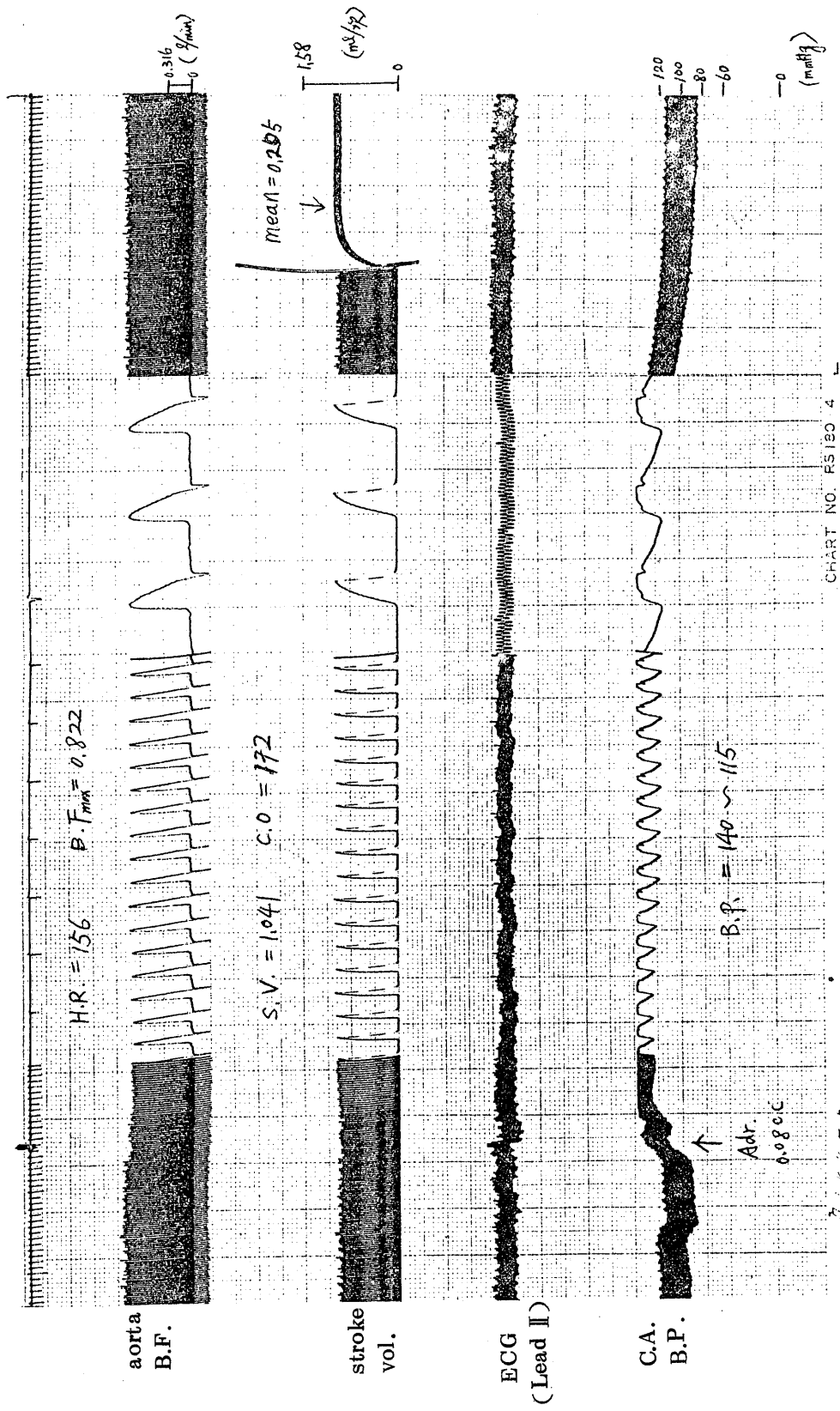
平均流速 ( mean velocity ) ( 厘米/分 =  $\text{cm}/\text{min}$  )

股動脈血流量 ( femoral artery blood flow ; femoral artery B.F. ) ( 升/分 =  $\ell/\text{min}$  )

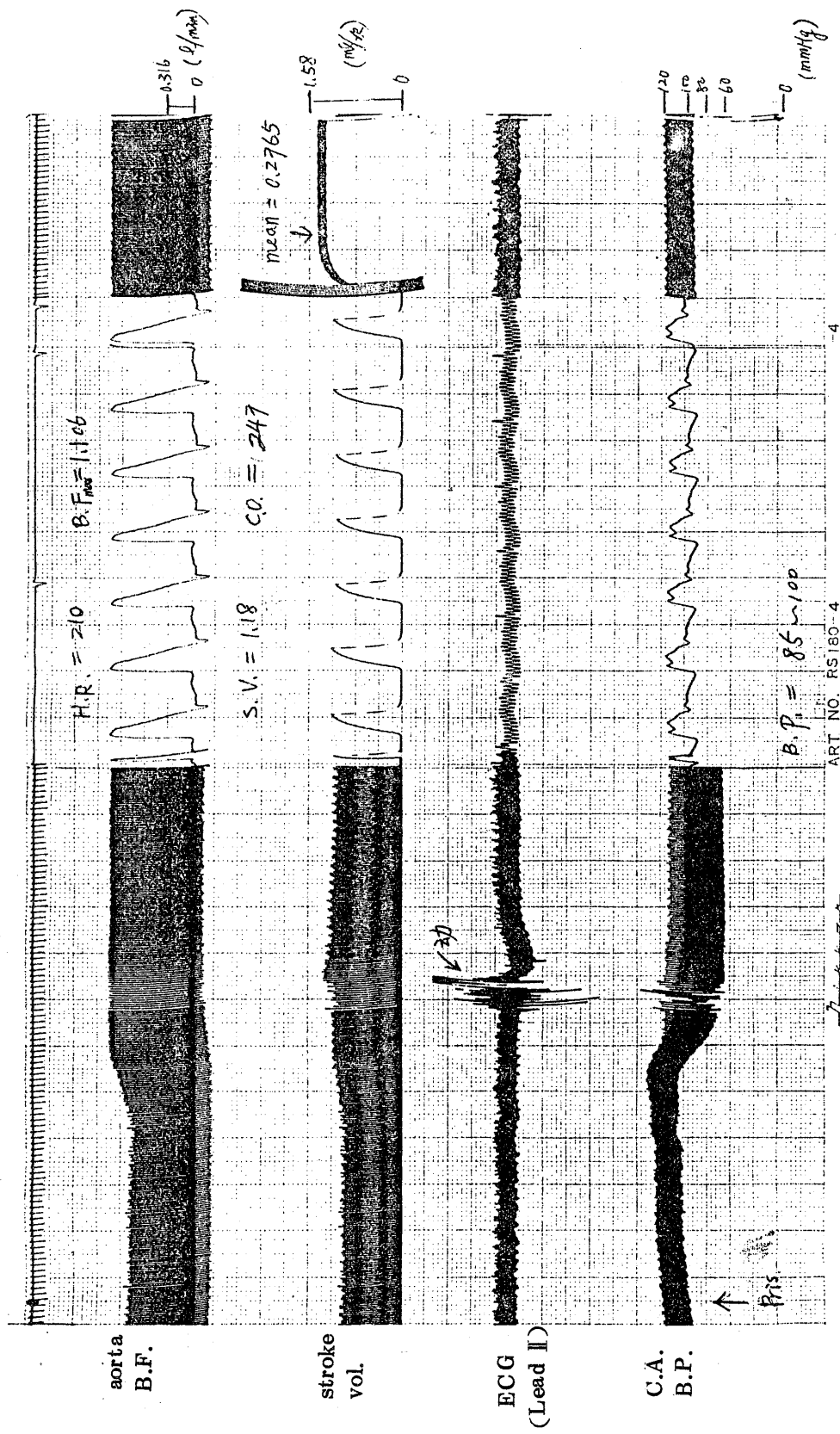
[ 附圖 ] I. Control



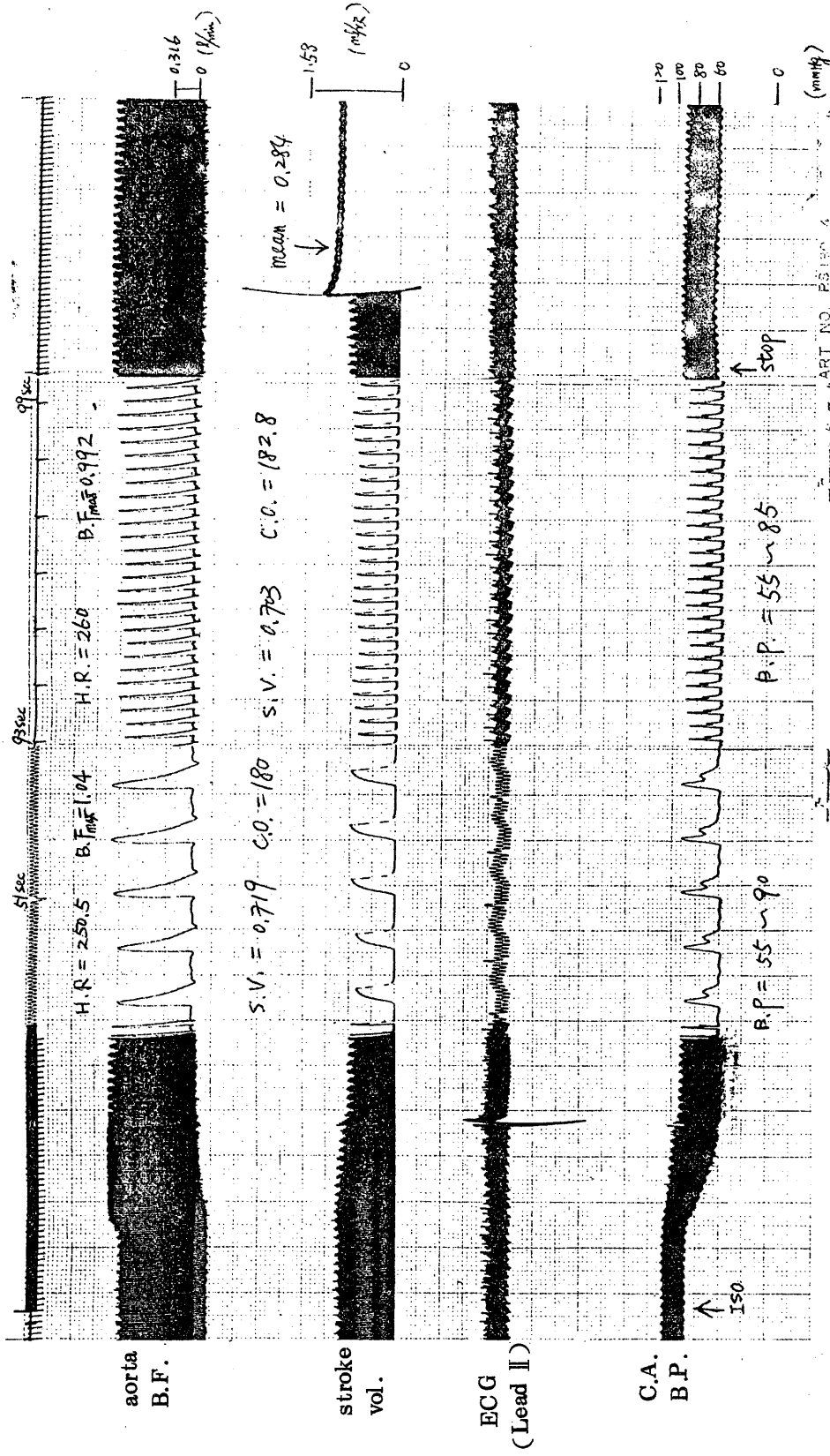
II. 注射 Adrenaline ( 0.08cc )



III. 注射 Prischoline

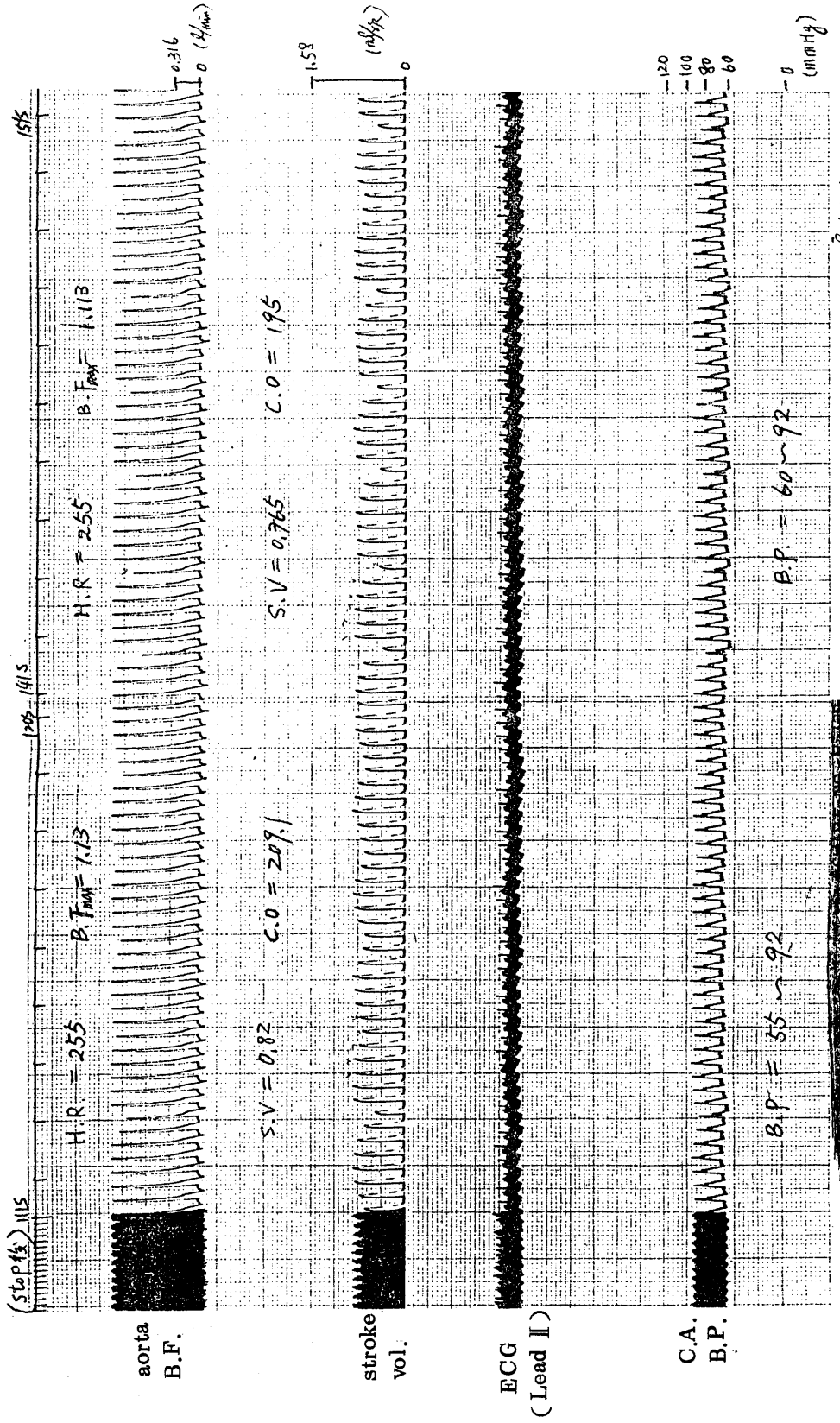


IV. 注射 Isoproterenol

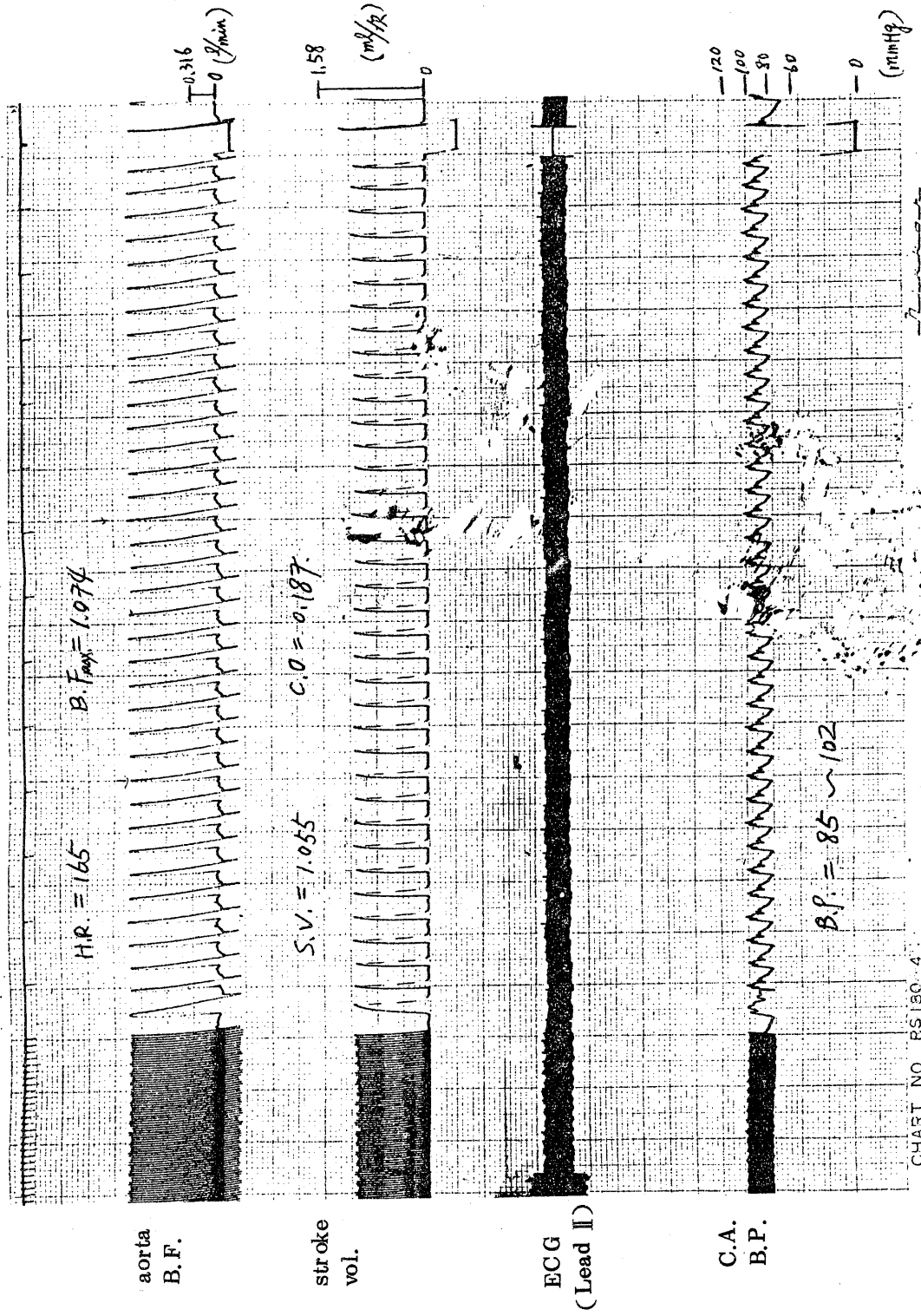




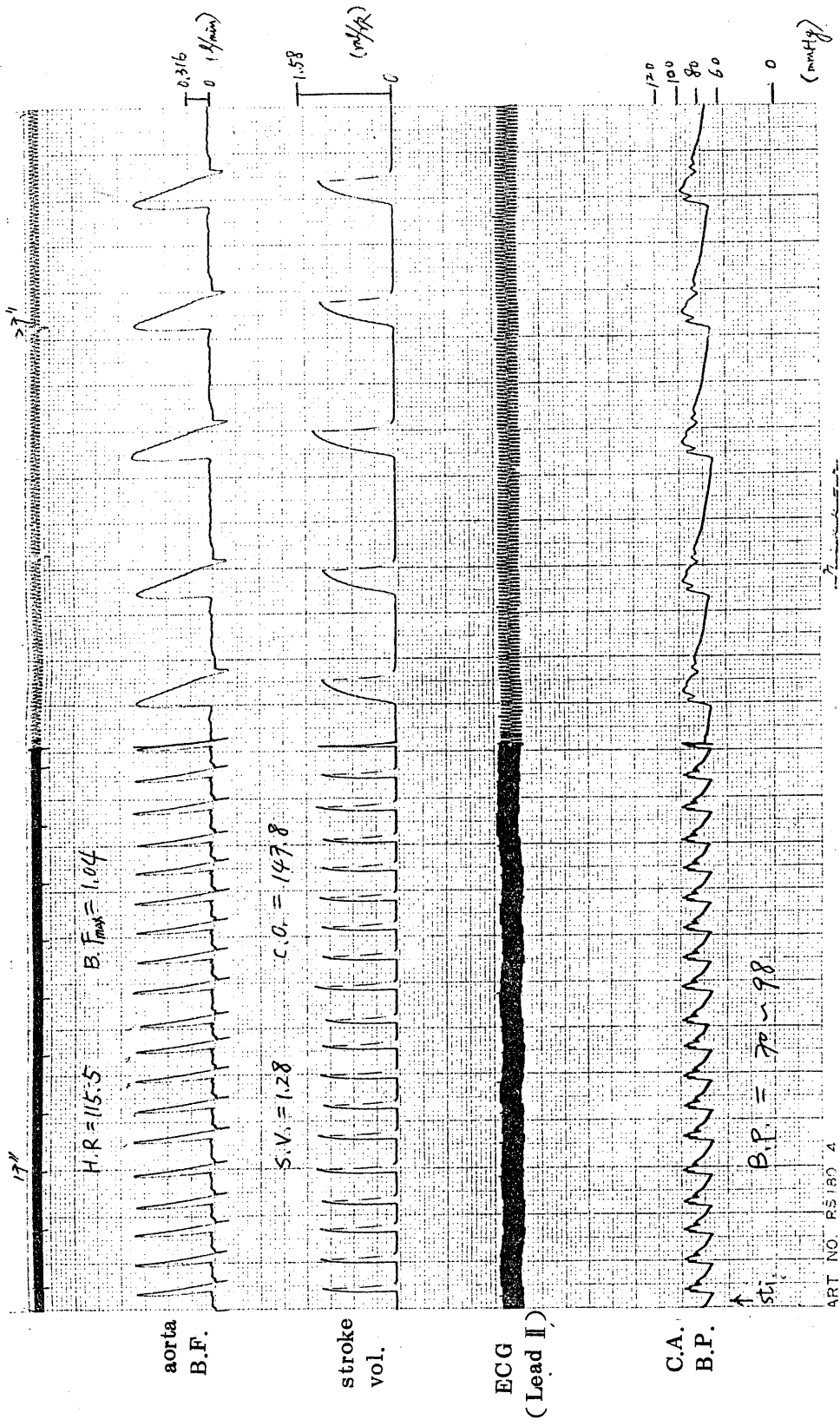
V. Isoproterenol 注射完畢的恢復情形



VI. 刺激 Vagus 前之 Control



Ⅶ. 刺激迷走神經



aorta  
B.F.

stroke  
vol.

ECG  
(Lead II)

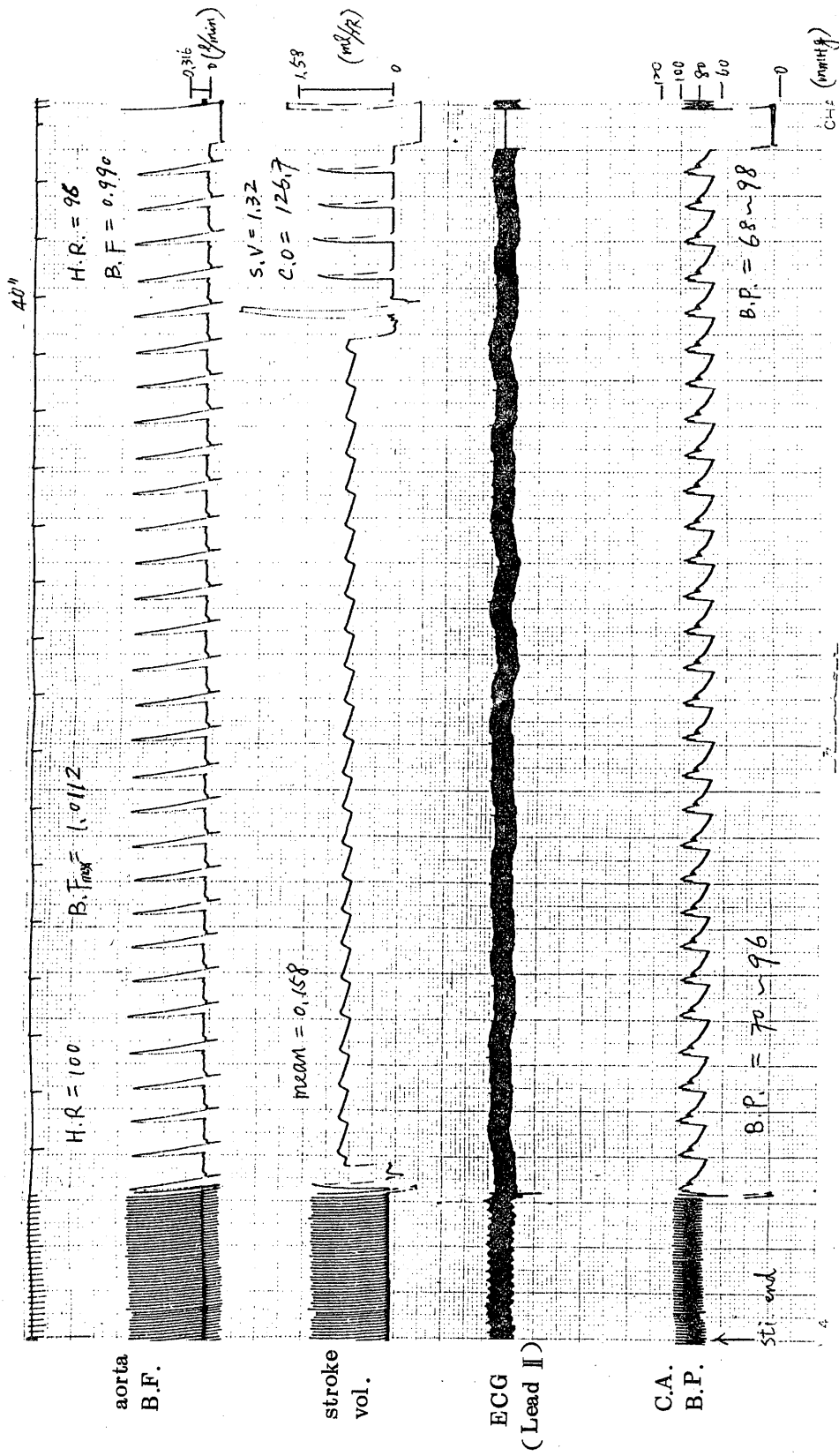
C.A.  
B.P.

0.316  
0 (1/min)

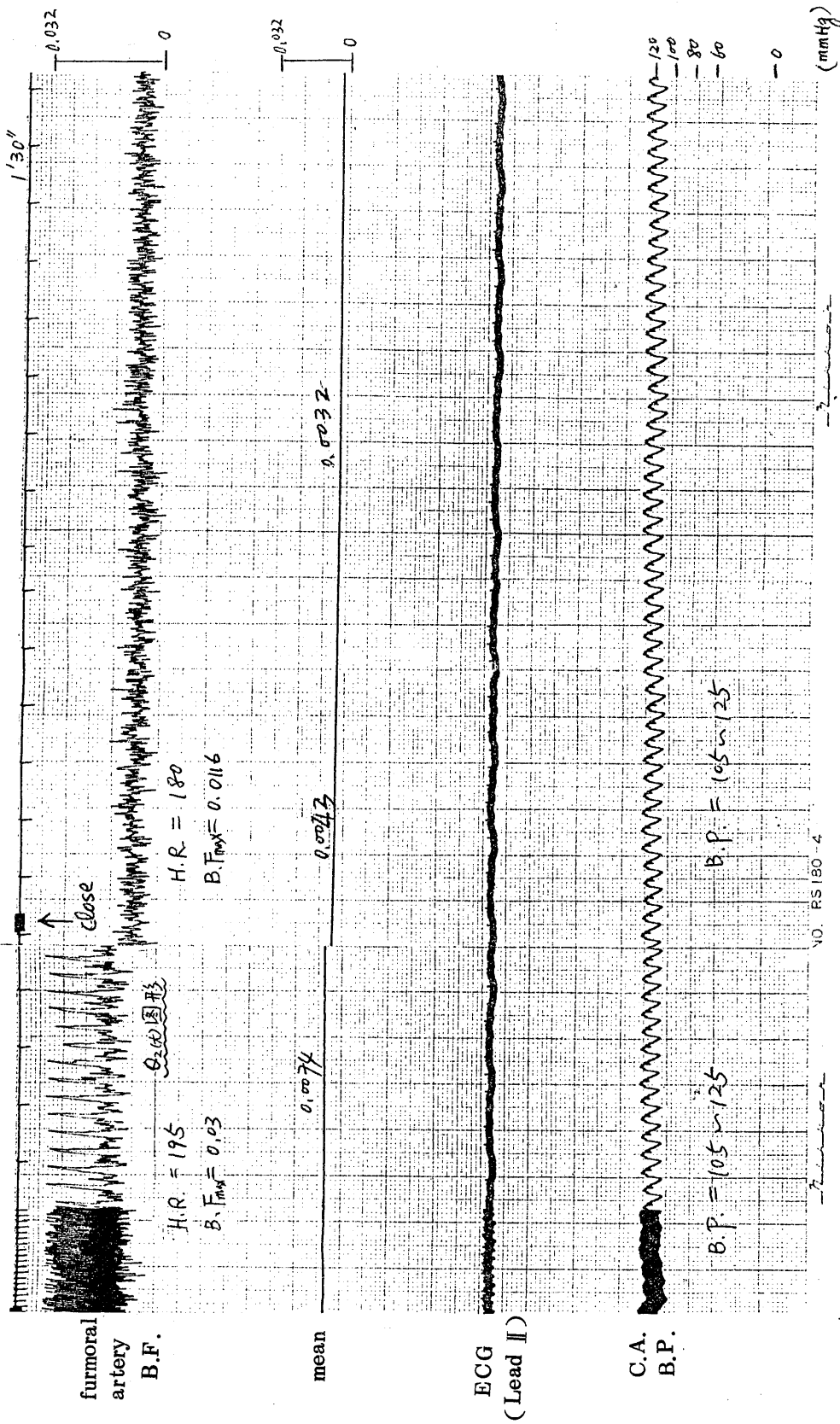
1.58  
(ml/kr)

120  
100  
80  
60  
0  
(mmHg)

VII. 刺激結束



IX. 反應性充血 ( reactive hyperemia )

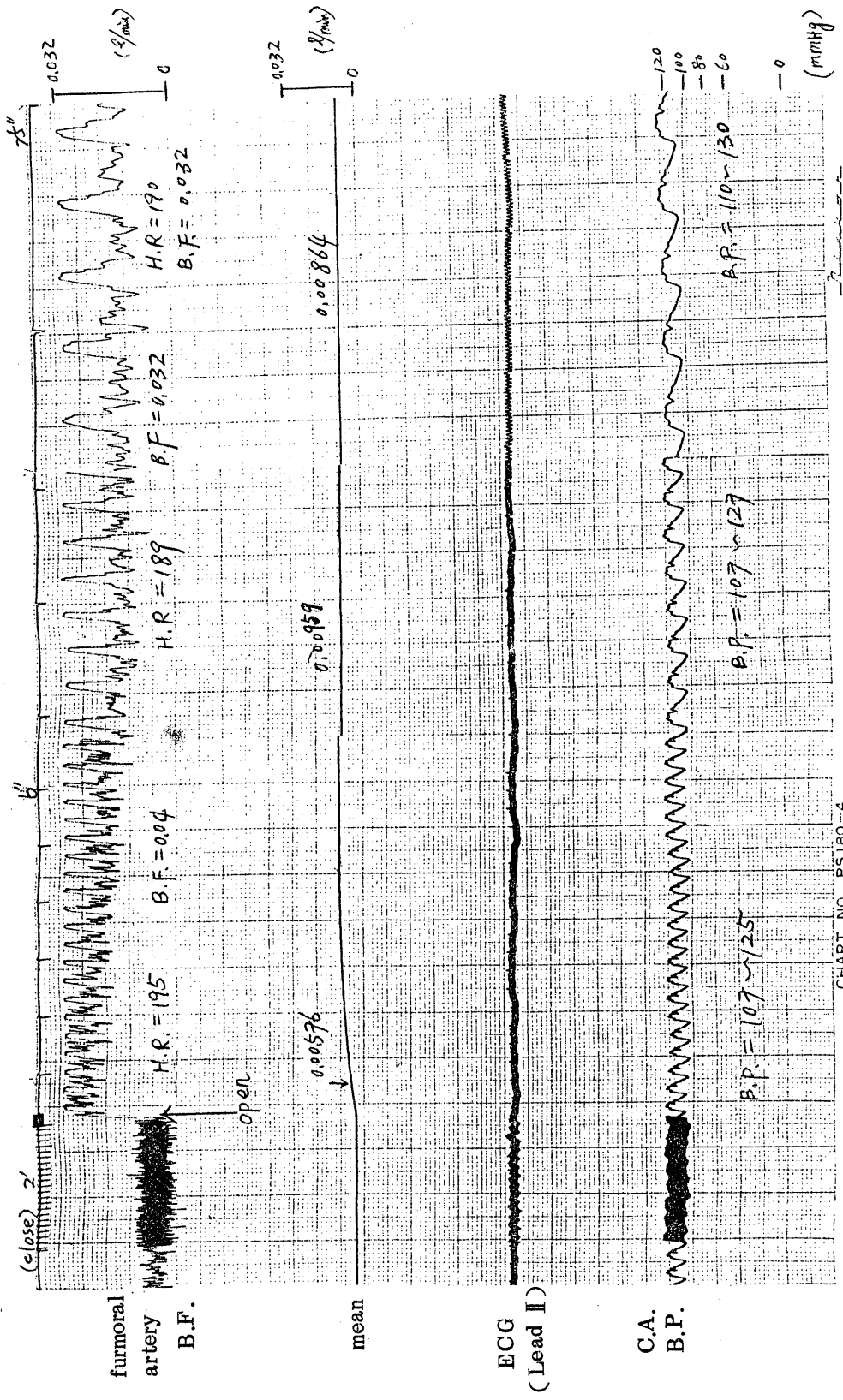


furnoral artery B.F.

mean

C.A. B.P.

X. 急速放開股動脈 (被 closed) 之變化情形



## IV、討 論

血液乃是由血球細胞和血漿構成的黏稠液體，這種黏稠性質無形中形成血管的阻力，因此影響血管中血液的流動。一般與此黏稠性有關的因素，不外乎有血球的容積、血漿的成份（如：血漿蛋白）、血管口徑大小等。當血流（ $Q$ ）通過一段血管，必需由二個重要因素來決定：(a)血管兩端之壓力差（ $\Delta P$ ），(b)血流障礙即血管阻力（ $R$ ），其關係似歐姆定律，以一公式表示即  $Q = \frac{\Delta P}{R}$ ，這說明此式在“血液動力學”方面具有無比的重要性。

根據 *poiseuille* 氏定律認為血管直徑和傳導血液能力（即血流）之間有極密切關係。當血管直徑的微小變化，可明顯地改變傳導血液的能力，例如：三條不同直徑 1：2：4 之血管，其血流量却為 1：16：256 毫升/分鐘，由此可見血管之粗細對血流的影響。而血管中的血流基於層面流動（*laminar flow*）的理由，造成血管中央的流速極快，而邊緣處却很慢甚至不動，如此將這些血流速度積分可得到一個如此之公式： $\bar{V} = \frac{\Delta p r^2}{8\eta l}$ ， $\bar{V}$  指平均流速（*mean velocity*）， $\Delta p$  指壓力差， $r$  指血管半徑， $l$  指血管長度， $\eta$  指血液黏滯度。又在一定時間內流過某血管之血液量（ $Q$ ）等於平均流速（ $\bar{V}$ ）與截面積（ $A$ ）之積，即  $Q = \bar{V} \cdot A$ ， $A = \pi r^2$ ，於是  $Q = \frac{\Delta p \pi r^4}{8\eta l}$ ，如此更可看出血管口徑在血流量中扮演了非常重要的角色。由另一方面  $\bar{V} = \frac{Q}{A}$ ， $Q$  相當於每分鐘心輸出量（*cardiac output*），以  $\dot{V}$  表示，則  $\bar{V} = \frac{\dot{V}}{A}$ 。此式說明了平均流速與截面積呈反比關係，當截面積最小時，流速即最大；反之亦然。由圖 1 可證明之，在大動脈和腔靜脈之截面積最小，流速却最大；而微血管截面積最大，流速却最小。此外，壓力對血流的影響，由圖 2 可知大概有如此趨勢即在一定壓力差之下，交感神經抑制時血流量增加；反之，交感神經興奮則血流量大為減少。

對於心輸出量（*cardiac output*）係指左心室或右心室每分鐘噴出的血量，相當於心跳數與每次心縮排血量（*stroke volume*）之乘積。通常心跳速率可受神經性（交感與副交感）和非神經性（化學物質等）之影響。而心縮排血量是指心舒張末期與心收縮末期心室中所含血量之差，這種心縮排血量可受到內在與外在二方面因素的管制，外在因素不外乎指神經與內分泌的影響，交感與副交感神經是主要因素，不僅改變心跳速率，亦改變心臟收縮的強度。當交感神經刺激越大，心輸出量越大；反之，副交感神經刺激越大，心輸出量越小，如圖 3 可說明之。內在的管制主要是依據 *Frank-starling* 氏定律，即流入心臟之血流（靜脈回流）增加，心肌受到更大的拉長力量，於是心肌收縮力量增加，血液之流出量亦隨之增大。因此心臟能輸出少

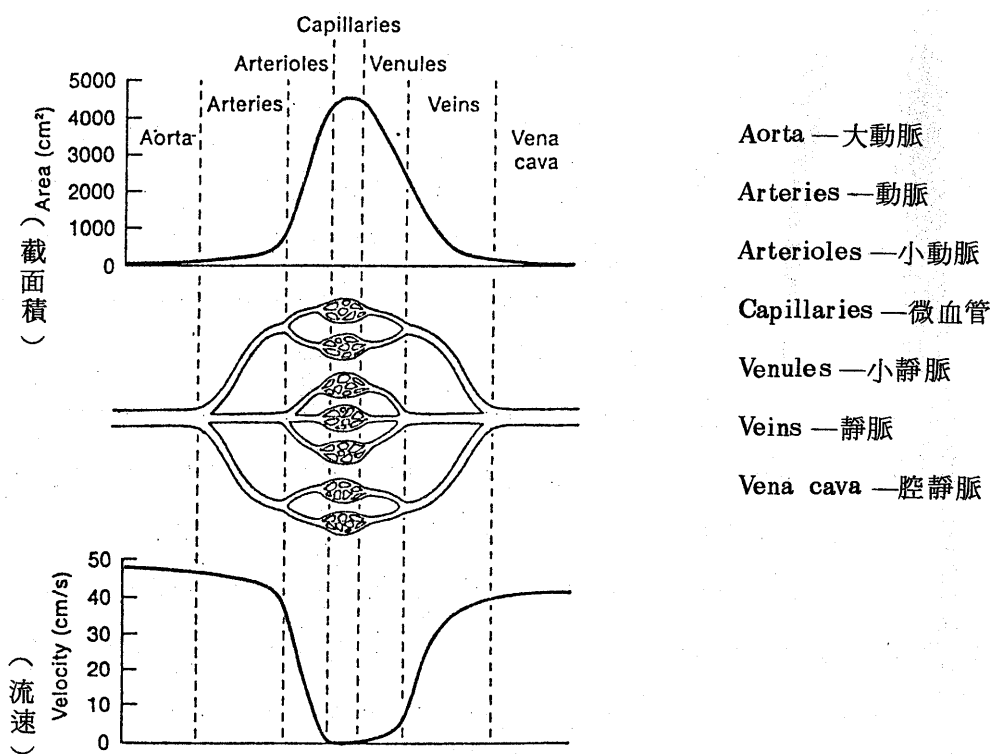


圖 1 平均流速與不同血管截面積之關係

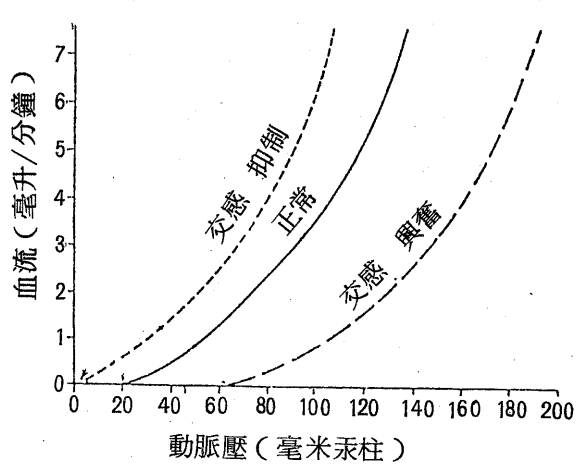


圖 2 在緊張度不同之血管中，動脈壓對於血流的影響

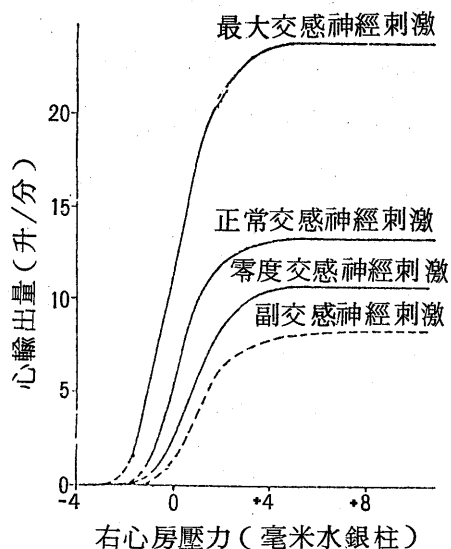


圖 3 各種程度的交感神經、副交感神經刺激對於心輸出量曲線的影響。



量的血，亦可輸出多量的血，都與此定律之自動調節有密切關係。此外，內分泌素之腎上腺素或乙醯胆胺等物質，對於心跳速率及心輸出量都有不同之影響。

圖 4 係說明在大動脈基部所記錄之動脈壓和血流的波形，圖中顯示血液流出左心室進入大動脈的速率初期以加速度方式進行，因此很快達到頂點，表示此時心肌之收縮是快速增加，經過一段時間慢慢變小，血流速度降至零，到末期血液有返流的趨勢，此情況與實驗結果之記錄圖 I 之  $Q_1(t)$  圖形完全吻合。

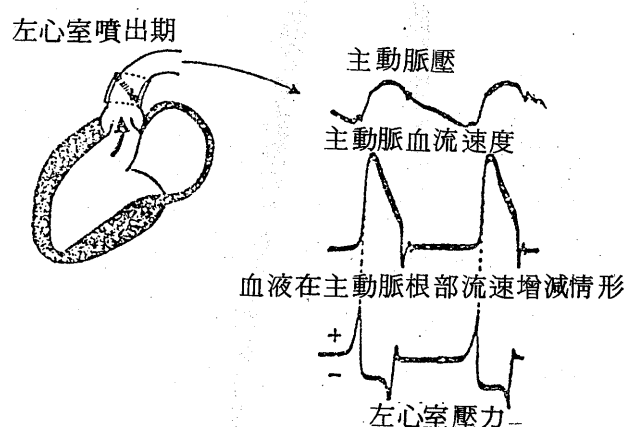


圖 4 在主動脈根部所記錄到之主動脈壓及血流速度

本實驗中所處理的腎上腺素 (adrenaline)，這是一種交感神經末梢之分泌物質，使血管收縮，血壓上升，而血管口徑變小，於是血流量變小，由前述之公式與圖 2 可證明之，與數據 II 吻合。prischoline 與 isoproterenol 皆是血管擴張素，可使血管口徑變大，血壓降下，而且血流量增加，實驗結果數據 III、IV 皆吻合前述之理論。至於其心跳增快，心輸出量增加可能原因係血壓下降，由壓力接受器傳向腦幹纖維之活性降低，故反射地提高交感神經之活性，降低副交感神經之活性所致的，不過其間關係複雜有待進一步探討。

迷走神經 (vagus nerve) 係副交感神經系之分支，受刺激時，會引起心跳變慢，心收縮力降低，心輸出量減少，血壓亦下降，實驗結果之數據 VI 正符合理論。

反應性充血 (reactive hyperemia congestion) 是指組織中血流暫時受阻斷，引起血流量增多的現象。例如：以止血帶綁住某手臂三~五分鐘左右後，再放鬆，可見綁處下端皮膚發紅，溫度升高，血流量增加，一般而言，在 10 秒內會增加原來流量之四倍，這乃是用來彌補血流中斷時，組織缺氧的情形。由實驗數據 VII、IX，可見血流量有增加，只是未達四倍之多，不過大致上與學理尚吻合。

本實驗記錄項目相當多種，而彼此之間的影响更是錯綜複雜，我們僅就一些比較明顯，有意義的結果，作基本簡單的分析。至於深入的問題，必需再配合各種條件進一步研究。然而在實驗過程中能學習到多種組織之分離技術，以及重要儀器（如：血流計）之使用，亦不失為收穫之一。

### 參考資料：

1. Byron A.S. , and D.D. Schottelius, 1974, Textbook of Physiology, 17th ed. P.249~253.
2. Roger E. , and D. Randall, 1983, Animal Physiology, 2nd ed. P.565 ~ 568.
3. William F.G. , 1975, Review of medical Physiology, 7th ed. P.423 ~ 428.
4. 周先樂, 1973, 生理學。國立編譯館, P.261 ~ 266 , 285 ~ 289 。
5. 劉華茂等, 1975, 蓋氏生理學。杏文出版社, P.264 ~ 268 , 352 ~ 366 。
6. 姜壽德, 1974, 實驗生理學(第七版)。台灣中華書局。