

可動陽極真空管を用いた指圧計と 圧力—流速線圖の測定について

白 井 源 慧

1. 緒 言

生体の血管に作用する血圧などの微小圧力の測定を行う意味をもって、可動陽極真空管を用いた指圧計を試作し、又それと前巻に発表した電磁流測計¹⁾とを組合せて、圧力—流速線圖の測定に成功したので、ここにその二つについて発表する。

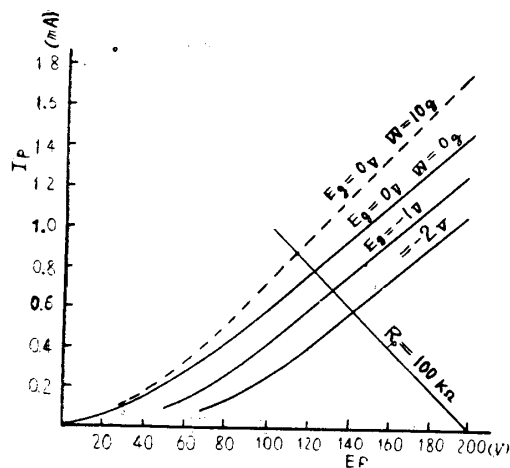
微小圧力の測定に用いられる指圧計の中でその出力を電圧あるいは電流にして取出せるものは、(1)電気容量式、(2)ロッシェル塩、セラミックなどの圧電気式、(3)抵抗線歪式、(4)電磁式などがある。(1)は近時色々と改良されて、0.2PF 前後の変化量が電圧にして200V、電流にして20mAの出力変化として得られるが、ピックアップに高周波を用いているのでそのままでは圧—流速線圖の測定の場合に、電磁流速計に影響して余り好ましくない。(2)は静圧による稿正が出来ない欠点がある。(3)はピックアップ自体の出力が小さいので、相当の直流増巾が必要となって複雑となる。(4)は磁石を用いる関係で形状や重量が大きくなる。

この様にそれぞれ多少の欠点を持つているが、ロッシェル塩ピックアップは血圧の測定によく用いられている。丁度その頃、可動陽極真空管 RCA5734 を加速度計に使用して好結果を得た発表が穂坂氏²⁾によってされたので、早速入手して可動陽極真空管による指圧計を試作した。

2. RCA5734 について

この真空管のハンドブックの特性表や、穂坂氏の実測値の要項を述べると、サブミニチュア三極管、plate pin の変角最大 $\pm 0.5^\circ$ 、感度 $40/1^\circ$ 、コンプライアンス $0.075/\text{gr}\cdot\text{cm}.$ 、負荷抵抗 (R_p) を $100k\Omega$ とした場合 pin に加えたモーメント $40\text{gr}\cdot\text{mm}$ に対して出力電圧は 7.5V ($E_h=6.3\text{V}$, $E_p=250\text{V}$) となっている。

筆者の場合は、直流増巾をするために、陽極電圧 (E_p) を規格通りに取れないので、低圧に対する特性を求めた。第4図にその E_p — I_p 曲線を示す。これによると $G_m=200 \mu\text{V}$ となるので、真空管の三極部を利用して信号を搬送波によって出すことも可能ながわかる。図中の点線で示した曲線は、pin の 3mm の位置に荷重をかけた時の E_p — I_p 曲線で、pin の変角が約 0.2° に相当する。又この曲線と特性表から変角を変位に換算してみると、pin の先端 (3mm) に於て 1μ の変位を与えた場合、荷重約 0.9gr 、で出力は約 0.5V となる。この値は現在使われている測微計の内、一番変位を増巾し得る電気容量式



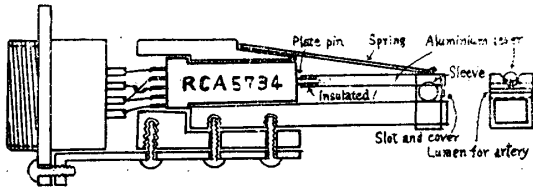
第1図 RCA5734の E_p — I_p

の感度に近い。

参考のために以前発表された³⁾ 可動陽極真空管なるものの特性を引用すると、1 mil の変位に対して 0.5V (150 μ A), $R_p=10k\Omega$, $E_p=60V$, 拡大率10,000倍, 1 日中の零点の移動が 3 μ A以下, 振動計として用いる場合の周波数特性は65~200 \sim 程度とある。

3. 受 壓 部

血管内の血流の圧力は、普通の場合水銀マンノメーターで 70~140mm 位であることと、血管に取付けるのに pin のみでは、少し短いので pin を 45mm 延長することから、この真空管の plate diaphragm のみではその圧力に耐えられなく継足したアルミのパイプのレバーに板バネを助けにした。その構造を第 2 図に示す。真空管の外側の金属ケースは pin と共に陽極に接続



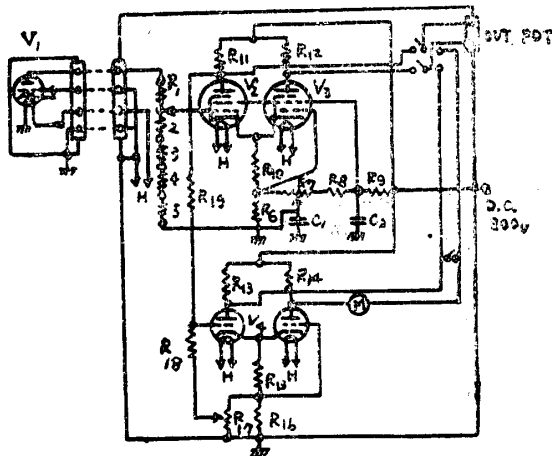
第 2 図 血管内血圧測定用マンノメーター

に直線性が得られた。

されているので、球の保持や pin の継足部の絶縁が必要となる。最初 pin に静荷重をかけて I_p の変化を測定したが、荷重をかける位置を変えることにより I_p が不規則に変化するので、板バネとレバーの摩擦部分の引掛りと絶縁部の接着剤のゆるみと考え、摩擦部には薄丸ガラスを用い完全な接着を行って、特性

4. 試作装置の特性

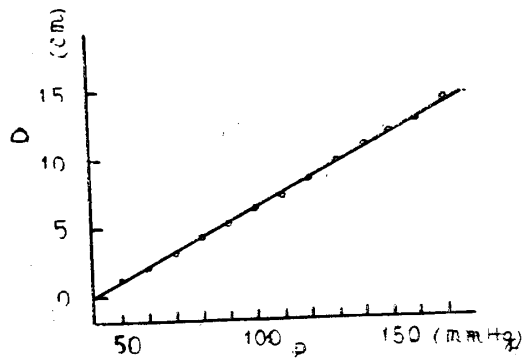
(2) に於て述べた如く 5734 のみの出力がかなり大きいので、その増巾器としては第 3 図に示す様に電圧電流共に 1 段の直流増巾で充分な出力を得られた。増巾器の電源は電磁流速計のものを共用している。



- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| V_1 —RCA 5734 | $R_{11,12}$ —100k Ω |
| V_2 —6 AK 5 | $R_{13,14}$ —100 Ω |
| V_3 —6 AK 5 | R_{15} —500 Ω |
| V_4 —6 J 6 | R_{16} —5k Ω |
| $R_{1,2,3,4,5}$ —20k Ω | $R_{17,18}$ —50k Ω |
| $R_{6,7}$ —3k Ω | R_{19} —500k Ω |
| $R_{8,10}$ —1k Ω | $C_{1,2}$ —40 μ F |
| R_9 —9k Ω | M—10mA |

第 3 図 Transducer マノメーター用増幅回路

特性試験としては、一端が閉じ他端に注射器を結んだ血管を用い、注射器内の血液を圧して静圧を当えた場合の特性を水銀マンノメーターにより求めた。その結果を第 4 図に示す。この場合 pin の上下動に左右動が加わると、特性に直線性が失われるので、板バネのレバー接触部に凹みを作って左右動を防いでいる。血管に当る測定端をはじいた時の自己振動数は 130 \sim であった。pin のみの場合で

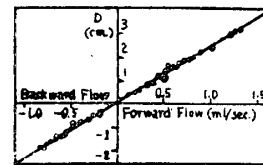


第 4 図 電子管マンノメーター補正曲線

は約4000 \sim であったが、これは板バネあるいはアルミレバーなどの可動部分の重量増加によるもので、その点を改良すれば可成りの周波数特性が得られる筈である。しかし血圧の場合は、それをロッシェル塩ピックアップで求めた場合の波形からして、この特性で間にあることがわかった。

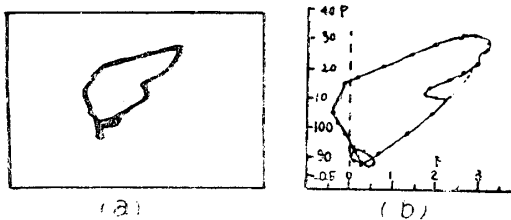
5. 圧力—流速線圖の測定⁴⁾

圧力も流速も同一測点で測ることが望しいが、(特に血流の場合は、血管の小区間に於て、血液は逆流をも行いながら流れている。と言う説が出されているので、圧力と流速を測る位置は出来る限り近付けなければいけない)流速計の電極の都合で15mm離れた位置で測定した。なほ前巻に於て電磁流速計(直流法)の流速対出力特性を示してなかったので第5図に示す。

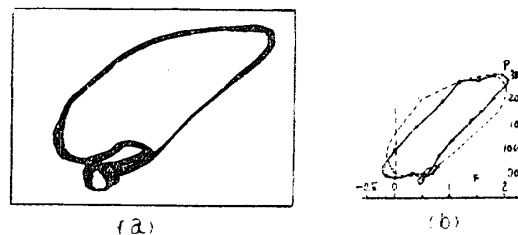


第5図 DC型電磁流量計補正曲線

第6図に示す図形は犬の股動脈血管内の圧—流線圖で、(a)はブラウン管上の像を写真撮影して得られたものである。(b)はその犬について(a)と同じ状態で約1時間半後、電磁オシログラフに流速と圧力を共に記録して、その記録より作図したものである。



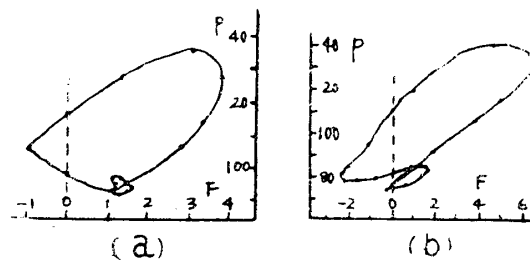
第6図 犬(11kg)股動脈P-F図
(a) 写真記録 (b) 記入



第7図 犬(13kg)の股動脈P-F図
(a) 写真記録 (P; 155/90mmHg, F; 3.5/-0.6ml/sec)
(b) 記入 (P; membraneマノメーター, F; A C型電磁流量計)

第7図は第5図の場合より大きい犬の場合で、(a)は写真撮影によるもの、(b)はこの(a)と同じ犬で、圧力を membrane manometer で流速を a.c. type の電磁流速計(これは前巻で述べた如く time lag がある)で記録し、作図により求めたものである。(b)図の点線図形は、圧流共に time lag の補正を行って求めたものである。

第8図(a)は membrane manometer と orifice meter とによって Shipley 等⁵⁾が求めた記録を作図したもので、(b)は condenser manometer と high speed cinematography によって McDonald⁶⁾が求めた記録を作図したものである。

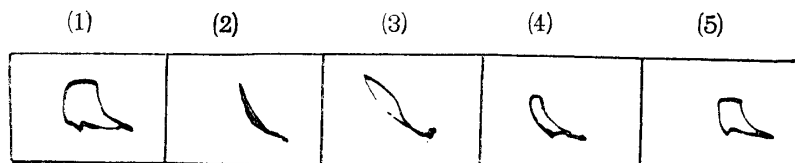


第8図 犬の股動脈P-F図
(a) Shipley et. al. の結果を記入
(b) McDonald の値を記入

第9図 Histamine (150 μ g)

動脈注射の効果

- (1) 注射前
- (2) 注射15秒後
- (3) " 1分後
- (4) " 4分後
- (5) " 6分後



第9図は犬にHistamineの注射をした場合の股動脈の圧一流線図の変化を写真撮影したものである。

6. 結 言

可動陽極真空管なるものは、電気式マイクロメーターとして、考作されたものであるが、RCA5734はその性能が良く、測微計のみならず動的な変位の測定にも最適であり、近時盛んになったオートメーション工業などに機械的各種のピックアップとして使用されると思われる。筆者が生体の血管を対称として新しく圧力一流速図形をブラウン管上に求め得たことも、この5734の入手により、血圧の測定が安定に簡単に出来たためである。

試作した電磁流速計とこの指圧計とを組合せた新しい圧一流測定装置により、微小管内の流体の流れの研究（脈流など）に役立つと思われる。

最後に当研究は科学研究費により行ったことを附記する。

参 考 文 献

- 1) 臼井源慧：山口大学工学部学報 6, 1, (昭30)
- 2) 穂武 衛：日本機械学会誌 57, 481, (昭29)
- 3) 内藤 正：オーム, (昭17. 4)
- 4) この項の記録は山口医大空閑氏と共に得たものである。
- 5) Shipley, R. E., Gregg, D. E. and Schroeder, E. F. : Amer. J. Physiol. 188 : 718~730, 1943.
- 6) McDonald, E. A. : J. Physiol. 127 : 533~552, 1955.