

## 35 アラーム機能を備えた圧力計の試作による

各種血液浄化療法に対する持続的血液透析濾過装置の応用

JA長野厚生連北信総合病院 臨床工学科 中山真由美 倉島直樹 竹田博行

松澤久美子 松村卓広 阿藤正晃 水野裕樹 坂庭佳代子 羽片寛 梅寄和夫

### 【目的】

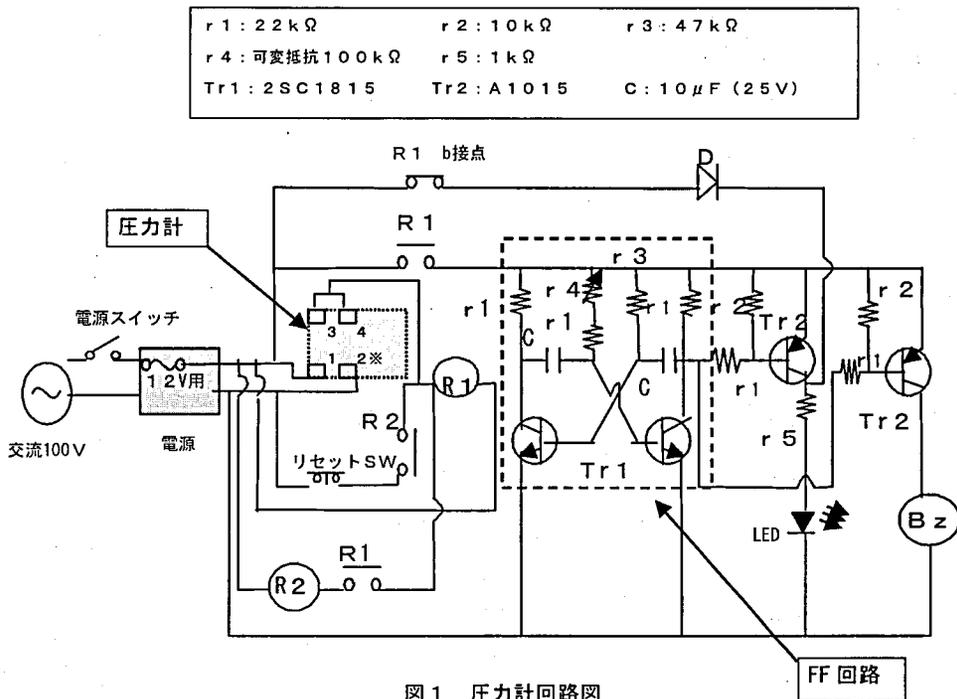
血漿吸着（PP）および二重濾過血漿分離交換療法（DFPP）施行時に専用装置を使わずに、当院で独自に設計（図1）、製作したアラーム機能を備えた圧力計（図2）を持続的血液濾過装置（ACH-07S）および持続的血液濾過装置（JUN-500）に、組み合わせる事で代用可能かどうかを検討した。

### 【装置構成】

今回製作した装置は、圧力計・LED・ブザー・フリップフロップ（FF）回路で構成されている。

圧力計は陰圧と陽圧の計測が可能で、上限値および下限値の警報点がそれぞれ設定でき、電源端子に直流12Vをかけると、圧力計の針が警報点を越えた場合、接点スイッチがOFF状態からON状態に切り替わる仕組みになっている。

圧力計にLED・ブザー・FF回路を組み入れる事により、警報機能を持たせた。



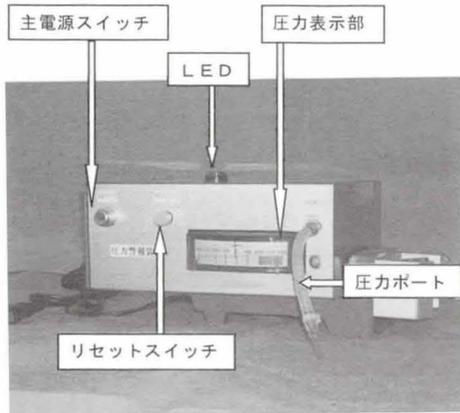


図2 装置外観

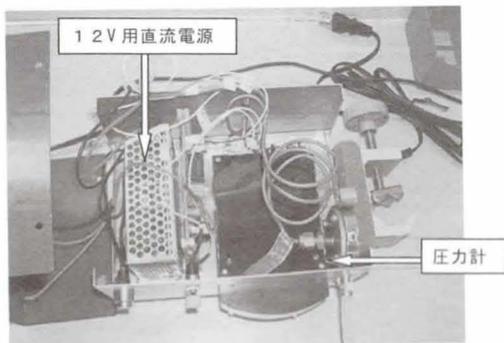


図3 装置内部

【回路動作】

1. 圧力表示：警報点内の場合

圧力計の表示が警報点内の場合、図4に示す矢印に沿って電流が流れLEDが点灯する。ブザーには電流が流れないため鳴らない。

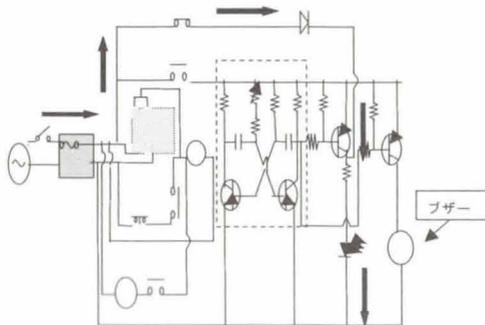


図4 圧力表示警報点内の回路動作

2. 圧力表示：警報点外の場合

圧力計の表示が警報点を超えた場合、図5に示す矢印に沿って電流が流れLEDが点滅する。それと同時にLEDの点滅に同期したブザー音が鳴るようになる。点滅およびブザー音の断続はFF回路にて行っている。

このLED点滅とブザーの断続音は、リレー2により自己保持され、リセットスイッチが押されるまでこの動作を繰り返すようになっている。

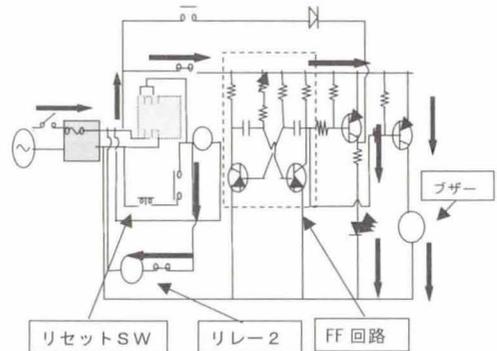


図5 圧力表示警報点外の回路動作

【方法】

1. 動作試験

内径3.5mmのチューブに圧力計と自作圧力計を取り付け、シリンジにて $-200 \sim +200$  mmHgの圧力をかけた時、アラームが正常に作動するかを確認した。

2. 密閉系試験

密閉回路として圧力が保たれているか否かを判定するために、1分後の回路内圧を測定した(図6)。

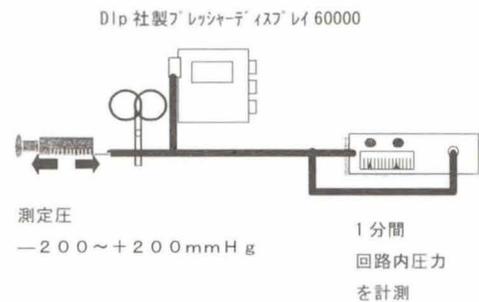
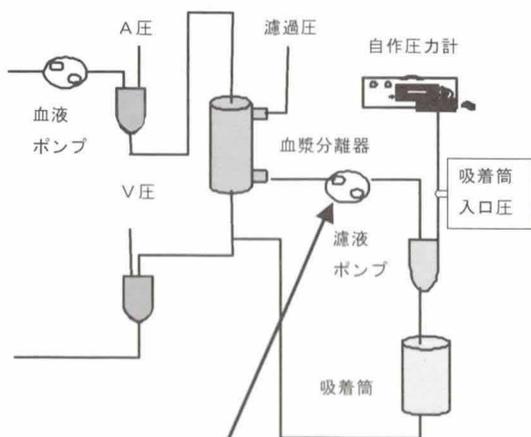


図6 密閉系試験

### 3. 臨床応用

A C H - 0 7 S ( 図 7 ) および J U N - 5 0 0 に自作圧力計を組み合わせ、P P および D F P P を臨床応用した。



A C H - 0 7 S の濾過ポンプを  
血漿分離ポンプとして代用

自作圧力計



A C H - 0 7 S

図 7 P P 回路全体図

### 4. 適応症例

#### ・ 症例 1

M. T. 女性 89歳

水疱性類天疱瘡

D F P P 9 回施行 ( 自作圧力計 2 回使用 )

J U N - 5 0 0 と自作圧力計使用

#### ・ 症例 2

K. M. 女性 67歳

重症筋無力症 免疫吸着 5 回施行

A C H - 0 7 S と自作圧力計使用

#### ・ 症例 3

K. Y. 女性 67歳

重症筋無力症 免疫吸着 3 回施行

A C H - 0 7 S と自作圧力計使用

#### ・ 症例 4

M. Y. 女性 45歳

重症筋無力症 免疫吸着 6 回施行

A C H - 0 7 S と自作圧力計使用

### 【結果】

#### 1. 動作および密閉系試験

警報点内では L E D が点灯し、警報点を超えた場合は L E D が点滅し、それと同期したブザー音が鳴り、正常に作動することが確認できた。

設定圧力と回路内圧には 1 % ~ 2 . 5 % の圧力差がみられたが、回路内圧と 1 分後の圧力差はなく、接続部の密閉が十分できていることを確認した ( 表 1 ) 。

表 1. 密閉系試験結果

測定圧 (mmHg)	-200	-180	-160	-140	-120	-100	-80	-60	-40	-20
回路内圧 (mmHg)	-198	-178	-158	-138	-118	-98	-78	-60	-40	-20
1 分後 回路内圧 (mmHg)	-198	-178	-158	-138	-118	-98	-78	-60	-40	-20

測定圧 (mmHg)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
回路内圧 (mmHg)	20	40	60	80	98	118	140	158	178	198
1 分後 回路内圧 (mmHg)	20	40	60	80	98	118	140	158	178	198

## 2. 自作圧力計の作動事例と状況

PPを計14回、DFPPを計2回、臨床応用した。自作圧力計がアラームを発生した事例は6件であった(表2)。

### 【考察1】

以前当院ではPPおよびDFPPを施行する際、ACH-07SおよびJUN-500にマンメータを二次膜圧力測定用として組み合わせていた。しかしマンメータにはアラーム機能がないため、圧力が異常を示しても早期に発見できないという問題点があった。

自作圧力計使用後は、LEDとアラームで圧力の異常を早期に発見できるようになった。

### 【考察2】

当院で今回施行した自作圧力計を使用した方法と専用装置(KM-8900EX)の仕様比較を表3に示す。圧力測定範囲、自己保持を含むアラーム機能および表示灯についてはほぼ同等であった。相違点としてACH-07SおよびJUN-500は自作圧力計と連動していないため、二次膜圧力に異常を生じた場合、ポンプに連動しない

点があげられた。用途はほぼ同等であった。

専用装置(KM-8900EX)では定価700万円と高価なのに対し、自作圧力計の制作費は9000円であった。

### 【結論】

ACH-07SおよびJUN-500に自作圧力計を組み合わせ、吸着筒や血漿成分分離器の圧力を測定する事によって代用可能であった。

自作圧力計は警報点を任意に設定することができ、また視覚と聴覚で圧力の異常を認識できるため安全管理上有用であった。

### 【参考文献】

- 1) 倉島直樹：陰圧吸引補助脱血法の安全対策—陰陽圧安全装置の試作— 体外循環技術29(1) 32~35 2002
- 2) 藤井信生：電子技術IB 30~32 実数出版
- 3) 萩原國雄 etc：シーケンス制御入門 31~42 理工学社
- 4) 狩野連男：はじめて自動制御を学ぶ人のために 48~60 オーム社

表2 自作圧力計の作動事例と状況

事例	原因	件数
返血時の吸着筒入口圧低下	返血時血漿分離ポンプを停止	3件
返血時の吸着筒入口圧上昇	誤って静脈ラインをクランプ	1件
吸着施行中の吸着筒入口圧低下	脱血不足	1件
開始直前の吸着筒入口圧上昇	誤って血漿分離ポンプMAXで作動	1件

表3 自作圧力計を使用した方法と専用装置の使用比較

	吸着筒および血漿成分分離器				用途	価格
	圧力測定 範囲 (mmHg)	アラーム機能 (自己保持 機能含む)	表示灯	アラーム 発生時 ポンプ連動		
KM-8900 EX	-100 ~500	○	○	○	CHDF CHF HF ECUM PE DFPP PP DHP 腹水濾過濃縮	定価 700 万円
ACH-07S JUN-500 +自作圧力計	-400 ~400	○	○	×	CHDF CHF HF ECUM PE DFPP PP DHP	9000 円