

19. 直接動脈圧測定時に制動素子が圧導出系に与える影響

伊藤真也*、長谷川晋也*、嶋田勝斗**、高橋幸朗**、杵淵嘉夫*

*東海大学大学院開発工学研究科

**埼玉大学大学院理工学研究科

【はじめに】

直接動脈圧測定においてカテーテルを通すことにより、導出した血圧波形が激しく振動（共振現象）、または鈍って平坦化することがある。これらの現象はカテーテルを用いた圧導出系が強い周波数依存性を持ち、動脈圧波形の周波数成分の分布とオーバーラップしていることが原因である。導出した圧波形が入力原波形に対してどの程度忠実かは臨床上重要な課題である。共振現象が生じた場合の対処法として、輸液流路（圧伝導路）内のカテーテルと圧センサとの間にダンパを挿入することにより制動をかけて共振を抑制し、圧波形を導出する手法が報告されている。本研究ではダンパの役割を担う制動素子の評価と最適な制動効果をもたらす方法について報告する。

【理論】

制動素子をカテーテルに接続する場合、圧導出路内に弾性成分と抵抗成分を付加することと同義である。このとき弾性成分が系全体に負荷する率をカテーテルと素子間の抵抗比

$$\beta = (R_c + R_d) / R_c$$

として定め、制動効果との関連性に着目した。ただし R_c はカテーテル、 R_d は制動素子の抵抗値である。

【対象と方法】

制動素子 SERO を構成要素とする血圧モニタリングキット(SAFTI[®] KIT、川澄化学工業)を用いた。

(1) 圧発生装置(601A、BIO-TEK) にキットを接続し、擬似血圧波形を入力したときの圧波形変化を測定、SEROにより制動をかける前(#1)と後(#2)で比較した。また導出系に

1~50Hz の正弦波振動を入力し、周波数変化に対する入出力間の応答特性を測定した。

(2) SERO の他の系に対する効果を調べるため肺動脈カテーテル (4lumen、7Fr、110cm、B.Braun) に接続して、制動をかける前(#3)と後(#4)での比較を行った。

(3) 制動素子 Accudynamic[®](Abbot)を肺動脈カテーテルに接続して同様の実験を行った。この素子は自身の持つニードルバルブを回転させることにより、バルブの先端が突出して流路を遮り抵抗成分となる。回転の調節により抵抗値を変化することができる。

【結果】

(1) SERO を用いて制動をかけることにより出力波形の共振を抑え、入力波形との相関が高くなることがわかった(図1a)。また周波数特性上において高周波帯域まで入出力波形の振幅誤差が減少することが確認できた(図2)。なお#2の抵抗比 β の値は1.25であった。

(2) SERO を肺動脈カテーテルに接続して制動を加えたところ、周波数特性からも明らかであるように過制動状態となり適正な制動が得られなかった(図1b)。なお#4の抵抗比 β の値は2.47であった。

(3) Accdynamic のバルブを完全に閉まった状態(Closed)から回転させていくに従い、徐々に制動効果が現れ、周波数応答が変化した(図3)。それぞれの抵抗比 β を算出したところ、最適な制動効果である1.5turn時では1.47であった。

【考察】

SEROはSAFTI KITにとって忠実な血圧波形を導出するための適正な制動素子であるといえる。しかし肺動脈カテーテルに対しては制動効果が異なる。肺動脈カテーテルは侵

襲目的で利用するので、径が細い作りとなっている。そのため系全体の抵抗値が高くなり、SEROとの適正な抵抗比 β がとれなくなったと考える。適正な抵抗比 β は実験結果より1.25~1.47近傍であると推察される。この値を基に、SAFTI KIT にとってのSEROのように適正な制動効果をもたらすことのできる制動素子の選択性の追求を推し進めたい。

この他にも直接動脈圧測定時に血圧波形が圧伝導路を伝わる際に、末端に至り反射されて戻ってくる反射波による影響も懸念される。反射波はインピーダンスの異なる境界

面で生じるとされている。この境界面を消失させるために抵抗比 β の理論に基づき、制動素子を用いてインピーダンスの整合を行うことが可能であると考えられる。

総じてカテーテルの形状や温度変化、気泡の影響などにより圧導出系の特性は様々に変化する。それらに即して制動素子を選択、あるいは開発することが適正な制動効果を得るために必要不可欠である。

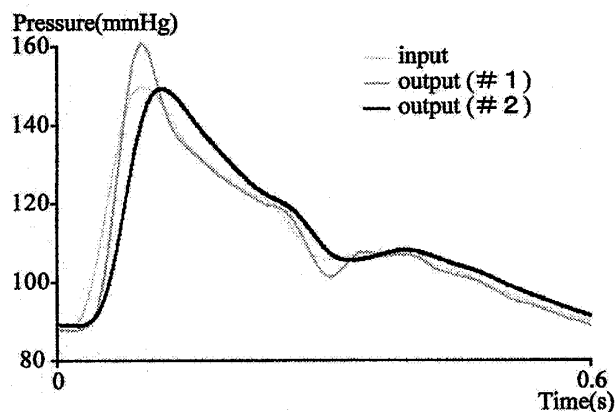


図 1a SAFTI KIT に対する制動効果

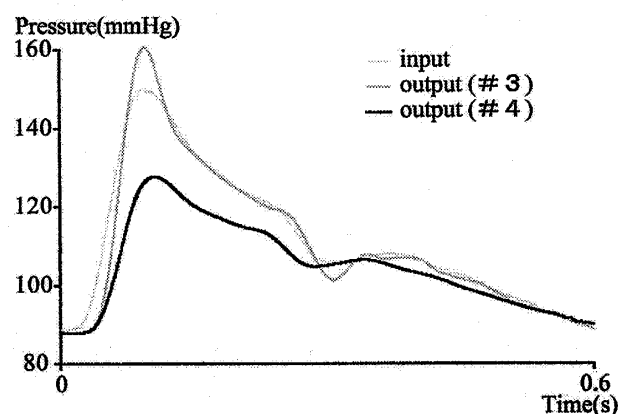


図 1b 肺動脈カテーテルに対する制動効果

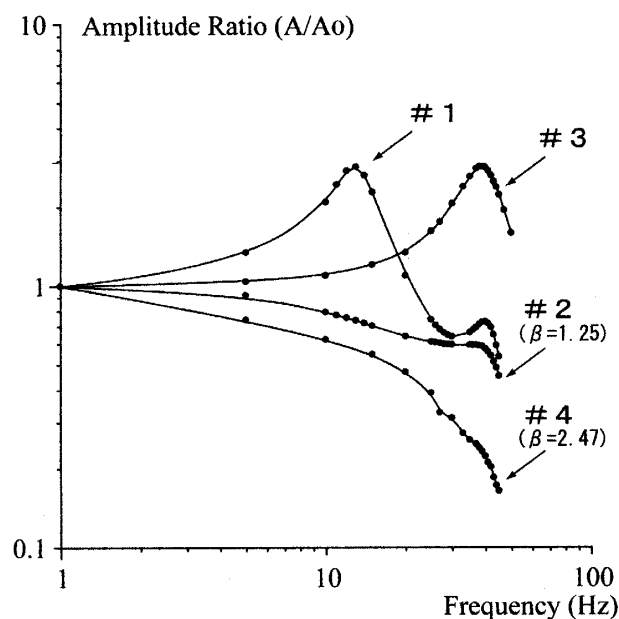


図 2 圧導出系の周波数特性

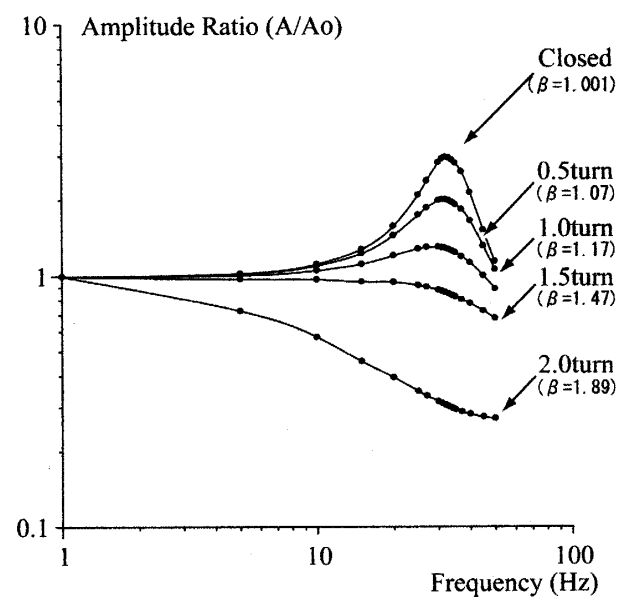


図 3 Accdynamic による制動効果と β の変化