

Title	カテーテルマノメーター圧測定系による圧波形歪みに対する補正法およびその理論的解析に関する研究
Author(s)	城, 忠文
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/32439
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名・(本籍)	城 憲 文
学位の種類	医学博士
学位記番号	第 4666 号
学位授与の日付	昭和54年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	カテーテルマノメーター圧測定系による圧波形歪みに対する補正法およびその理論的解析に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 川島 康生 (副査) 教授 阿部 裕 教授 中馬 一郎

論文内容の要旨

〔目的〕

心臓病態生理学の発展にもとづき、左心室圧一次微分波形およびこれから算出される V_{max} 等の指標が新しい診断情報として臨床応用されている。今日、これらの測定に用いられているカテーテルおよびマノメーターによる圧測定系（以下 カテーテルマノメーター系とする）において、その共振現象が圧波形に歪みを生ずる最大の原因となっている。本研究の目的はこの共振現象を機械的ダンパー（以下ダンパーとする）で補正することにより精度の高い左心室微分波形を測定する方法を見出すとともに、カテーテルマノメーター系およびダンパーの電気的等価回路を用いた理論的解析によりダンパーの設計を容易にせんとするものである。

〔研究方法〕

虚血性心疾患患者6例および雑種成犬6頭において、カテ先圧カトランスデューサーにより得られた左心室圧一次微分波形の構成周波数成分をカットオフ周波数を連続的に可変としたデジタル低域通過フィルターを用いて検討した。

カテーテルマノメーター系の周波数特性を著者らの製作した正弦波水圧発生装置（周波数特性0.5～250Hz, 出力160mmHg(P-P))を信号源として測定した。これによりカテーテルマノメーター系の周波数特性を安定化する条件を決定し、この条件下に各種カテーテル、括栓類、接続チューブについて周波数特性への影響を検討した。

カテーテルマノメーター系の共振現象に対して27G, 28Gのステンレスパイプの長さを調節して粘性抵抗値 $67.5 \times 10^{10} \sim 97.7 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ の範囲の6種類のダンパーを製作し、それをカテーテ

ルとマンノメーター間に挿入することにより圧波形歪みを試行錯誤的に補正した。

カテーテルマンノメーター系の理論的解析をカテーテルの定数（液体の粘性抵抗，慣性，カテーテル壁のコンプライアンス，エネルギー損失）およびマンノメーターの定数（膜面のコンプライアンス）で構成される6次振動系等価回路により行なった。更にダンパーの等価回路を加えてダンパーの粘性抵抗値を理論的に求めた。

〔成績〕

- (1) 左心室圧一次微分波形の構成周波数成分：高周波成分を最も必要とするmax. DP/DTについて調べた。40Hzの低域通過フィルターを通過後のmax. DP/DTは原波形のそれに比して有意の減少を示さず，30Hzのフィルターを通過後は2.9%の有意な($P < 0.01$)低下を示した。以後20Hz以下のフィルターで漸減した。
- (2) カテーテルマンノメーター系の周波数特性への影響因子：(i)カテーテルマンノメーター系を炭酸ガスでフラッシュして，脱気生理食塩水で洗浄充填することで有意に秀れた周波数特性が得られた。外気温の10℃から40℃への変化で共振周波数19%，最大振幅比44%の低下がみられた。(ii)新しいクールナンドカテーテルの周波数特性のパラツキは少ないが，10回以上使用したものは共振周波数で約9%の低下をみた。woven dacron, polyethyleneの材質のカテーテルはほぼ同じ周波数特性を示し，polyurethaneは低値であった。先端の形状は周波数特性への影響を認めなかった。(iii)括栓類，接続チューブの使用は著明な周波数特性の低下を生じた。
- (3) カテーテルマンノメーター系の共振現象に対するダンパーによる補正：前記の構成周波数成分の成績から40Hzまで±5%以内の平坦な振幅特性をもつことを目標として圧測定系を補正した。クールナンドカテーテル(USCI 1441)，P23Dbトランスデューサーおよび三方括栓で3種類の周波数特性の異なる圧測定系を構成して補正の対象とした。
共振周波数77Hz，最大振幅比9.70(19.7dB)の圧測定系に対して粘性抵抗値 79.6×10^{10} および $83.7 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ のダンパーが前記目標を満足した。共振周波数70Hz，最大振幅比8.50(18.6dB)の圧測定系に対しては 74.8×10^{10} および $79.6 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ のダンパーが，更に共振周波数67Hz，最大振幅比7.80(17.8dB)の圧測定系に対して 72.5×10^{10} および $74.8 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ のダンパーが同様の目標を満足した。従って粘性抵抗値 $79.6 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ のダンパーは共振周波数77~70Hz，最大振幅比9.70~8.50(19.7~18.6dB)の圧測定系を補正することが可能であった。また圧測定系の周波数特性が低下するとともに粘性抵抗値が減少する傾向を示した。この補正した測定系で得たmax. DP/DTはカテ先圧カトランスデューサーで得たそれと $r = 0.99$ ($n = 6$)で非常に良い相関が得られた。
- (4) カテーテルマンノメーター系およびダンパーによる補正系の理論的解析：カテーテルマンノメーター系の周波数特性は4次振動系以上の特性を示し，本研究では6次振動系等価回路を使用し，液体の粘性抵抗，慣性はPoiseulleの法則から求め，カテーテル壁のコンプライアンス，エネルギー損失はシミュレーション法で求めた。クールナンドカテーテル(USCI 1441)ではコンプライアンス $9.6 \times 10^{-15} \text{ m}^5 \cdot \text{Newton}^{-1}$ ，エネルギー損失 $7.3 \times 10^{-13} \text{ m}^4 \cdot \text{sec} \cdot \text{kg}^{-1}$ が得られた。この等価回路にダンパ

一の2次振動系等価回路を加えた。その定数（液体の粘性抵抗，慣性，コンプライアンス）の内，慣性は今回使用した各ダンパーの実測値の範囲から $10.0 \times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4}$ で近似した。また各ダンパーによる補正系の共振周波数がほぼ一定の低下を示し，このシミュレーションにより $3.0 \times 10^{-15} \text{ m}^5 \cdot \text{Newton}^{-1}$ のほぼ一定したコンプライアンス定数が必要であることが示唆された。残りの粘性抵抗定数として周波数特性を調べた。先述の実験的に得られた粘性抵抗値 79.6×10^{10} および $83.7 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ に対して，理論的解析から得たそれは 75.0×10^{10} および $80.0 \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ であり両者に非常によい一致がみられた。

〔総括〕

- (1) 左心室圧一次微分波形の構成周波数成分を検討することにより，カテーテルマノメーター系に要求される周波数特性は40Hzまで±5%以内の平坦な振幅特性であるとした。
- (2) カテーテルマノメーター系の周波数特性を安定させ，しかも高域の周波数特性を得るためには炭酸ガスでフラッシュした後に脱気生理食塩水で洗浄充填する必要がある。また，室温は一定とし，新しいカテーテルを使用し，括栓類，接続チューブはできるだけ避ける必要がある。
- (3) この条件下でカテーテルマノメーター系の周波数特性を正弦波水圧発生装置で測定することにより，精度の高い左心室圧一次微分波形を得るための機械的ダンパーの条件を明らかにした。
- (4) これをカテーテルマノメーター系の6次振動系等価回路でシミュレーションし，これにダンパーの等価回路を加えて解析することにより容易に適性なダンパーを設計することを可能にした。

論文の審査結果の要旨

左心室圧一次微分波形の構成周波数成分を調べまた，カテーテルマノメーター系の周波数特性を測定する条件を選定した。そしてこの条件下に精度の高い左心室圧一次微分波形を得るための機械的ダンパーの条件を明らかにした。また，これを電氣的等価回路で理論的に解析することで容易にダンパーの設計をすることを可能とした。