原著

各種動脈圧測定回路のダイナミック レスポンスに関する検討

飯島 みち子* 小田切 徹太郎*²
西村 チエ子* 清野 誠 一*²

Evaluation of Five Kinds of Blood Pressure Monitoring Sets on Dynamic Response

Michiko Iijima and Chieko Nishimura

*Department of Operating Room, Shinshu University Hospital
3-1-1, Asahi, Matsumoto-shi, Nagano, 390, Japan*

Tetsutaro Otagiri and Seiichi Kiyono

Department of Anesthesiology, Shinshu University School of Medicine

Abstract

Using square wave test, dynamic responses were measured on five kinds of blood pressure monitoring sets.

As results of measurements, one kind of them had lower natural frequency than 11 Hz and had inadequate dynamic response. And 47% of another one kind of them showed overdamping on dynamic response during measurements. The other three kinds of them had higher than 19 Hz in the natural frequency and showed adequate dynamic responses by elimination of air bubbles from sets and filling the space between the transducer side membrane and the diaphragm dome with waterdrops. Therefore they are quite useful in clinical monitoring, when air bubbles are eliminated from sets and the diaphragm dome are connected with waterdrops to the transducer side membrane.

We concluded that, it is necessary to use the blood pressure monitoring sets which have adequate dynamic response and important to make sure the dynamic response during measurements.

緒 言

観血的動脈圧測定は、手術室・ICUをはじめ

* 信州大学医学部附属病院中央手術部
〒 390 松本市旭 3-1-1 ☎ 0263-35-4600

*² 信州大学医学部麻酔学教室
(投稿受付：昭和61年11月19日)

め臨床において広く用いられているが、測定に使用される回路は施設によってさまざまである。正確な圧波形を得るためには、セッティングにさいし、回路内の気泡を除き、トランスジューサー受圧膜に水滴を落としてドームと接続することが重要であることはすでに報告されている¹⁻³⁾。それに加えて、用いられるカテーテル・

表1 各種動脈圧測定回路の構成

群	構 成
1	延長チューブ 31 cm+122 cm, フラッシュ装置
	ストップコック 3 個, 輸液セット, ドーム
2	延長チューブ 30 cm+120 cm, スーパードーム
	三方活栓 2 個, 輸液セット
3	延長チューブ 30 cm+90 cm, シリコンリング付サフティドーム
	三方活栓 2 個, 輸液セット
4	延長チューブ 15 cm+90 cm, フラッシュディバイス F-100 J
	三方活栓 2 個, 一方活栓 1 個, 輸液セット, ドーム
5	延長チューブ 30 cm+122 cm, C. F. S. イントラフロ
	三方活栓 3 個, 輸液セット, ドーム

延長チューブ・ドームなどの導管系が、良好な振幅・周波数特性をもつことも要求される。

今回われわれは、動脈圧測定回路として市販されている5種類の製品について、そのダイナミックレスポンス（振幅・周波数特性）を、矩形波テストを用いて検討したので報告する。

対象および実験方法

対象は、当手術部で術中モニターとして観血的動脈圧測定が必要とされた患者90名である。動脈圧測定回路は、市販されているもの5種類で、1群から4群までは各々15例ずつ、5群は30例について実験した(表1)。測定回路はいずれも表1に示すように、延長チューブ・連続フラッシュ装置・三方活栓・輸液セット・ドームで構成されている。セッティングにあたって、回路内はヘパリン生食水を用いて加圧することなく、気泡が入らないようにゆっくり満たし、ドームとトランスジューサーの接続は、トランスジューサー受圧膜に水を数滴落としたうえで行った。そのあと、ヘパリン生食水を300mmHgに加圧し、回路の漏れを点検した。動脈はサーフロー®留置針で確保し、測定回路と接続した。接続時混入した気泡は直ちに除去した。圧トランスジューサーは、グールドの P 23 ID を用い、日本電気三栄株式会社製マルチスーパー 2 F 21 に接続して記録した。測定を開始するにあたり、まず連続フラッシュ装置により矩形

波を加え、その応答を記録した。固有振動数(Hz)は、記録紙に現われる振動の1周期を測定し

$$\frac{\text{記録紙の速度 (mm/sec)}}{1 \text{ 周期の長さ (mm)}} \text{ Hz}$$

から求めた。ダンピング係数は、連続する2つの振幅を測定し、その振幅比 (A_2/A_1) を算出、これを Gardner による図⁴⁾の右側Y軸目盛にプロットして、それに相当する左側Y軸の目盛から読みとった。固有振動数およびダンピング係数が適正域に入った例は、そのまま1時間ごとにテストを繰り返した。適正域に入らなかった例については、回路内の気泡を取り除く操作を行い、その後1時間ごとにテストした。いったん適正域に入ったところで(1群においては、ほとんどが適正域に入らないため、回路に気泡のないことを確認したところで)、トランスジューサー受圧膜とドーム接続部の水滴をきれいに拭きとり、水滴を落とさない場合と、再び水滴を落として接続した場合とで、矩形波テストを行い、ダイナミックレスポンスに関する水滴の効果を検討した。

測定値は、mean $\pm$ S. D. で表わし、統計学的検定を必要としたものについては、t 検定を行い $P < 0.05$ をもって有意とした。

結 果

回路のセッティングを完了したのち、動脈と

表2 動脈圧測定回路の応答

群	1	2	3	4	5
症 例 数	15	15	15	15	30
最初から適正域に入った症例数	1 (7%)	10 (67%)	6 (40%)	11 (73%)	9 (30%)
点検後適正域に入った症例数	3 (20%)	5 (33%)	9 (60%)	4 (27%)	21 (70%)
適正域に入った症例数の合計	4 (27%)	15 (100%)	15 (100%)	15 (100%)	30 (100%)

() は各群の症例数に対する割合

表3 適正域に入った時点における固有振動数およびダンピング係数

群	1	2	3	4	5
症 例 数	4	15	15	15	30
固有振動数 (Hz)	10.9±1.4	19.1±3.3	19.7±3.1	22.4±4.0*	22.8±3.3*
ダンピング係数	0.46±0.05	0.32±0.05	0.29±0.07	0.28±0.05	0.27±0.07

* 1, 2, 3 群に対して有意差あり (P<0.05)

表4 トランスジューサー受圧膜とドーム接続部における水滴の効果

群		1	2	3	4	5
固有振動数 (Hz)	症 例 数	15	15	15	15	28
	水滴なし	9.3±1.9	11.4±1.8	15.8±2.2	19.1±3.9	19.3±4.0
	症 例 数	14	15	15	13	30
	水滴あり	10.1±2.2	18.6±3.9**	22.9±8.0**	24.6±2.9**	26.2±3.5**
ダンピング係数	症 例 数	15	15	15	15	28
	水滴なし	0.32±0.05	0.35±0.08	0.26±0.06	0.28±0.06	0.25±0.08
	症 例 数	14	15	15	13	30
	水滴あり	0.36±0.06*	0.37±0.08	0.26±0.05	0.25±0.05	0.27±0.10

* P<0.05 **P<0.01

接続した当初から点検なしで適正域に入った症例は、1群が15例中1例(7%)と極度に少なかった。そして点検後も3例(20%)とごくわずかしき適正域に入らなかった。それに比較し2群から5群では、当初から30~73%が適正域に入り、残りはそのあと気泡除去など回路を点検することによって全例適正域に入った(表2)。さらに、全測定回数に対する最適域に入った回数の割合は、1~4群では4%以下、もっとも高い5群でも12%と全体的に極めて低かった。

点検なしで、あるいは点検後適正域に入った時の各製品の固有振動数およびダンピング係数は表3に示した。固有振動数は、1群では10.9

Hzと2~5群に比べ有意に低く、また2~5群間では、4・5群が22.4, 22.8 Hzと2・3群に比較し有意に高かった。一方ダンピング係数は、1群が2~5群に比し有意に高かったが、3・4・5群間では、0.27~0.29と有意差は認められなかった。

トランスジューサー受圧膜とドームの接続にさいして、水滴を落とした場合と落とさない場合の固有振動数およびダンピング係数におよぼす効果は、固有振動数に関しては、水滴を落とした方が1群を除いて有意(P<0.01)に増加した。これに対しダンピング係数は、逆に1群だけが水滴を落とすことによって有意(P<0.05)

(4) 医 器 学 Vol. 57, No. 2 (1987)

に高くなったが、2～5群には有意差を認めなかった(表4)。

測定は短い例で3時間、長い例では8時間行ったが、1群は一度適正域に入った例でも、次のテスト時には回路内に気泡がないにもかかわらず適正域を逸脱してしまい、よい応答はほとんど得られなかった。また4群は、測定の途中よりオーバーダンピング状態となり、適正域を逸脱するものが7例(47%)にみられた。それに比べ2・3・5群においては、測定中適正域を逸脱した例は数例あったが、気泡除去など点検を行うことによって再び適正域に入る応答が得られた。

考 察

動脈圧測定時のダイナミックレスポンスは、回路を構成する導管系すなわち延長チューブ・ドーム・連続フラッシュ装置のもつ固有の物理特性、また回路内に混入している気泡、トランスジューサー受圧膜とドームを接続するさいの水滴の有無によって影響をうける^{4,5)}。われわれは、観血的動脈圧を正確に表示するためには、回路から気泡を除去すること、トランスジューサー受圧膜に水滴を落としてドームと接続することの重要性をすでに報告した²⁾。しかし測定回路は、製造メーカーによってそれぞれ異なった物理特性をもつと考えられ、その影響も無視できない。

導管系のダイナミックレスポンスは、Gardnerによれば、固有振動数は少なくとも7Hz以上が必要で、最適域に入れるためには13Hz以上が要求される。したがって高い固有振動数をもつことは適正域がより広くなり、最適域に入りやすくなる。

今回行った実験結果では、1群は0.46と高いダンピング係数を示したものの、固有振動数は10.9Hzと著しく低く、したがって適正域に入る例も極度に少なかった。これに対し、1群を除いた他の群では、ダンピング係数は0.3前後とほとんど同じで、固有振動数も19Hz以上と高かった。実際の測定においても、気泡除去の点検を行うことにより全例適正域に入る結果が得られた。さらに4・5群が2・3群に比べ

て有意に高い固有振動数を示したことから、4・5群がより良好な物理特性をもつように思われた。しかし4群には、47%に測定途中でオーバーダンピング状態となり、適正域を逸脱するものがあった。そのさい、トランスジューサー受圧膜とドーム接続部の水滴を拭き取ることによって、半数以上が再び適正域に入った。オーバーダンピングを生ずる原因は、大きな気泡の回路への混入、延長チューブが長すぎる場合、カテーテル先端の血栓などが考えられるが、この場合トランスジューサー受圧膜とドーム接続部の水滴を拭き取ることによって良好なダイナミックレスポンスを回復したため、これらのことは原因と認め難く、真の原因は不明であるが、導管系のもつ固有の物理的な性質に起因するのかもしれない。5群はもっとも高い固有振動数を示したが、測定時間中8例において適正域を逸脱し、再び適正域に入れるために、気泡除去の点検が必要であった。この5群に比べ2・3群は、固有振動数が有意に低く、また適正域逸脱の割合も多いが、途中気泡除去により良好なダイナミックレスポンスを得ることができた。

トランスジューサー受圧膜とドーム接続部の水滴の効果については、1群を除いたすべての群で、固有振動数を有意に高くすることができた。したがって、動脈圧測定回路のトランスジューサーとの接続は、トランスジューサー受圧膜に水滴を落として行うことが、前回と同様大切であると考えられる。

結 語

5種類の動脈圧測定回路について、矩形波テストを用いてダイナミックレスポンスを検討した。1種類は良好なダイナミックレスポンスがほとんど得られず、また1種類は、特性にバラツキがみられた。他の3種類については、トランスジューサー受圧膜に水滴を落としてドームと接続し、回路内の気泡除去を行うならば、正確な動脈圧を反映すると考えられた。

動脈圧測定回路の使用にあたっては、適正なダイナミックレスポンスを示すものを選択することが必要であり、測定中も応答を確かめることが大切と思われる。

本報告の要旨は第8回日本手術部医学会で発表した。

文 献

- 1) 渡辺広昭ほか：観血的血圧波形の歪みとその対策, ICU と CCU 10 : 153-157, 1986.
- 2) 飯島みち子ほか：動脈圧モニタリング時の注意点, ICU CCU 10 : 349-353, 1986.

医器学 Vol. 57, No. 2 (1987) (5)

- 3) Shipley R. F., et al : Pressure measurement error with disposable domes for transducers Critical Care Medicine 12 : 913-914, 1984.
- 4) Gardner R. M. : Direct blood pressure measurement-dynamic response requirements Anesthesiology 54 : 227-236, 1981.
- 5) ダイナミックレスポンスの臨床的意義, ダイナボット株式会社, 1985.