

弁形成バルンカテーテルの造影剤濃度とバルン内圧上昇に要する時間

(平成11年10月12日受付)

(平成12年4月24日受理)

自治医科大学小児科

保科 優 白石裕比湖 菊池 豊 桃井真里子

key words : バルン弁形成術, 造影剤濃度, カテーテルインターベンション

要 旨

バルン弁形成術の際の至適造影剤濃度を決定するために, 造影剤濃度とバルン拡張開始からバルン内圧上昇までの時間との関係を検討した.

手元の圧とバルンの圧を同時に測定できる, 径18mmの弁形成用バルンカテーテルを用いた独自の実験系を作成した. 生理食塩水にて希釈し濃度を変えた造影剤(0.625, 12.5, 25, 50, 100%)を用い, 造影剤注入開始からそれぞれの圧が100mmHgに達するまでの時間を計測した.

バルン内圧上昇に要する時間は, 造影剤濃度が12.5%以下では 1.9 ± 0.1 秒で対照液(生理食塩水)と差を認めなかった. 一方造影剤濃度が25%以上では 2.2 ± 0.1 秒以上要し対照液より有意に延長していた($p < 0.05$).

弁形成用バルンカテーテルにおいて, 造影剤の濃度の上昇すなわち粘稠度が25%以上に高くなるほど, バルン内圧上昇に要する時間が延長することが示された. 今回の検討から, 外径18mm程度の大きなバルンを用いて短時間で有効なバルン拡張を得るためには, 12.5%(8倍希釈)程度の濃度の造影剤を使用するのが良い.

はじめに

経皮的バルン弁形成術は, 1982年にKanらにより肺動脈弁狭窄に対する臨床報告がなされて以来¹⁾, 種々の疾患への応用が始まり, 小児領域においても臨床応用が急速に広まった.

われわれはバルン弁形成の経験を重ねるにつれ, 十分確実な弁形成を得るため期待されたバルン内圧に到達するまでの時間に, 造影剤の濃度による差があるのではないかと感じられて来た.

経皮的バルン弁形成術でのバルン拡張の際に使用する造影剤濃度に関しては, 現在ははっきりとした基準はなく, 欧米の成書や報告に従い「2～3倍に希釈」して使用される場合が一般的である^{2)・4)}. しかし, 造影剤の濃度が高いと粘稠度が高くなるため, バルンの拡張から拡張術終了後の造影剤回収までの時間がかかり,

拡張したバルンにより長時間血流が遮断される恐れがある³⁾. 一方造影剤濃度が低すぎると, 透視によるバルンの形態描出が不鮮明となり, バルンの位置の確認や「ウエストの消失」といった拡張術の効果判定に不都合を生じる.

そこでバルン弁形成術での至適造影剤濃度を決定するために, バルンカテーテルを用いて独自の実験系を作成した. この実験系を用い, バルンカテーテルに造影剤を注入する際のバルン注入圧(手元の圧)とバルン内圧を同時記録し, 造影剤濃度の違いによるそれぞれの圧上昇までの時間の変化を検討し, 至適造影剤濃度を知り得た.

方 法

実験に用いたバルンカテーテルは, ホプキントン社製弁形成用カテーテルPDC 18398(バルン径18mm, バルン長さ30mm, シャフト径8Fr, カテーテル長さ100mm)で, 注入器はゲッツブラザーズ社のインデフレーターを用いた.

別刷請求先:(〒329 0498) 栃木県河内郡南河内町薬師寺 3311 1

自治医科大学小児科 保科 優

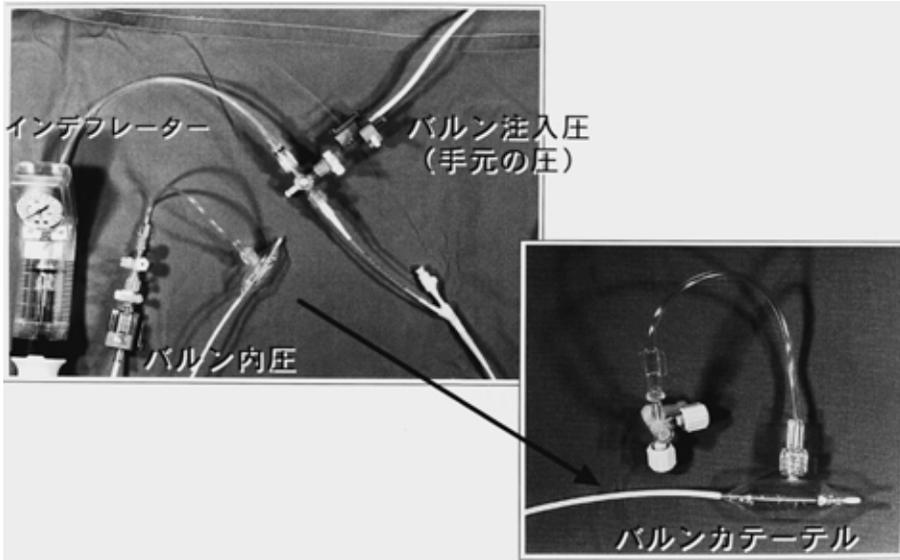


図1 径18mmのバルンカテーテルを用いて、手元の圧とバルンの圧を同時に測定できる実験系。

カテーテル手元の注入部位とバルン内部の圧を同時に測定するため、それぞれの部位に圧センサーを固定した(図1)。バルーン内圧の測定については、バルンの表面にガイドワイヤーを用いて直径1.5mm程の小さな穴をあけ、その部分に一致させて圧チューブの先端を市販の瞬間接着剤「アロンアルファ」を用いて完全に接着させた。そして圧チューブをwater filledの圧測定システムに接続した。バルン内の空気は十分に排除させた上で実験を行った。

バルン拡張時の注入圧(手元の圧)とバルン内圧をNEC社「ポリグラフ365」を用いて同時に測定し、紙送り速度50mm/秒で同時圧を記録した。

造影剤は「イオパミロン300」を用い、生理食塩水にて6.25%、12.5%、25%、50%にそれぞれ希釈したものおよび100%原液を使用した。対照として生理食塩水を用いた。

バルンの拡張は手技に熟練した一人の験者が行い、バルンが空の状態からそれぞれに10回ずつすばやく拡張した。注入開始からそれぞれの圧が100mmHgに達するまでの時間を、記録されたグラフより目盛を数えて計測した。

得られたデータは、統計学的に二元配置分散分析と多重比較検定を用いて検定し、危険率5%未満を有意とした。

また実際に、2例のヒトの経皮的バルン弁形成術施行時に12.5%と25%に希釈した造影剤を使用し、バルン拡張時の透視画像を視覚的に比較検討した。

結 果

バルン内圧上昇の時間

造影剤濃度の違いによるバルン内圧上昇に要する時間の検討では、対照である生食でバルン内圧が100mmHgに達するまでの時間が 1.9 ± 0.1 秒だったのに対し、造影剤濃度が6.25%および12.5%でそれぞれ 1.9 ± 0.1 秒、25%で 2.2 ± 0.1 秒、50%で 2.6 ± 0.1 秒、100%で 4.7 ± 0.3 秒だった。以上より造影剤濃度が25%以上の群で対照液と比べて、バルン内圧上昇に要する時間が有意に長かった(図2)。

バルン注入圧上昇の時間

造影剤濃度の違いによる、バルン注入圧すなわち手元の圧上昇に要する時間の検討では、対照である生食で手元の圧が100mmHgに達するまでの時間が0.2秒だったのに対し、造影剤濃度が6.25%で 0.2 ± 0.1 秒、12.5%および25%、50%でそれぞれ 0.3 ± 0.1 秒、100%で 0.5 ± 0.1 秒だった。対照と比べて各造影剤濃度での手元の圧上昇に要する時間の差を認めなかった(図3)。

造影剤濃度の違いによる透視画像

実際のバルン弁形成術での、造影剤濃度の違いによ

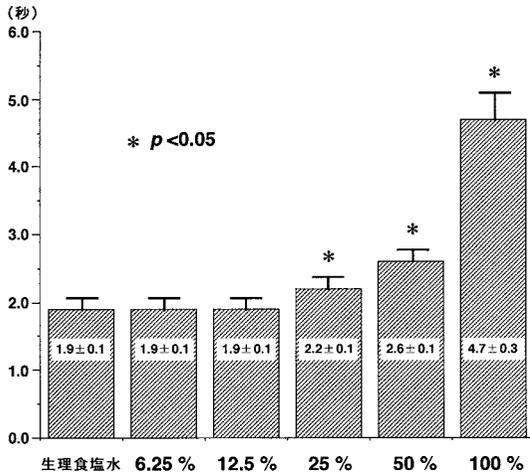


図2 各造影剤濃度による，バルン内圧が 100 mmHg に達するまでの時間 (秒)

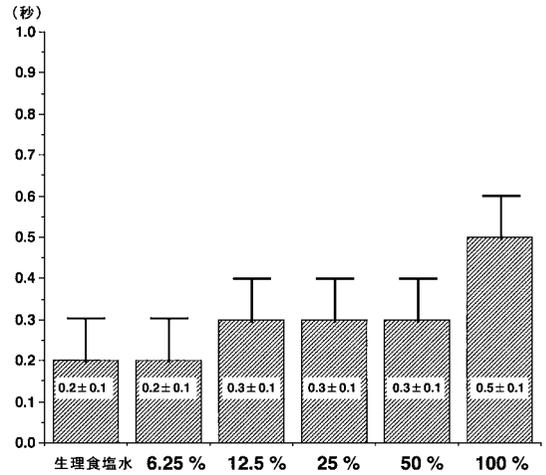


図3 各造影剤濃度による，手元の圧が 100 mmHg に達するまでの時間 (秒)

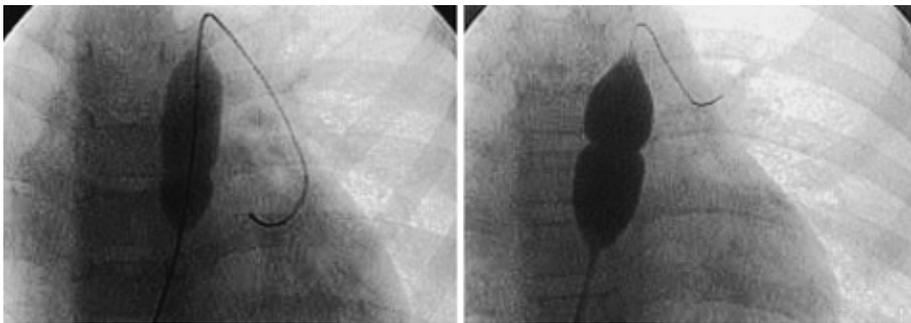


図4 造影剤濃度の違いによる実際のバルン拡張術の透視画像
 左側：5歳男児，Pulmonary stenosis．造影剤濃度は 12.5% ．
 右側：8歳女児，Pulmonary stenosis．造影剤濃度は 25% ．

るバルンの透視画像を比較したものを示す(図4)．造影剤濃度 12.5% の画像でも，バルン形態および，拡張途中のバルンのウェストの様子が十分確認できた．

考 察

今回のわれわれの検討から，弁形成用バルンカテーテルにおいて，造影剤の濃度すなわち粘稠度が 25% 以上となると，Inflate 開始からバルン内圧上昇までに要する時間が長いことがわかった．

カテーテル内での造影剤の時間あたりの流量は，カテーテル内径の横断半径の 4 乗および圧較差に比例し，液体の粘稠度に反比例する(Poiseuille の法則)⁷⁾．従ってカテーテル内径および造影剤の注入圧を一定にした場合は，造影剤粘稠度がカテーテル内の時間流量

に大きく関与する^{7,8)}．今回実験に使用したバルンカテーテルにおいても，造影剤粘稠度が大きくなることによりカテーテル内の時間あたりの流量が小さくなる．従って手元から注入された造影剤がバルン内に流入する時間あたりの流量が小さくなることにより，バルンの充満と内圧上昇に要する時間が延長したと考えられる．

今回の検討では，造影剤の粘稠度の差による圧伝導特性の違いについては検討していないが，造影剤の粘稠度が大きくなると圧の伝導特性自体が生理食塩水と比べて著しく異なってくる．この圧伝導特性の違いも，粘稠度の大きい造影剤でバルン内圧が上昇するのに要する時間が延長することに関係していると考えられ

る⁹⁾。

狭窄性病変に対するバルン拡張術では、バルン拡張により内腔が閉塞されて一度遮断された血流を回復させるために、速やかなバルン内の造影剤注入と回収を考慮する必要がある。今回の実験では検討しなかったが、バルン内の造影剤を回収する時間についても造影剤粘稠度の違いにより有意な差がでることが予想される。このためバルン拡張から完全に deflate するまでに要する時間は、使用する造影剤の濃度によりさらに大きくなると思われる、今後さらに検討を必要とする。

実際のバルン弁形成術の透視画像の造影剤濃度の違いによる比較では、造影剤濃度を 12.5% に稀釈して弁形成を施行した画像でも、バルンの位置確認やバルン拡張時のウエスト消失の確認ともに良好であり、実際の臨床現場での使用にも問題ないと思われた。

以上の検討より、バルン弁形成術施行の際、径 18 mm 程度の大きさのバルンで短時間でかつ有効なバルン拡張を得るためには、12.5% 程度の濃度の造影剤を使用するのが良いと思われた。

文 献

- 1) Kan JS, White RI Jr., Mitchell SE, Gardner TJ : Percutaneous balloon valvuloplasty : A new method for treating congenital pulmonary-valve stenosis. *New Eng J Med* 1982 ; 307 : 540 542
- 2) Rao PS : 4. Technique of balloon valvuloplasty/angioplasty. in Rao PS (ed) : *Transcatheter therapy in pediatric cardiology*. Willey-Liss, New York, 1993, pp 29 44
- 3) 鈴木和重,加藤裕久,赤木禎治,橋野かの子 : 経皮的バルーン肺動脈弁形成術 .In .門間和夫編著 : 小児のカテーテル治療 .中外医学社,東京,1994, pp 36 56
- 4) Lock JE, Bass JL, Amplatz K, Fuhrman BP, Castaneda-Zuniga W : Balloon dilation angioplasty of aortic coarctations in infants and children. *Circulation* 1983 ; 68 : 109 116
- 5) Deligonul U, Kern MJ, Bell ST, Gabliani G, Labovitz A, Vandormael M. : Acute myocardial infarction during percutaneous aortic balloon valvuloplasty. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1988 ; 15 : 164 8
- 6) Smith GT : Principle of blood flow dynamics. in Taveras JM, Ferrucci JT(ed) : *Radiology*. Lippincott, Philadelphia, 1987, pp 136 137
- 7) Nitatori T, Dohno S, Hanaoka H, Takei R, Hachiya J, Furuya Y : Experimental study of flow rates in microcatheters using various kinds of contrast materials : Comparison of imaging capability by iodine delivery rates. *NIPPON ACTA RADIOLOGICA* 1994 ; 54 : 47 53
- 8) Hughes PM, Bisset R : Non-ionic contrast media : a comparison of iodine delivery rates during manual injection angiography. *British J Radiol* 1991 ; 64 : 417 419
- 9) Li JK, Melbin J, Riffle RA, Noordergraaf A : Pulse wave propagation. *Circ Res* 1981 ; 49 : 442 452

The concentration of contrast medium and the time to reaching expected inflation pressure in balloon valvuloplasty catheter : investigating the appropriate concentration of contrast medium

Masaru Hoshina, Hirohiko Shiraishi, Yutaka Kikuchi and Mariko Y. Momoi
Department of Pediatrics, Jichi Medical School

In order to determine the appropriate concentration of contrast medium in balloon valvuloplasty, we analyzed the relationship between concentration of contrast medium and the time of balloon inflation.

We created an original experimental system by the use of a balloon valvuloplasty catheter 18 mm in diameter. We measured the time from the start of inflation to the point of reaching balloon inflation pressure (100 mmHg) in each contrast medium concentration (0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100%)

The time to reaching expected balloon inflation pressure was 1.9 ± 0.1 seconds when the contrast medium concentration was 0%, 6.25%, or 12.5%. On the other hand, it was equal to or more than 2.2 ± 0.1 seconds when the contrast medium concentration was 25%, 50%, or 100% ($p < 0.05$). We found that the time to reaching expected balloon inflation pressure was significantly longer when the contrast medium concentration was high.

In conclusion, the appropriate concentration of contrast medium to perform effective and quick balloon dilation is 12.5% (a dilution of 8 times) in an 18 mm diameter balloon.
