

Jatene 手術後の肺動脈狭窄に対する経皮的バルーン 肺動脈形成術前後の心容積の変化

(平成6年1月31日受付)

(平成6年4月12日受理)

東京女子医科大学付属日本心臓血圧研究所循環器小児科

桃井 伸緒 中西 敏雄 中沢 誠 門間 和夫

key words : 大血管転換症, Jatene 手術, 肺動脈狭窄, 経皮的バルーン肺動脈形成術, 心機能

要 旨

Jatene 手術後の肺動脈狭窄に対して経皮的バルーン肺動脈形成術 (Balloon Pulmonary Angioplasty: BPA) を施行した14症例で, BPA 前後の右室造影による心容積変化と熱希釈法による心拍出量を測定した. 右室圧は左室圧との比, RV/LV ratio (%of LVp) で表現し検討した. BPA 後に心拍出量が正常以下に低下した症例はなかったが, BPA により RV/LV ratio が低下した症例では心係数が増加するのに対し, RV/LV ratio の低下が少なかった症例ではむしろ心係数は BPA 前より低下する傾向がみられた. 右心容積の変化からの検討では, RV/LV ratio の低下が大きかった症例では拡張末期容積の変化がなく駆出率が増加することにより1回拍出量が軽度増加し, BPA 直前に投与した硫酸アトロピンの影響で増加した心拍数の増加と相まって心係数は増加していたのに対し, RV/LV ratio の低下が少なかった症例では心拍数の増加は同様に見られたものの, 拡張末期容積が減少することにより1回拍出量が低下したために, 心係数は BPA の前後で低下する傾向を認めた.

はじめに

Jatene 手術後の肺動脈狭窄は手術症例の10~20%に発生する^{1)~5)}. 我々は, この狭窄に対する治療としてバルーン肺動脈形成術 (BPA) を第一選択としてきた. 最近では BPA を術後早期に, しかも狭窄部の3倍以上の径のバルーンを用いて施行することにより, 有効例も多くなってきた⁶⁾. 以前我々は, 他の心奇形を合併しない肺動脈弁狭窄症に対する BPA 前後での右心機能を調べた⁷⁾. それによると, もともと正常の右室駆出率は, BPA 後さらに上昇するという結果であった. しかし, 複雑心奇形のある症例や手術後の症例で, 右室圧の上昇をきたしている場合に, BPA 後に右心機能がどのように変化するかは未だ不明である. そこで今回, 大血管転換症に対する Jatene 手術後の肺動脈狭窄症例について, 有効な狭窄解除がなされた場合にどのような心容積変化が生じるかについて調べた.

対象および方法

対象は1988年8月から1993年3月までに BPA を施行された症例中, BPA 前後に熱希釈法による心拍出量測定と右室造影の両者がなされた14例である. Jatene 手術は, 生後7日から13カ月 (平均88±141日) に施行されていた (新生児期施行は10例). BPA 施行年齢は8カ月から9歳, 平均3歳7カ月であり, Jatene 手術後経過年数は, 8カ月から8年4カ月, 平均3年0カ月であった. 左右短絡および, 心エコー上で肺動脈弁閉鎖不全を合併した症例はなく, BPA 後にも肺動脈弁閉鎖不全を認めなかった. 狭窄部位は主肺動脈のみ6例, 主肺動脈と左右肺動脈4例, 主肺動脈と右肺動脈2例, 左右肺動脈1例, 左肺動脈のみ1例であった. カテーテル検査は Hydroxyzine hydrochloride 1mg/kg と Pethidine hydrochloride 2mg/kg の筋肉注射による前投薬後, ハロセンによる全身麻酔下にて行い, バルーン拡大時に生じる低拍出や徐脈に対する予防的処置として BPA 直前に Hydrocortisone sodium succinate 10mg/kg と Atropine sulfate 0.01mg/kg

別刷請求先: (〒960) 福島県福島市光が丘1
福島県立医科大学小児科 桃井 伸緒

を静注した。カテーテル検査は熱希釈法による心拍出量測定の後、右心系・左心系の心内圧測定および酸素飽和度測定を行い、次に造影を施行した。造影所見よりバルーン径を選択しBPAを行い、その後、熱希釈法による心拍出量測定および右室造影を再度施行した。造影から右室容積を求める方法はBiplane cineangiogramを用いSimpson法にて計測し、右室拡張末期容積(RVEDV)の正常値としてRVEDV=75.1(BSA)^{1.43}を用い⁸⁾、容積は正常値比で表現した。造影から心係数を求めるには、

$$\frac{\text{右室拡張末期容積}-\text{右室収縮末期容積}}{\text{体表面積}}$$

の式を用いた。

BPA前後で体血圧に差がでるため、この変化を補正しBPAの効果を判定するために、今回の研究では右室圧と左室圧を同時に測定し、左室圧比で右室圧を表現した。

$$\text{RV/LV ratio} = \text{右室圧/左室圧} \times 100 (\% \text{ of LVp})$$

値は、平均値±標準偏差で表した。

結 果

1. BPA 前後の RV/LV ratio の変化

BPA 前の RV/LV ratio (RVPpre) は平均72±17% of LVp (50~100) で、BPA 後 (RVPpost) には48±

10.3% of LVp (34~70) に低下していた。図1にBPA前後のRV/LV ratioの変化を示した。BPA前後のRV/LV ratioの比(RVPpost/RVPpre)を求めると

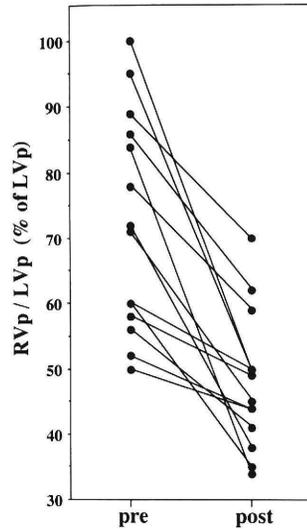


図1 BPA 前後の右室圧の変化。右室圧は左室圧比で表現した。BPA 前の右室圧は72±17% of LVp で、BPA 後には48±10%に低下した。(BPA: Balloon Pulmonary Angioplasty)

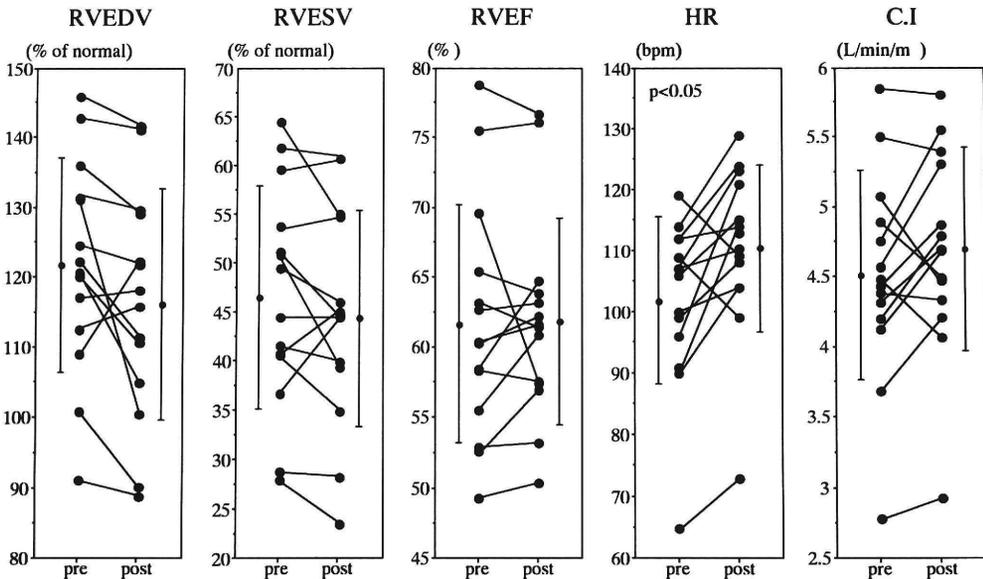


図2 右室造影から求めた拡張末期容量(EDV), 収縮末期容量(ESV), 駆出率(EF), 心拍数(HR), 心係数(C.I)のBPA前後の変化。心拍数は2例を除いては増加し、有意の変化であった。

0.68±0.15であった。右室拡張末期圧 (RVEDP) は、BPA 前7.9±2.2mmHg, BPA 後6.5±3.7mmHg と軽度低下したが、有意な変化ではなかった。また、左室拡張末期圧 (LVEDP) も BPA 前後で有意な変化を示さなかった。

2. 右室造影から求めた心容積の変化

右室造影から求めた BPA 前後の拡張末期容積 (EDV), 収縮末期容積 (ESV), 駆出率 (EF), 心拍数 (HR), 心係数 (C.I) の各指標について検討した。図 2 に各指標の BPA 前後の変化を示した。拡張末期容積, 収縮末期容積は低下する傾向を認めたが、有意の変化ではなかった。駆出率, 心係数も対象全体では有意の変化を示さなかった。心拍数は 2 例を除いては全例で増加しており、有意の変化であった。

次に BPA の効果と各指標の変化との関係を見るために、横 (x) 軸に BPA 前後の RV/LV ratio の比をとり、縦 (y) 軸に各指標の BPA 前後の比をとり検討した。EDV は、RV/LV ratio の低下が少なかった症例で減少する症例が多くみられたものの、よい相関は認められなかった (図 3)。しかし、(EDV-ESV)/EDV で求められる駆出率は RV/LV ratio の低下の大きかった症例で増加し、RV/LV ratio の低下の少なかった症例で低下する傾向を示した (図 4, 相関係数 0.79)。EDV, ESV および心拍数より計算した心係数と BPA の効果を見ると (図 5), RV/LV ratio の低下が大きかった症例で心係数は増加し、低下の少なかった症例で心係数は増加し、低下の少なかった症例で心係数は不変または低下していた。

た症例ではむしろ心係数は低下する関係があった (相関係数0.78)。

以上の結果をまとめると、RV/LV ratio の低下が大きかった症例では、拡張末期容量がほぼ不変で、駆出率が増加することにより 1 回拍出量が軽度増加し、心

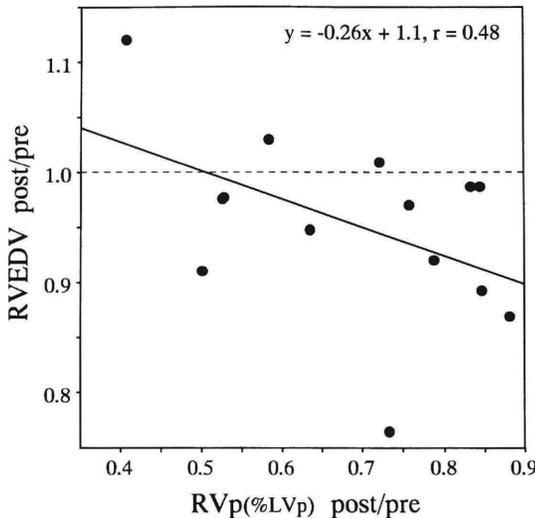


図 3 RV/LV ratio の BPA 前後比と拡張末期容量の BPA 前後比との関係。

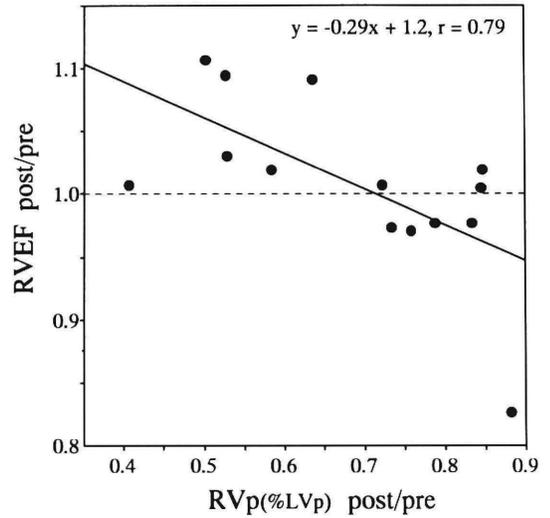


図 4 RV/LV ratio の BPA 前後比と駆出率の BPA 前後比との関係。右室圧の低下が大きかった症例で駆出率は増加する傾向を認めた。

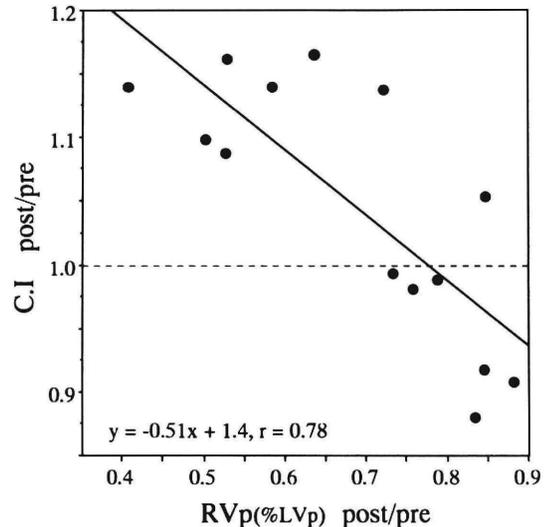


図 5 RV/LV ratio の BPA 前後比と右室造影から求めた心係数の BPA 前後比との関係。RV/LV ratio の低下が大きかった症例では心係数は増加し、低下の少なかった症例では心係数は不変または低下していた。

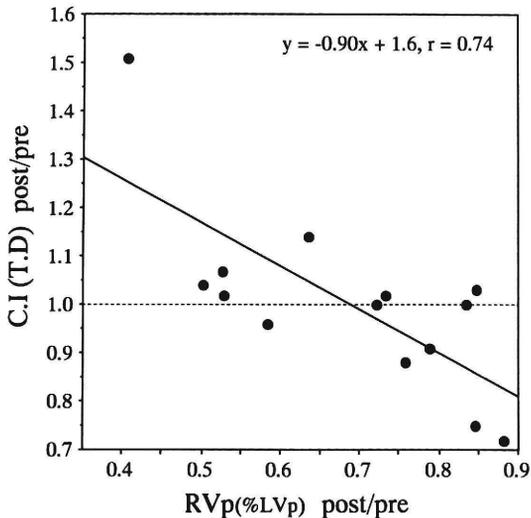


図6 RV/LV ratioのBPA前後比と熱希釈法から求めた心係数のBPA前後比との関係。右室造影から求めた場合と同様の結果が得られた。

拍数の増加と相まって心係数は増加する傾向がみられるのに対し、RV/LV ratioの低下が少なかった症例では、拡張末期容量が減少し、収縮末期容量が変化しないため1回拍出量は低下し、心拍数の増加と相殺して心係数の増加はみられなかったと考えられる。

3. 熱希釈法から求めた心係数の変化

BPA前の熱希釈法から求めた心係数は $3.3\text{L}/\text{min}/\text{m}^2 \sim 5.3\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ (平均 4.5 ± 0.66)で心係数が正常以下に低下していた症例はなく、BPA後も $2.8\text{L}/\text{min}/\text{m}^2 \sim 5.9\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ (平均 4.5 ± 0.90)と正常以下に低下した症例はなかった。BPA前後のRV/LV ratioの比をx軸に取り、BPA前後の心係数の比をy軸に取り、両者の関係調べると図6のようになり、心容積の検討と同様にBPA後にRV/LV ratioが低下した症例では心係数は不変または増加を示し、逆に低下が少なかった場合には心係数は低下する傾向がみられた ($y = 0.90x + 1.6$, $r = 0.74$)。

考 察

今回、Jatene手術後の肺動脈狭窄に対しBPAを施行した症例についてBPA前後の右心容積特性と心拍出量を計測し、有効な肺動脈狭窄解除がなされた場合にどのような変化がおきるかについて検討した。

今回の検討は心血管造影を用いた検討で、当然、造影剤の心機能への影響を考慮しなければならない。造影剤注入時の心機能については、心臓カテーテル法を

用いた心機能分析法の発達当初から検討されており、心室容量の少量の増加とわずかな拡張末期圧の上昇がおこるとされている⁹⁾。しかし、近年は、低浸透圧成造影剤が用いられているので、その影響は少ないと考えられる。ちなみに、我々は、造影剤ioxaglate(商品名Hexabrix320)注入後3分間の血行動態を調べたが、同造影剤は心拍数、右室拡張末期圧、左室拡張末期圧に有意の影響を及ぼさないという結果であった¹⁰⁾。

以前、松本らは肺動脈弁狭窄症に対するバルーン拡張術前後の右心機能を調べ、術前の右室圧が高い例で術後の右室駆出率が上昇する(63%が66%へ)ことを示した⁷⁾。今回の結果でも、右室圧の低下が大きかった症例で駆出率は増加するという傾向を認めた。また今回の検討では、問題となるほどの心係数の低下を招いた症例はなく、RV/LV ratioの低下の大きかった症例では心係数の増加をみたが、RV/LV ratioの低下が少なかった症例では逆に軽度の心係数の低下をきたした。心係数の低下する原因として、RV/LV ratioの低下の大小によりBPA前後の心容積の変化に違いが認められ、これを検討した。

今回の検討においては、ほとんどの症例で心拍数の増加を認めた。この原因としては、内因性カテコラミンの影響なども考えられるが、心拍数の増加がアトロピン投与後、しかもBPAの施行前より起こっていることからアトロピンの効果が最も可能性が高い。硫酸アトロピン投与前後の心機能の変化と類似した状況としては、心房ペースングにより心拍数を変化させた場合が考えられる。ペースング時の心容積の変化は、心拍数の増加に伴い、拡張時間の短縮から拡張末期容積の減少が生じ、心係数は不変または軽度増加に留まるとされている¹¹⁾。今回のRV/LV ratioの低下が少なかった症例での変化はこれと同様の变化と考えられた。これに対し、RV/LV ratioの低下が大きかった症例では拡張末期容積が不変で、駆出率が増加する傾向がみられた。拡張末期容積が減少しない理由としては、右心後負荷の減少に伴い肺血流量の増加が可能となり、ひいては体血流量の増加から右心房への還流量が増加することが推測される。

今回の検討は、症例が少ないこと、心拍数の増加にばらつきがあることなど検討上問題があると考えられる。しかし、BPA前後の心機能を検討することは、開心術前後の心機能を調べるのに比較して、開心に伴う侵襲がないため後負荷解除による心機能の変化を調べるうえで有用と考えられた。

結 語

Jatene 手術後の肺動脈狭窄に対して BPA を施行し、その前後の心機能の変化について検討した。BPA による臨床上問題となる心機能の悪化はなく、有効な狭窄の解除がなされた症例では心係数の増加を得た。この心係数の増加は、心拍数が増加しているにもかかわらず拡張末期容積の減少がなく 1 回拍出量が増加することが原因であった。

文 献

- 1) Losay J, Planche C, Gerardin B, Lacour-Garyet F, Bruniaux J, Kachaner J: Midterm surgical results of arterial switch operation for transposition of great arteries with intact septum. *Circulation* 1990; 4: 146—150
- 2) Norwood WI, Dobell AR, Freed MD, Kirklin JW: Intermediate results of the arterial switch repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 96: 854—863
- 3) Wernovsky G, Hougen TJ, Walsh EP, Sholler GF, Colan SD, Sanders SP, Parness IA, Keane JF, Mayer JE, Jonas RA, Castaneda AR, Lang P: Midterm results after the arterial switch operation for transposition of the great arteries with intact ventricular septum: Clinical, hemodynamic, echocardiographic, and electrophysiologic data. *Circulation* 1988; 77: 1333—1344
- 4) Yamaguchi M, Hosokawa Y, Imai Y, Kurosawa H, Yasui H, Yagihara T, Olamoto F, Wkaki N: Early and midterm results of the arterial switch operation of the great arteries in Japan. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 2: 261

—269

- 5) Paillole C, Sidi D, Kachaner J, Planche C, Belot JP, Villain E, Le Bidois J, Piechaud JF, Pedroni E: Fate of pulmonary artery after anatomic correction of simple transposition of great arteries in newborn infants. *Circulation* 1988; 78: 870—876.
- 6) Nakanishi T, Matsumoto Y, Seguchi M, Nakazawa M, Imai Y, Momma K: Balloon angioplasty for post operative pulmonary artery stenosis in transposition of the great arteries. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 859—866.
- 7) 松本康俊, 中沢 誠, 門間和夫: Jatene 手術後の肺動脈狭窄10例に対する経皮的バルーン形成術の有用性に関する検討. *日小循誌* 1992; 8: 288—293
- 8) Nakazawa M, Marks RA, Isabel-Jones J, Jarmakani JM: Right and left ventricular volume characteristics in children with pulmonary stenosis and intact ventricular septum. *Circulation* 1976; 53: 884—890
- 9) Graham TP, Lewis BW, Jarmakani MM, Canent RV, Paul Capp M: Left heart volume and mass quantification in children with left ventricular pressure overload. *Circulation* 1970; 41: 203—212
- 10) 富田 齊, 相羽 純, 里見元義, 中西敏雄, 中沢 誠, 門間和夫, 高尾篤良: 新しい低浸透圧性造影剤 ioxaglate の使用経験. *小児科臨床* 1988; 41: 1385—1390
- 11) 木全心一, 中沢 誠: 心機能の臨床. *中外医学社* 1983; 110—117

The Change of Cardiac Volume during Balloon Angioplasty to Treat Pulmonary Stenosis after Arterial Switch Operation

Nobuo Momoi, Toshio Nakanishi, Makoto Nakazawa and Kazuo Momma

Department of Pediatric Cardiology, Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College

We measured cardiac function of the patients with pulmonary stenosis following arterial switch operation before and after balloon pulmonary angioplasty (BPA).

Right ventricular pressure (RVp) was shown in ratio of left ventricular pressure (LVp).

No patient became seriously worse with cardiac function during BPA.

In the patients whose RV/LV ratio was decreased, there was no change in end-diastolic volume (EDV) during BPA, though heart rate increased by atropine sulfate which was injected just before BPA; it caused the increase of ejection fraction (EF) and cardiac index (CI). In the patients whose RV/LV ratio was not decreased, EDV decreased after BPA as heart rate increased: it cause no change or decrease with CI.