

大動脈縮窄に対する経皮的バルーン血管形成術の成績 - 特に血圧の変化について -

田中 敏克¹⁾, 富田 英¹⁾, 小野 安生¹⁾, 八木原俊克²⁾
木村 晃二³⁾, 越後 茂之¹⁾

Key words :

大動脈縮窄, バルーン血管形成術, 高血圧

国立循環器病センター小児科¹⁾, 心臓血管外科²⁾,
放射線診療部³⁾

Balloon Angioplasty in Children with Coarctation of the Aorta: Long-term Results on Blood Pressure

Toshikatsu Tanaka,¹⁾ Hideshi Tomita,¹⁾ Yasuo Ono,¹⁾ Toshikatsu Yagihara,²⁾
Kohji Kimura,³⁾ and Shigeyuki Echigo¹⁾

Department of ¹⁾Pediatrics, ²⁾Cardiovascular Surgery, and ³⁾Radiology, National Cardiovascular Center, Osaka, Japan

Background: Although balloon angioplasty (BA) is an effective treatment for coarctation of the aorta (CoA), hypertension may persist after BA. Although several studies have examined change in the pressure gradient after this procedure, little information is available concerning changes in blood pressure after BA.

Methods: We analyzed changes in blood pressure following BA in 19 patients with CoA (9 native, 10 postoperative) who were followed up for at least three years (average, 7 years) at the outpatient clinic. As a rule, follow-up catheterization was performed one year after BA. Blood pressure in excess of the 95th percentile for the patient's age, sex, and height was defined as hypertension. In the analysis of factors affecting blood pressure after BA, patients who were hypertensive after BA, excluding one patient who became normotensive after surgery, were divided into two groups based on the last outpatient systolic blood pressure measurement (hypertensive group and normotensive group), and we attempted to determine the presence of factors that might affect blood pressure after BA by comparing the two groups.

Results: Of 19 patients, 17 patients were hypertensive before BA. Of these 17 patients, three patients became normotensive immediately after BA. By the time of follow-up catheterization, performed one year after BA as a rule, two additional patients had become normotensive; however, 12 patients remained hypertensive. At the last visit to the outpatient clinic, 6 to 12 patients remained hypertensive, while 6 patients had become normotensive. Of these 6 patients who were normotensive, one patient became normotensive after surgery, and this patient was excluded from the analysis. Thus, there were six patients in the hypertensive group and 10 patients in the normotensive group. Systolic blood pressure gradient immediately after BA was significantly higher in the hypertensive patients ($p < 0.05$). There was no significant difference in other factors such as duration of follow-up, pressure gradient before BA, age at BA, body weight at BA, and aortic diameter at stenosis before and after BA. Of the six hypertensive patients, two had a pressure gradient at follow-up catheterization of less than 10 mmHg.

Conclusions: Patients with a significant pressure gradient may remain hypertensive after BA and should be observed with particular care. Patients may remain hypertensive although the pressure gradient is not significant. Some hypertensive patients improve gradually if the pressure gradient is not significant after BA. Patients who undergo BA should be followed-up for at least two years, and, if patients remain hypertensive, further evaluation to clarify the cause of hypertension should be carried out.

要 旨

背 景：大動脈縮窄に対するバルーン血管形成術(BA)は有効な治療法であるが、外科治療同様、高血圧が残存する症例をしばしば経験する。BA後の圧較差の変化に関する検討は多数みられるが、血圧に関して検討した報告は少ない。本研究では、BAの治療成績と、それが血圧に与える影響を中心に検討した。

方 法：対象は、BAを行い、後にフォローアップのカテーテル検査(原則としてBAの1年後)を施行し、さらに3

平成13年3月26日受付
平成14年6月3日受理

別刷請求先：〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路上る梶井町465
京都府立医科大学小児疾患研究施設内科部門 田中 敏克

年以上(平均7年)外来で血圧のフォローアップができた19症例(未手術9例,術後10例)である。年齢別,性別,身長別平均血圧と比較して,上肢収縮期血圧 95パーセントイルを高血圧,<95パーセントイルを正常血圧とみなし,BA前に高血圧であった症例(外科手術後に正常血圧となった1例を除く)について,フォローアップ外来最終受診時における血圧が高血圧のままであった高血圧群と,正常血圧へと改善した正常血圧群の2群に分けて,高血圧持続の要因について検討した。

結果:19症例中BA施行前,高血圧が17例,正常血圧が2例であった。3例がBA直後に正常血圧となった。高血圧が持続した14例のうち,フォローアップカテーテル時も高血圧であったのは12例であった。12例のうち,最終外来受診時に高血圧であったのは6例で,5例は自然経過で正常血圧となり,1例は外科手術後に正常血圧となった。すなわち,BA前に高血圧であった17例のうち,最終外来受診時にも高血圧を認めたのは6例,正常血圧は11例であった。BA施行前に高血圧がみられた17例から手術後に正常血圧となった1例を除いた16例を,高血圧群6例,正常血圧群10例に分けて,BA後の血圧を規定する因子を検討した結果,BA直後の圧較差が高血圧群で有意に高値であった($p<0.05$)。その他の因子については有意差を認めなかった。高血圧群6例の中には,フォローアップカテーテル時の圧較差が10mmHg未満の症例が2例みられた。正常血圧群10例のうち5例は,フォローアップカテーテル時には高血圧であったが,BA後約2年を経て改善し,その後も正常血圧であった。

結論:大動脈縮窄に対するBA後に高血圧を残存させないためには,何より縮窄部の圧較差を少なくすることがもっとも求められることであるが,一方,圧較差が十分低下していても高血圧が残存する症例もあり,注意が必要である。また,高血圧が残存しても,次第に改善していく症例もあり,その評価には2年以上経過をみる必要がある。BA後2年以上経過しても高血圧が残存している症例では,その後も高血圧が続く可能性が高いと考えられ,降圧剤の投与開始や,圧較差が残存する症例については再BAあるいは外科手術を考慮する必要があると考えた。

はじめに

大動脈縮窄術後の再狭窄に対する経皮的バルーン血管形成術(BA)の安全性・有効性は確立されてきており^{1,2)},また,未手術例における有用性も報告されている³⁻⁵⁾。しかし,外科治療同様,高血圧が残存する症例をしばしば経験する。圧較差の変化に関する検討は多数みられるが,血圧に関して検討した報告は少ない。Witsenburgらの術後再狭窄に対するBAの検討では,血圧はBA後有意に低下し,術式の違いによる影響はみられなかったと報告している⁶⁾。また,Schraderらの青年および成人の未手術例に対するBAの分析では,対象の86%に高血圧を認めたが,BA後のフォローアップ時には79%が正常血圧となった⁷⁾。どちらの報告にも,高血圧が残存する症例が存在するが,その要因に関する検討はされていない。本研究では,高血圧残存の要因に注目し,大動脈縮窄に対するBAが血圧に与える影響を中心に検討した。

対 象

BAを行った症例のうち,後にフォローアップのカテーテル検査(原則としてBAの1年後)を施行し,その後さらに3年以上(平均7年)外来で血圧のフォローアップができた19症例(未手術9例,術後10例)(Table 1)を分析の対象とした。BAからフォローアップのカテーテ

ル検査までの期間は49日から1,405日(平均415日,中央値376日)であった。BA前後およびフォローアップカテーテル時の圧較差,狭窄部径,収縮期血圧の分析についてはこれら全例のデータを用いた。以下に述べる最終外来受診時に高血圧を残す要因の分析のためには,BA前に正常血圧であった2例と,フォローアップカテーテル後に手術となった1例(症例2)を除いた16例を対象とした。

方 法

BAは,気管内挿管による人工呼吸管理を行いつつ,全身麻酔下にて大腿動脈を穿刺し,逆行性にアプローチした。バルーン径は原則として横隔膜位の大動脈径とした。狭窄部前後の圧較差,狭窄部径,上肢の収縮期血圧について,BA前,後,フォローアップカテーテルの時点で比較した。フォローアップカテーテル時の麻酔はチオペンタールナトリウムによる静脈麻酔または局所麻酔のみとした。圧測定はWater-filledカテーテルを使用した。上肢の収縮期血圧はマンシットで計測した。BA前後およびフォローアップカテーテル時の血圧は入院中に日中に安静仰臥位で1回測定し,2~3日間の平均値を用いた。外来での経過観察では1回の測定値を使用した。年齢別,性別,身長別正常予測血圧⁸⁾からパーセントイルを算出し,上肢の収縮期血圧 95パーセントイルを高血圧,<95パーセントイルを正常血

Table 1 Patients

Patient	Age at BA	Weight at BA	Concurrent conditions	Operative case	Age at operation	Type of operation	Period since operation
1	12y11m	42	nil	no			
2	2y11m	15	nil	no			
3	4y 6m	17	DORV, PDA	yes	21d	SFA	4y 5m
4	11y11m	33	VSD, AS	yes	2m	EEA	11y 8m
5	14y10m	32	PDA, MR	yes	10m	EEA	14y
6	11y11m	46	nil	no			
7	2y 1m	11	VSD, PDA	no			
8	3y10m	17	small PDA	no			
9	11y 5m	33	AS slight	yes	3m	EEA	11y 1m
10	13y 8m	46	VSD, PDA	yes	1m	SFA	13y 7m
11	14y 3m	49	nil	no			
12	14y 0m	37	VSD, PDA	yes	1m	SFA	13y11m
13	10y 4m	33	VSD	yes	13d	SFA	10y 4m
14	1y10m	12	VSD	yes	11d	EDA	1y10m
15	10y 3m	35	nil	yes	1m	SFA	10y 1m
16	1y11m	13	nil	yes	9d	EDA	1y11m
17	2y 8m	13	nil	no			
18	11m	10	nil	no			
19	5y 6m	17	nil	no			

BA: balloon angioplasty, DORV: double outlet right ventricle, PDA: patent ductus arteriosus, VSD: ventricular septal defect, AS: aortic valve stenosis, MR: mitral valve regurgitation, ASD: atrial septal defect, SFA: subclavian flap angioplasty, EEA: traditional end-to-end anastomosis, EDA: extended direct anastomosis

圧に分類し，BA前，後，フォローアップカテーテル時および最終外来受診時における高血圧および正常血圧の症例数を調べ，BA後の血圧の経過とそれを規定する因子を検討した．BA施行前に高血圧であった17例のうち，手術後に正常血圧となった1例(症例2)を除いた16例を，フォローアップ外来最終受診時にも高血圧のままであった高血圧群6例と，正常血圧に改善していた正常血圧群10例の2群に分け，フォローアップ期間，BA前，後，フォローアップ時の圧較差，BA前と後，前とフォローアップ時の狭窄部径の比，BA施行時の年齢，体重について比較検討した．3群間の比較には重複測定分散分析法およびPost-hocテスト(FisherのPLSD)，2群間の比較にはt検定を用い， $p<0.05$ を有意とした．

結 果

BA前，後，フォローアップカテーテル時の全症例の圧較差はそれぞれ 34 ± 14 mmHg， 19 ± 15 mmHg， 16 ± 13 mmHgであった．BA後，有意に圧較差は減少した($p<0.01$)．フォローアップカテーテル時の圧較差も，BA前と比較すると有意に低かったが($p<0.01$)，BA後と比較すると有意の低下はなかった(Fig. 1)．

狭窄部径は 5.1 ± 2.3 mm， 7.6 ± 2.7 mm， 8.9 ± 3.6 mm

であった．BA後，狭窄部径は有意に増加した($p<0.01$)．フォローアップカテーテル時の狭窄部径も，BA前および後と比べ有意に増加した($p<0.01$ および $p<0.05$ ，Fig. 2)．

上肢の収縮期血圧は 131 ± 17 mmHg， 123 ± 15 mmHg， 122 ± 16 mmHgであった．BA後，血圧は有意に低下した($p<0.01$)．フォローアップカテーテル時の血圧もBA前と比較すると有意に低かったが($p<0.01$)，BA後と比較すると有意な差はなかった(Fig. 3)．

19症例中BA施行前，高血圧が17例，正常血圧が2例であった．高血圧がみられた17例のうち3例がBA後，正常血圧になった．高血圧が持続した14例のうち，フォローアップカテーテル時も高血圧であったのは12例，正常血圧となったのが2例であった．最終外来受診時に高血圧を認めたのは6例，正常血圧は11例であった(Fig. 4)．

BA後の血圧を規定する因子を検討した結果，フォローアップ期間では有意差はなかった．BA前の圧較差にも有意差を認めなかったが，BA後の圧較差は高血圧群で有意に高値であった($p<0.05$)．フォローアップカテーテル時の圧較差は，高血圧群の方が大きい傾向がみられたが有意ではなかった．狭窄部径のBA前後および前とフォローアップカテーテル時の比(後/前および

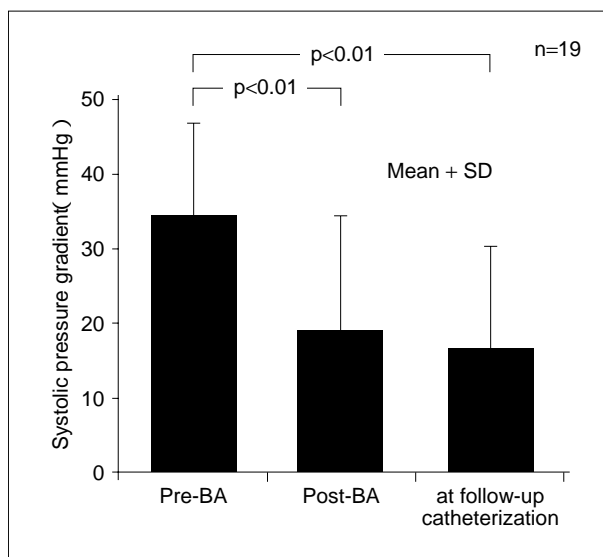


Fig. 1 Comparison of systolic blood pressure gradients pre- and post-BA and at follow-up catheterization.

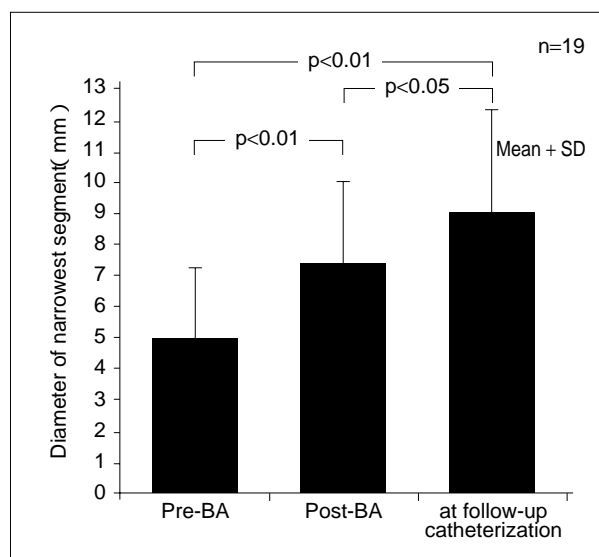


Fig. 2 Diameter of the narrowest segment pre- and post-BA and at follow-up catheterization.

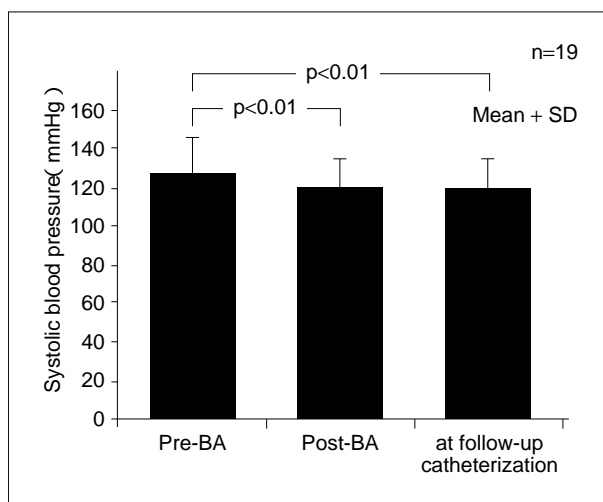


Fig. 3 Upper arm systolic blood pressure measured using mercurial manometry pre- and post-BA and at follow-up catheterization.

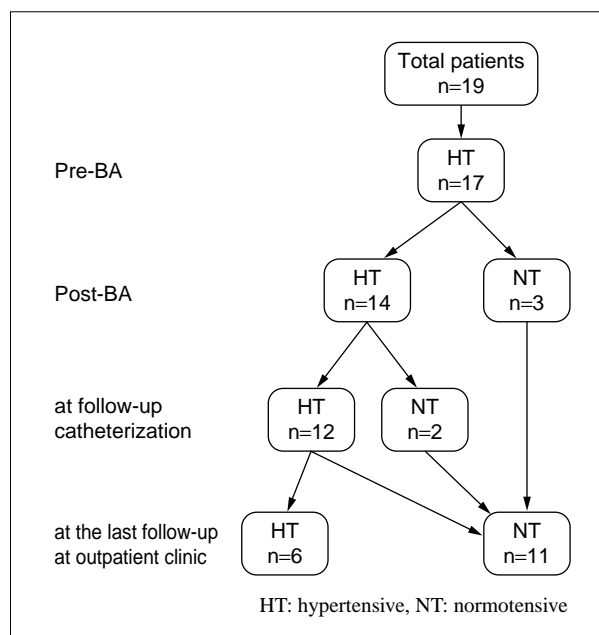


Fig. 4 Number of hypertensive patients pre- and post-BA, at follow-up catheterization, and at the last outpatient follow-up.

フォローアップ/前)についても有意差はなかった。BA施行時の年齢および体重については、高血圧群の方が大きい傾向がみられたが有意差はなかった (Table 2)。高血圧群 6 例の中には、フォローアップカテーテル時の圧較差が10mmHg未満の症例が 2 例みられた (Table 3)。

フォローアップカテーテル時に高血圧が残存していた12例 (症例 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 18) の経過をみると、症例 1, 10, 13, 14はBA後 5 年以

上の期間にわたって経過観察したが、高血圧が持続した。症例 1, 10には降圧剤を投与した。症例16にはBA後 1 年に再BAを施行したが、以後も高血圧が続いた。症例 2 と 6 には手術を施行し、症例 2 は手術後改善し、症例 6 は術後も高血圧を認めた。症例 3, 5, 7, 11, 18はいずれも降圧剤の投与なしでBA後約 2 年を経て改善し、その後も正常血圧であった (Fig. 5)。

Table 2 Comparison of normotensive and hypertensive groups at last outpatient follow-up assessment

	Hypertensive group n=6	Normotensive group n=10	Statistical significance
Duration of follow-up(years)	6.3 ± 2.2	6.2 ± 2.0	NS
Systolic pressure gradient before BA(mmHg)	31 ± 15	31 ± 9.1	NS
Systolic pressure gradient after BA(mmHg)	27 ± 16	12 ± 11	p<0.05
Systolic pressure gradient at follow-up catheterization(mmHg)	19 ± 12	11 ± 9.3	NS
Ratio of diameters of narrowest segment post-, pre-BA	1.6 ± 0.30	1.7 ± 0.51	NS
Ratio of diameters of narrowest segment follow-up catheterization: pre-BA	1.6 ± 0.60	2.0 ± 0.81	NS
Age at BA(years)	8.8 ± 5.5	7.1 ± 5.2	NS
Weight at BA(kg)	31.9 ± 16.0	23.4 ± 13.1	NS

NS: not significant

考 察

圧較差の低下，狭窄部の拡大などの点からみれば，従来の報告にみられるごとく，大動脈縮窄に対するBAは，術後の再狭窄例のみならず未手術例においても有効であった．一方，上肢の収縮期血圧も有意に低下したが，血圧の絶対値が低下しても，その年齢における正常な血圧と比較して高値であれば，長期予後を考えると十分な効果が得られたとはいえない．対象の年齢分布が幅広いこと，また，経過観察中に血圧は生理的にも変動するため，年齢，性別，身長を対応させた正常予測値を基準として，それぞれの症例の血圧を評価するのが適切であると考えられる．

対象とした19症例中，BA前の血圧において正常域の症例が2例あったが，いずれも圧較差が20mmHg以上であったため，BAの適応とした．BA前の血圧が高血圧域にあった症例では，BA直後に血圧が正常化する症例がある一方，2年前後の経過で正常化する症例，正常域まで低下しない症例もあった．BA前に高血圧であった症例を，フォローアップ外来最終受診時の血圧が高血圧のままであった高血圧群と，正常血圧であった正常血圧群の2群にわけた比較検討では，BA前の圧較差は高血圧群と正常血圧群とで差はなく，BA前の圧較差からは高血圧が持続するかどうかの予測は困難であった．BA後の圧較差については，高血圧群で有意に大きく，最終的に高血圧が続くかどうかの予測因子としてBA後の圧較差の程度は重要であると考えられた．一方フォローアップカテーテル時の圧較差では，高血圧群で大きい傾向がみられたが有意差はなかった．また，高血圧群の中には圧較差が10mmHg未満と十分に低下している症例が2例みられ，最終的に圧較差がわずかであっても高血圧が持続

Table 3 Changes in systolic pressure gradient in hypertensive patients

Patient	Pre-BA	Post-BA	at follow-up catheterization
1	51	45	23
6	23	16	26
10	31	31	21
13	20	6	4
14	20	16	7
16	47	37	34

(mmHg)

する場合もあることが示された．BAによってどの程度狭窄部が拡大されたかを評価するため，狭窄部径の比についても検討したが有意差はなかった．また，BAを施行した年齢，体重については，高血圧群の方が大きい傾向はみられたが有意差はなかった．BA前後の縮窄部の形態，高血圧の罹病期間なども高血圧の予後と関係する可能性もあるが，これらについては今回は検討していない．

短期的にみて，フォローアップのカテーテルまでに血圧が正常化しなかった例でも，中長期的にみれば，正常域に入る症例があることも示されたが，BA後2年以上経過した症例では，その可能性は低くなると考えられた．大動脈縮窄術後の高血圧の原因の1つとして，狭窄部前の血管の伸展性の障害が考えられている⁹⁾．今回の検討から，伸展性の障害が軽度あるいは可逆的な症例は1~2年を経て正常化し，高度あるいは不可逆的な症例は高血圧が持続することも推察される．したがって，BA施行後約2年間は，自然に改善することを期待して経過観察し，これ以降も高血圧が残存している症例については，降圧剤の投与や，圧較差が残っている症例については再BAまたは外科手術による狭窄部

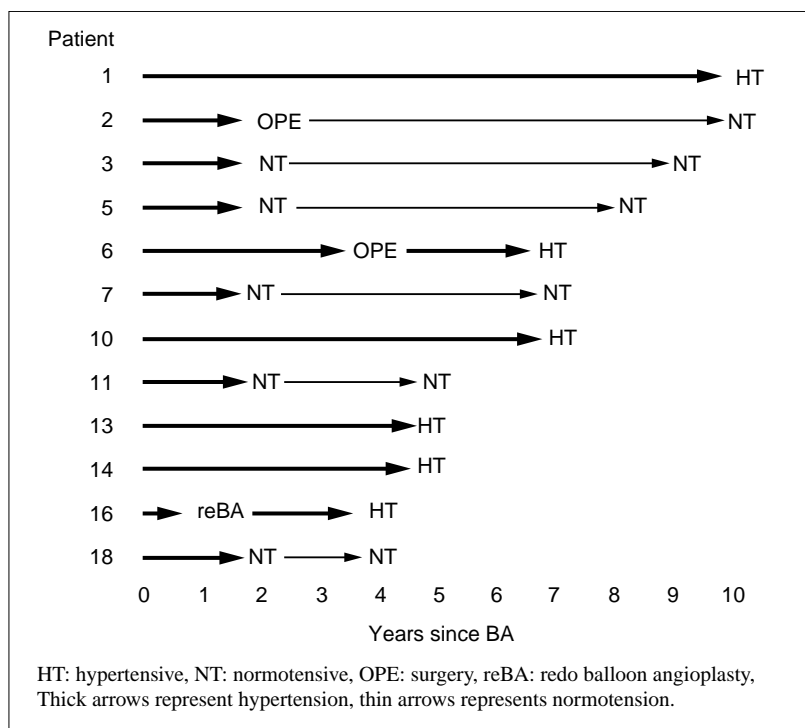


Fig. 5 Outcome of 12 patients who were hypertensive at follow-up catheterization.

拡大術を行うのがよいと考える。

今回の検討では、安静時の血圧の変化のみを検討した。良好に縮窄が解除され、安静時には高血圧を認めない症例でも、運動時には高血圧が出現することがあることが報告されている¹⁰⁾。運動時の血圧応答、圧較差などについても今後は検討する必要があると考える。

結 論

大動脈縮窄に対するBA後には、圧較差や収縮期血圧の絶対値の変化のみでなく、年齢、性、体格と対応させた正常血圧からみた高血圧という観点での経過観察が必要と考える。また、再BAの適応も圧較差と高血圧という2つの観点から考慮すべきである。圧較差が十分に低下した症例でも高血圧が持続する場合もあり、慎重な経過観察が必要である。血圧についてはBA後少なくとも2年間は注意深く経過をみるのがよいと考える。

【参考文献】

- Hijazi ZM, Fahey JT, Kleinman CS, et al: Balloon angioplasty for recurrent coarctation of aorta. Immediate and long-term results. *Circulation* 1991; 84: 1150-1156
- Siblini G, Rao PS, Nouri S, et al: Long-term follow-up results of balloon angioplasty of postoperative aortic recoarctation. *Am J Cardiol* 1998; 81: 61-67
- 高室基樹, 富田 英, 東館義仁, ほか: 未手術の大動脈縮窄 (native CoA) に対する経皮的バルーン血管形成術 (会議録). *日小循誌* 1998; 14: 722-723
- Mendelsohn AM, Lloyd TR, Crowley DC, et al: Late follow-up of balloon angioplasty in children with a native coarctation of the aorta. *Am J Cardiol* 1994; 74: 696-700
- Park Y, Lucas VW, Sklansky MS, et al: Balloon angioplasty of native aortic coarctation in infants 3 months of age and younger. *Am Heart J* 1997; 134: 917-923
- Witsenburg M, The SH, Bogers AJ, et al: Balloon angioplasty for aortic recoarctation in children: initial and follow up results and midterm effect on blood pressure. *Br Heart J* 1993; 70: 170-174
- Schrader R, Bussmann WD, Jacobi V, et al: Long-term effects of balloon coarctation angioplasty on arterial blood pressure in adolescent and adult patients. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1995; 36: 220-225
- Report of the Second Task Force on Blood Pressure Control in Children-1987. Task Force on Blood Pressure Control in Children. National Heart, Lung, and Blood Institute, Bethesda, Maryland. *Pediatrics* 1987; 79: 1-25
- Gardiner HM, Celermajer DS, Sorensen KE, et al: Arterial reactivity is significantly impaired in normotensive young adults after successful repair of aortic coarctation in childhood. *Circulation* 1994; 89: 1745-1750
- Guenthard J, Wyler F: Exercise-induced hypertension in the arms due to impaired arterial reactivity after successful coarctation resection. *Am J Cardiol* 1995; 75: 814-817