

狭窄性病変の圧較差測定に対する全身麻酔が及ぼす影響

森 保彦¹⁾, 里見 元義¹⁾, 安河内 聡¹⁾, 清水 隆¹⁾
原田 順和²⁾, 竹内 敬昌²⁾, 滝口 信²⁾, 井上 秀範²⁾

Key words :

カテーテルインターベンション, 圧較差,
麻酔

長野県立こども病院循環器科¹⁾, 同心臓血管外科²⁾

Effect of General Anesthesia on Measurement of Pressure Gradient across Stenotic Valves

Yasuhiko Mori,¹⁾ Gengi Satomi,¹⁾ Satoshi Yasukochi,¹⁾ Takashi Shimizu,¹⁾ Yoshikazu Harada,²⁾
Takamasa Takeuchi,²⁾ Makoto Takiguchi,²⁾ and Hidenori Inoue²⁾

Departments of Pediatric Cardiology¹⁾ and Cardiovascular Surgery,²⁾ Nagano Children's Hospital, Nagano, Japan

Background: During catheter intervention under general anesthesia, we often find a decrease in the pressure gradient (PG) as compared with that measured by Doppler echocardiography before cardiac catheterization.

Aim: To determine the effect of general anesthesia on the measurement of PG across stenotic valves.

Methods: Twenty-four consecutive patients were enrolled, 15 with pulmonary valve stenosis (PS) and 9 with aortic valve stenosis (AS). PG across the stenotic valve was measured directly by a water-filled catheter system under general anesthesia with sevoflurane. PG also was measured by Doppler echocardiography during sleep induced by trichlorofos sodium and under general anesthesia. Stroke volume (SV) was calculated as the product of the time integral of velocity and the cross-sectional area of left ventricular outflow under anesthesia and without anesthesia. Results were compared by paired t-test, and $p < 0.01$ was considered statistically significant.

Results: (1) PG across the stenotic valve was smaller when obtained by a catheter system under general anesthesia (34.1 ± 14.2 mmHg) than by Doppler echocardiography without anesthesia ($p < 0.01$). (2) PG was smaller as determined by Doppler echocardiography under general anesthesia (40.4 ± 14.1 mmHg) than without anesthesia (53.1 ± 15.5 mmHg) ($p < 0.01$). (3) SV was also smaller under anesthesia (35.0 ± 17.1 ml/m²) than without anesthesia (52.6 ± 24.6 ml/m²) ($p < 0.01$).

Conclusion: General anesthesia decreases SV and thus causes a decrease in PG. Therefore, care should be taken when deciding the indications for catheter intervention on the basis of PG data obtained under general anesthesia.

要 旨

背 景：先天性心疾患の狭窄性病変に対するカテーテルインターベンションを行う際、全身麻酔下での圧較差が、術前に経胸壁エコーで測定した圧較差に比べ低値を示すことをしばしば経験する。

目 的：弁性の狭窄性病変の圧較差測定に対して、全身麻酔が及ぼす影響を検討する。

対象と方法：肺動脈弁狭窄症15例、大動脈弁狭窄症9例を対象とした。セボフルレンによる全身麻酔下で心臓カテーテル検査を行い、狭窄部の圧較差を直接測定した。また同部の圧較差を経胸壁エコーの連続波ドプラにて、安静覚醒時またはトリクロホスナトリウムによる安静睡眠時と、セボフルレンによる全身麻酔下において測定した。さらに心拍出量を安静時と全身麻酔下において、経胸壁エコーを用いて大動脈弁弁口面積と同部を通過する血流速度波形の時間積分値より求めた。それぞれの結果をpaired t-testにより比較した。

結 果： 全身麻酔下圧較差(実測： 34.1 ± 14.2 mmHg)は、安静時圧較差(ドプラ： 54.0 ± 14.5 mmHg)に比べ、有意に低下していた($p < 0.01$)。全身麻酔下圧較差(ドプラ： 40.4 ± 14.1 mmHg)も同様に、安静時圧較差(ドプラ)に比べ、有意に低下していた($p < 0.01$)。全身麻酔下1回拍出量(35.0 ± 17.1 ml/m²)は、安静時1回拍出量(52.6 ± 24.6 ml/m²)に比べ、有意に低下していた($p < 0.01$)。

平成15年5月23日受付

別刷請求先：〒569-8686 大阪府高槻市大学町 2-7

平成16年5月28日受理

大阪医科大学小児科学教室 森 保彦

結論：全身麻酔下では、圧較差が安静時での圧較差より減少しており、その原因の一つとして心拍出量の減少が示唆された。全身麻酔下でカテーテルインターベンションを行う場合の適応の決定に際して、考慮すべき点であると考えられる。

背景

バルーンカテーテルを用いた血管形成術の進歩に伴って、先天性心疾患のうち、狭窄病変に対し外科的治療に替わって、カテーテルインターベンションが積極的に行われるようになってきた。小児においては安静を保ち、安定した呼吸条件下で行うために、気管内挿管下静脈麻酔や吸入麻酔など、深い麻酔深度が得られる麻酔下で施行されている。現在、カテーテルインターベンション治療の適応の決定に際し、インターベンション前のカテーテルによるpeak to peakの圧較差を参考にすることが多い。しかし、術前の安静覚醒時、または経口睡眠剤による睡眠下で測定した圧較差に比べて、静脈麻酔、または吸入麻酔下において測定した実測値が低値を示すことをしばしば経験する。この差が何に起因するものであるか、従来の方法がカテーテルインターベンション治療の適応の決定において妥当であるかどうかを明らかにするために本研究を行った。

対象

対象は1995年2月～1999年1月に長野県立こども病院において弁性の狭窄病変を有し、カテーテルインターベンションを前提として、気管内挿管を行い、全身麻酔下で心臓カテーテル検査を施行された患児24例である。年齢は生後3カ月～14歳(平均3歳1カ月)であり、疾患は肺動脈弁狭窄症(PS)15例、大動脈弁狭窄症(AS)9例である。

方法

1. 術前圧較差および心拍出量の測定

4歳以上の7例は安静覚醒時に、4歳未満の17例はトリクロホスナトリウムによる睡眠下に術前圧較差および1回拍出量の測定を行った。

圧較差測定の方法は経胸壁エコーを行い、連続波ドブラを用いて狭窄部を通過する最大血流速度(V)を求め、簡易ベルヌーイ式より圧較差 $PQ(\text{mmHg}) = 4 \times [V(\text{m/sec})]^2$ として求めた。

1回拍出量は経胸壁エコーにて、大動脈弁開口面積(AS)についてはその狭窄部の面積)と同部を通過する血流速度波形の時間積分値(TVI)をパルスドブラまたは連続波ドブラを用いて測定し、それらの積により測定した。大動脈弁開口面積は、B-モード長軸像にて弁口

の直径を測り、オリフィスを円形と仮定して求めた。また、ドブラの計測部位は大動脈弁弁口部で流体の中心線上にとった。

2. 心臓カテーテル検査

心臓カテーテル検査では、狭窄部位前後の引き抜きにより圧較差を求めた。なお、術前心エコーから心臓カテーテル検査までの期間は全例48時間以内であった。

全身麻酔は、気管内挿管前に静脈麻酔(ジアゼパム、塩酸ペチジン)、筋弛緩剤(臭化ベクロニウム)を投与し、挿管後は吸入麻酔(セボフルレン：使用量2～3%)を用いて行った。

以上により安静時の圧較差(またはトリクロホスナトリウム睡眠下圧較差：ドブラ)と全身麻酔下での圧較差(実測)をpaired t-testにより比較した。さらに13例において心臓カテーテル検査中に、カテーテル検査前に行った安静時の経胸壁エコーと全く同じ方法(ドブラのビームアングルやサンプルポイントの位置など)で経胸壁エコーを行い、上記の方法にて全身麻酔下圧較差(ドブラ)を安静時の値とpaired t-testにより比較した。また、同様に9例において1回拍出量を測定し、安静時の値とpaired t-testにより比較した。 $p < 0.05$ をもって有意と判定した。

結果

1. 安静時圧較差(ドブラ)と全身麻酔下圧較差(実測)の比較

全身麻酔下心臓カテーテルで測定したpeak to peakの実測圧較差($34.1 \pm 14.2\text{mmHg}$)は、安静時に経胸壁エコーで測定した圧較差($54.0 \pm 14.5\text{mmHg}$)と比し、 $62.5 \pm 19.2\%$ に減少した(Fig. 1 $\checkmark p < 0.01$)。

2. 安静時圧較差(ドブラ)と全身麻酔下圧較差(ドブラ)の比較

心臓カテーテル検査中に経胸壁エコーを行った13例において、経胸壁エコーで狭窄部の圧較差を測定し、安静時に経胸壁エコーで測定した圧較差と比較した。その結果、心臓カテーテルで実測した結果と同様に、全身麻酔下で測定したドブラ法で求めた圧較差($40.4 \pm 14.1\text{mmHg}$)は、安静時の圧較差($53.1 \pm 15.5\text{mmHg}$)と比し、 $75.5 \pm 13.6\%$ に減少した(Fig. 2 $\checkmark p < 0.01$)。

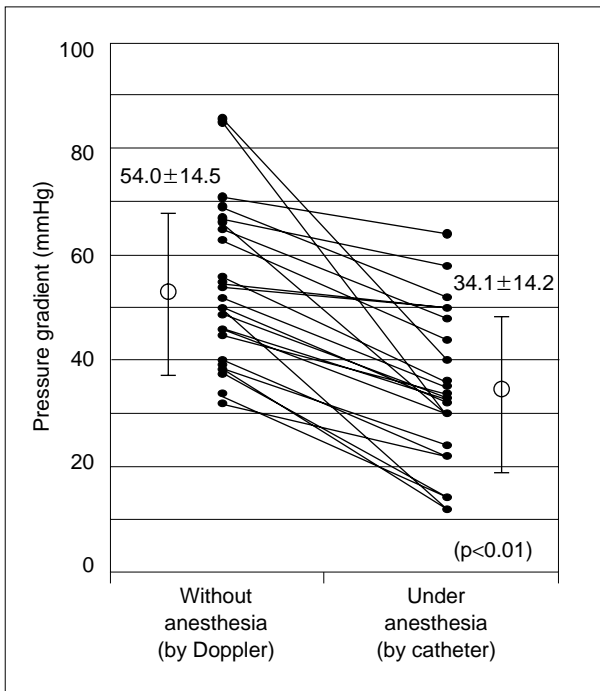


Fig. 1 Pressure gradient without general anesthesia measured by Doppler echocardiography and under anesthesia directly measured by water-filled catheter system.

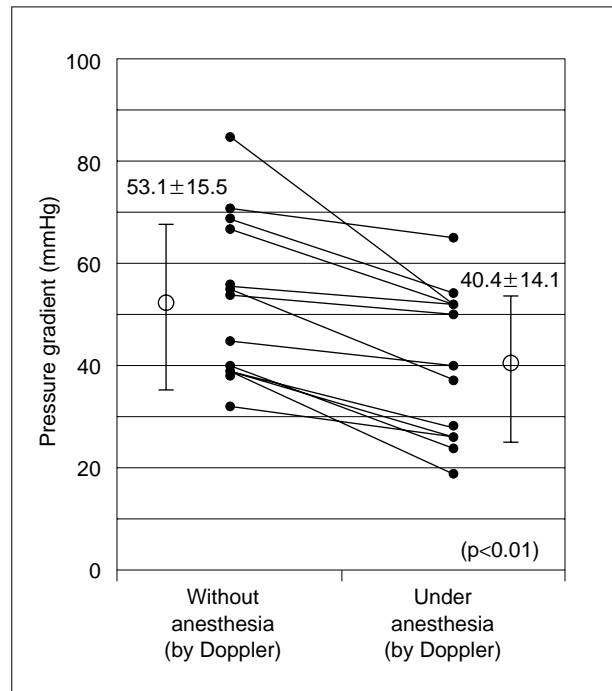


Fig. 2 Pressure gradient without and under general anesthesia measured by Doppler echocardiography.

3. 安静時 1 回拍出量と全身麻酔下 1 回拍出量の比較

心臓カテーテル検査中に経胸壁エコーを行い 1 回拍出量を測定した 9 例において、安静時に経胸壁エコーにて測定した 1 回拍出量と比較した。いずれの症例も安静時 ($52.6 \pm 24.6 \text{ ml/m}^2$) に比べ、全身麻酔下での 1 回拍出量 ($37.5 \pm 15.8 \text{ ml/m}^2$) は $73.6 \pm 12.5\%$ に減少した (Fig. 3) ($p < 0.01$)。なお、1 回拍出量を測定し得た 9 例は、いずれも大動脈弁閉鎖不全の合併は認められていなかった。

考 察

1982年にKanらが肺動脈弁形成術の最初の報告をして以来¹⁾、カテーテルインターベンションの技術の発展に伴って、先天性心疾患のうち狭窄性病変に対しバルーン拡大術が外科手術に替わって積極的に行われるようになった。PSに対する外科的治療はカテーテル治療に取って代われ、現在では小児から成人まで年齢にかかわらず行われている²⁾。PSの治療の適応に関して、HayesらはPS 586例の手術後および非手術後の自然歴を発表しており、それによれば右室 - 肺動脈圧較差 50mmHg以下の症例の大部分は手術せず、その生存率は健常人群の生存率と変わらなかったと報告し、圧較差 50mmHg以上のPSに治療を行う方針でよいと結論づけて

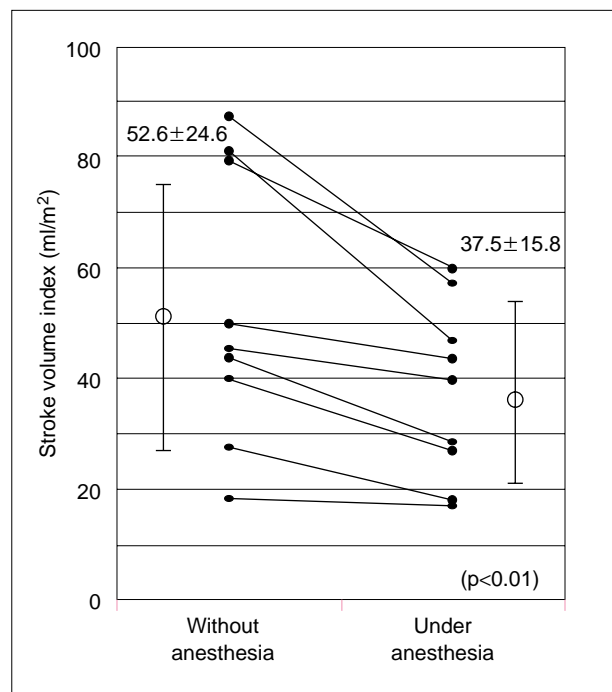


Fig. 3 Stroke volume without and under general anesthesia.

Table 1

	Age	Stenosis	PG without anesthesia (by Doppler) (mmHg)	PG under anesthesia (by catheter) (mmHg)	PG under anesthesia (by Doppler) (mmHg)	SV without anesthesia (ml/m ²)	SV under anesthesia (ml/m ²)
1	5y	AS	67	58	52	87.5	57.1
2	7y	AS	38	14	28	45.3	39.7
3	1m	AS	32	22	26	18.6	17.2
4	4m	AS	85	30	52	81.2	46.8
5	1y 5m	PS	69	52	54	43.9	28.6
6	10m	PS	54	50	50	79.5	59.8
7	6m	PS	56	36	52	50.0	43.6
8	1y 11m	PS	55	50	37	27.8	17.9
9	2y 9m	AS	66	30			
10	6m	AS	71	64	65	40.0	27.1
11	3m	AS	86	40			
12	3m	PS	46	30			
13	2y 9m	PS	39	24	26		
14	2m	PS	63	44			
15	4y	PS	40	22	24		
16	1y 2m	PS	45	34	40		
17	4y	PS	39	12	19		
18	6m	PS	52	35			
19	10m	PS	50	12			
20	1m	PS	49	32			
21	11y	PS	46	33			
22	1y 2m	PS	65	48			
23	4y	PS	34	14			
24	5y	PS	50	32			

AS: aortic stenosis, PS: pulmonary stenosis, PG: pressure gradient, SV: stroke volume

いる³⁾。圧較差50～30mmHgの症例に対する治療方針はいまだ議論のあるところであるが、心電図の右室肥大所見などを参考にしながら、カテーテル治療の適応が決定されている^{4, 5)}。

小児の大動脈弁狭窄症(AS)に対しても、バルーン拡大術が積極的に行われるようになってきており、バルーンのサイズに留意することにより、少ない合併症で良好な成績が得られている^{6, 7)}。その適応は左室-大動脈圧較差が50mmHg以上であること、大動脈弁逆流がSellers分類II度以上でないこととされている⁸⁾。

狭窄性病変に対するカテーテルインターベンションの適応の決定の際には、術前に心臓超音波検査が行われ、狭窄部位の圧較差が測定される。その後、静脈麻酔または吸入麻酔下にて心臓カテーテル検査を行い実測すると、術前に推定した圧較差に比べて低値を示すことをしばしば経験する。実際、境界病変に対しては

治療を実施するか否かの決定に難渋することもある。今回、弁性の狭窄性病変を有し当院にて心臓カテーテル検査を施行された24例で検索したところ、全身麻酔下で測定した圧較差の実測値は、安静時に行ったドブラ法に比べ全例で低値を示した(Fig. 1)。現在、カテーテルインターベンションの適応決定において用いられているのは、カテーテルでの引き抜き圧であり、これはpeak to peakの圧較差である。一方、ドブラによって測定した圧較差は瞬間的な圧較差の最大値を反映している。瞬間的な圧較差の最大値はpeak to peakの圧較差より大きくなるため、カテーテル検査における圧較差の実測値とドブラによる測定値との差の要因として考えられる。また、ドブラ計測に内在する(Reynolds数の関与)圧較差の過大評価の可能性も要因の一つとして考えられる。しかし、安静時に行った経胸壁エコーと同じ方法で、カテーテル検査中に経胸壁エコーにて測定

した圧較差は、やはり安静時に比較して全例低値を示した(Fig. 2)。これはカテーテルとドブラの検査法の特性の違い以外にも原因があることを示唆する。心臓カテーテル検査を行うまでの48時間以内に狭窄病変が変化する可能性は低いと考えられるので、圧較差は狭窄部位を通過する血流量に規定される。この結果は、全身麻酔下でのカテーテル検査時の心パフォーマンスが安静時のものと異なっており、それにより圧較差が低値を示している可能性を示唆していると推測された。そこで1回拍出量に着目して、9症例において測定を行ったところ、いずれの症例も安静時に比べ全身麻酔下での1回拍出量は有意に低い値を示した(Fig. 3)。全身麻酔下でのカテーテル検査の実測値と安静時のドブラによる測定値の差は、従来から指摘されているピーク圧と随時圧の差やReynolds数による影響に加えて、全身麻酔下での心パフォーマンスの変化、ことに1回拍出量の減少が関与していることが示唆された。全身麻酔下における1回拍出量の減少の原因としては、投与薬剤による心筋収縮力抑制が考えられる。従来全身麻酔に用いられてきた吸入麻酔薬に心筋収縮力抑制作用があることは知られているが^{9, 10)}、新世代の吸入麻酔薬であるセボフルレン、イソフルレンに関しても同様に報告されている^{11, 12)}。他の要因として考えられるものに、全身麻酔によって得られる麻酔深度による必要代謝量の減少、絶飲食と経静脈投与水分量の制限から来る心臓に対する前負荷の減少、また人工呼吸器管理下における、陽圧呼吸による静脈帰来量の減少などが考えられる。このいずれか、または複数の要因が重なって、1回拍出量の減少につながっていると考えられるが、どの要因が最も影響を及ぼしているかは、今後の課題である。

今回の結果では、経胸壁エコーによって測定された1回拍出量、圧較差ともに低下を認めたが、全身麻酔による1回拍出量の低下率と圧較差の低下率には、高い相関関係は得られなかった。その理由として経胸壁エコーによる1回拍出量測定に誤差が生じている可能性、または症例数の少なさが挙げられる。今後症例数を増やし、さらなる検討が必要と考える。

今回の結果より、日常生活における血行動態に比し、全身麻酔下での心パフォーマンスでは狭窄病変の圧較差を低く評価している可能性があり、カテーテルインターベンションの適応の決定に際して考慮すべき点であると考えられた。また今後さらに、カテーテルインターベンションの適応に関しては、どのような条件の下で測定したどの程度の圧較差が実際の臨床状

と最も合致するかを、多角的にかつ前方視的に検討することが必要と考えられる。

結 語

全身麻酔下では狭窄病変の圧較差は安静時より減少していることが分かった。その原因の一つとして、全身麻酔下における1回拍出量の減少が示唆された。狭窄病変に対する心臓カテーテルインターベンションにおいて、圧較差が術前測定値より低い値が得られた際、その適応の決定に際して考慮すべき点であると考えられる。

【参考文献】

- 1) Kan JS, White RI Jr, Mitchell SE, et al: Percutaneous balloon valvuloplasty: A new method for treating congenital pulmonary-valve stenosis. *N Engl J Med* 1982; 307: 540-542
- 2) Chen CR, Cheng TO, Huang T, et al: Percutaneous balloon valvuloplasty for pulmonic stenosis in adolescents and adults. *N Engl J Med* 1996; 335: 21-25
- 3) Gersony WN, Hayes CJ, Driscoll DJ, et al: Second natural history study of congenital heart defects. Quality of life of patients with aortic stenosis, pulmonary stenosis, or ventricular septal defect. *Circulation* 1993; 87 (2 Suppl): I52-65
- 4) 中西敏雄: 肺動脈弁におけるカテーテル治療の適応と限界. *循環器科* 1993; 34: 282-287
- 5) 中西敏雄, 門間和夫: 弁形成術. *循環器学* 1993; 13: 786-791
- 6) Witsenburg M, Cromme-Dijkhuis AH, Frohn-Mulder IM, et al: Short- and midterm results of balloon valvuloplasty for valvular aortic stenosis in children. *Am J Cardiol* 1992; 69: 945-950
- 7) O'Connor BK, Beekman RH, Rocchini AP, et al: Intermediate-term effectiveness of balloon valvuloplasty for congenital aortic stenosis. A prospective follow-up study. *Circulation* 1991; 84: 732-738
- 8) 中西敏雄, 松本康俊, 小田川康久, ほか: 左室流出路狭窄に対する経皮的バルーン拡張術. *心臓* 1993; 25: 1020-1028
- 9) 米村栄滋, 中村匡信, 福島和昭: 心エコー法による麻酔中の左心機能の評価. *麻酔* 1982; 31: 705-712
- 10) Gerson JI, Gianaris CG: Echocardiographic analysis of human left ventricular diastolic volume and cardiac performance during halothane anesthesia. *Anesth Analg* 1979; 58: 23-29
- 11) 島田宗明: 心エコー法による各種吸入麻酔薬(イソフルレン, セボフルレン, エンフルレン, ハロセン)が心機能に及ぼす影響について. *日臨麻会誌* 1989; 9: 32-41
- 12) Malan TP Jr., DiNardo JA, Isner RJ, et al: Cardiovascular effects of sevoflurane compared with those of isoflurane in volunteers. *Anesthesiology* 1995; 83: 918-928