

## 手術時体重2,000g未満の高肺血流型先天性心疾患に対する肺動脈絞扼術

土肥 善郎, 大嶋 義博, 島津 親志, 三崎 拓郎

富山大学医学部第一外科

## Key words :

pulmonary artery banding , low body weight infant , congenital heart diseases , surgical intervention

## Pulmonary Artery Banding in Infants Weighing Less Than 2,000 g

Yoshio Doi, Yoshihiro Ooshima, Chikashi Shimazu, Takurou Misaki

First Department of Surgery, Toyama University, Toyama, Japan

**Background:** Pulmonary artery banding following Trusler criteria does not improve congestive heart failure in low-body-weight infants with congenital heart disease.

**Methods:** The subjects were 4 consecutive patients with congenital heart disease seen from January 2001 to March 2005. All 4 weighed less than 2,000 g and included 3 cases of VSD and one of DORV. Mean body weight at operation was 1.65 kg. Palliative surgery was selected for the following reasons: infectious disease: 2, necrotizing enterocolitis: 1, and respiratory bleeding: 1. Thin-wall ePTFE graft was used for the banding tape. Pulmonary artery banding was performed under  $FiO_2 = 1.0$  and end-tidal  $CO_2 = 35$  mmHg; then the banding tape was tightened until  $SpO_2$  reached approximately 95%. Flow velocity at the banding portion was measured by epicardial echocardiography.

**Results:** The circumference of the banding tape ranged from 15 mm to 17 mm. Heart failure was improved in all cases. Flow velocity at the banding site ranged from 3.4 to 4.1 m/sec at the operation theater, and  $SpO_2$  at 7 days after operation was from 83% to 93%. All patients were alive and underwent definitive repair. Mean interval to definitive repair was 5.3 months, and mean body weight was 3.5 kg.

**Conclusions:** Pulmonary artery banding will achieve a body weight of 3 kg at definitive repair with a circumference of 15 mm, and more weight gain can be expected with a circumference of 16 mm to 17 mm.

## 要 旨

背景：低体重児においてはTruslerの基準に準じた肺動脈絞扼術での心不全軽減効果は十分でない。

目的：低体重児における肺動脈絞扼術の至適条件について検討した。

対象と方法：2001年1月～2005年3月までに手術を施行した手術時体重2,000g以下の肺動脈絞扼術症例4例を対象とした。心室中隔欠損症3例，両大血管右室起始症1例，手術時体重は平均1.65kgであった。全例胸骨正中切開にてアプローチし， $FiO_2$ を100%，end-tidal  $CO_2$ を35mmHgの条件下で絞扼を行い， $SpO_2$ が95%前後を目標に絞扼を調節した。

結果：肺動脈絞扼は外周15～17mmで行い再手術例はなかった。術中経心表面心臓エコー検査で測定した絞扼部位の血流速度は3.4～4.1m/sec，第7病日での $SpO_2$ はroom airで83～93%であった。全例が根治的手術に到達し，次段階手術までの期間は平均5.3カ月で，根治手術時体重は平均3.5kgであった。

結論：周径15mmの絞扼にて根治手術時体重は3kgに達し，周径16～17mmの絞扼ではさらなる体重増加が期待できるものと思われた。

## はじめに

高肺血流型先天性心疾患症例において，全身状態が不良な症例や人工心肺の使用が適切でないと考えられる合併症を有する症例においては肺動脈絞扼術が選択

される。肺動脈絞扼はTruslerの基準<sup>1)</sup>を目安に行われることが多いが，低体重量例ではその基準に準じた絞扼では心不全が十分軽減されないことを経験する。今回，両心室修復可能な先天性心疾患を有する手術時体重2,000g以下の症例における肺動脈絞扼術の至適条件に

平成18年7月21日受付

別刷請求先：〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1

平成18年12月4日受理

東京大学医学部胸部外科 土肥 善郎

Table 1 Pulmonary artery banding in infants weighing less than 2,000 g

Disease	
VSD (perimembranous type)	3
DORV (subaortic type)	1
Age at operation (day)	38.0 (23–65)
Body weight at operation (kg)	1.65 (1.3–1.9)
Gestational age (weeks)	36.1
Preoperative state	
Mechanical ventilation	2
Infection of unknown origin	2
18-trisomy	2
Pulmonary bleeding	1
Necrotizing enterocolitis	1
Body weight at operation < 1,500 g	1

VSD: ventricular septal defect, DORV: double outlet right ventricle

について検討した。

#### 対 象

2001年1月～2005年3月までに当科で施行した手術時体重2,000g以下の症例は4例であった。疾患は心室中隔欠損症(VSD)3例, 両大血管右室起始症(DORV)1例であった。手術時年齢は平均38日(23～65日), 手術時体重は平均1.65kg(1.3～1.9kg)であった。術前に全身状態不良と肺出血のため2例で人工呼吸器管理を要し, また遺伝子異常(18-trisomy)を2例にみとめていた。姑息術を選択するに至った主たる理由は, 全例で心不全が高度で体重増加が見込めなかったことに加え, 部位特定不明の感染症の遷延: 2例, 壊死性腸炎発症の既往: 1例, 気道出血の既往: 1例であったが, 遺伝子異常の存在も検討の要因であった(Table 1)。

#### 方 法

全例正中切開にて手術を施行した。絞扼にはthin wallのePTFE graftから作製した2mm幅のテープを用いた。絞扼を行う直前に一時的にFiO<sub>2</sub>を100%, end-tidal CO<sub>2</sub>を35mmHg程度の換気条件とし肺血管抵抗を低下させた状態で絞扼を行った。絞扼は外周18mmから開始し, SpO<sub>2</sub> 95%を目標に絞扼長を調節した。SpO<sub>2</sub> 85%以下は絞扼が高度と判断し絞扼を緩めた。絞扼の客観的指標として経心表面心臓エコー検査にて絞扼部で血流速度を測定, 3.0m/sec以下は絞扼が不十分と考え, 約0.5mmずつ絞扼を強めた。

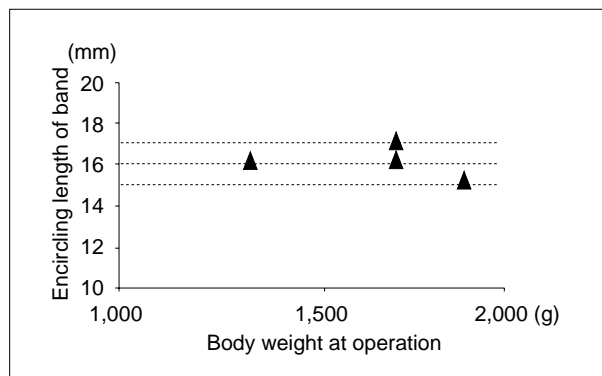


Fig. 1 Body weight and encircling length of band.

#### 結 果

外周15～17mmの絞扼長にて肺動脈絞扼術を施行した(Fig. 1)。絞扼後のSpO<sub>2</sub>は95～97%, 経心表面心臓エコー検査で測定した絞扼部位での血流速度は3.4～4.1m/secであった。第7病日でのSpO<sub>2</sub>はroom airで83～93%であり, 再手術例はなかった。遺伝子異常をみとめた2症例では心不全は軽減したものの気管軟化症による抜管困難症となり, 長期人工呼吸器管理を必要としたものの全例で次段階手術までに抜管は可能であった。全例が根治手術に到達し, 次段階手術までの期間は平均5.3カ月(1～8カ月), 根治手術時体重は平均3.5kg(3.2～4.3kg)であった(Table 2, Fig. 2)。

#### 考 察

手術技術の向上, 補助循環の進歩により先天性心疾患に対しては積極的に人工心肺使用下に根治手術が施行されるようになってきたが, 全身状態が不良な症例や人工心肺の使用が適切でないと考えられる合併症を有する症例では姑息的手術の選択が余儀なくされる。肺動脈絞扼術は高肺血流型先天性心疾患の姑息手術として行われる術式であるが, 術後も心不全が十分軽減されなかったり, 低酸素血症が高度であったり術後に再度絞扼の調節を要することもあり, いかに肺血流を適切に調節するかが今なお問題となっている。術後の肺血管抵抗の低下に伴う肺血流の変化に対処するべく術後に体外から絞扼を調節できるよう種々の方法が考案されてきたが, 近年有効性をみとめるdeviceが報告され, 成績の向上に寄与しようとしている<sup>2,3)</sup>。しかし, これも低体重症例に対する応用は現在のところなく, やはり手術的な絞扼の調節が重要であり, 有用な指標の確立が求められる。

Table 2 Pulmonary artery banding and postoperative course

Cases	Weight at op. (kg)	Age at op. (kg)	Circumference of band (mm)	SpO <sub>2</sub> after PAB (%)	Flow velocity after PAB (m/sec)	SpO <sub>2</sub> at 7 POD (%)	Interval to DR (mo)	Weight at DR (kg)
DORV	1.3	65	16	95	3.4	87	7	4.3
VSD	1.7	27	17	97	3.9	93	8	3.3
VSD	1.7	36	16	96	4.1	89	5	3.2
VSD	1.9	23	15	95	4.0	83	1	3.0
Mean	1.65	37.8	16	95.8	3.9	88	5.3	3.5

低体重は開心術の危険因子か否かに関してはいくつかの報告<sup>4-8)</sup>があり、手術時体重2,500g以下の先天性心疾患症例の外科治療成績は許容できるものとされるが、病院死亡は6~19%、遠隔期死亡は20~43%と報告され、その成績は決して良好とはいえない。さらに、2,000g以下の症例に限った場合、その成績はさらに低下するものと思われる。それゆえ、われわれは2,000g以下の症例には姑息手術を行うこととしている。

これまで肺動脈絞扼術の術中管理に主眼がおかれた報告は少ない。われわれは、絞扼を行う際の換気条件が重要と考え、低体重児の肺動脈絞扼術は胸骨正中切開アプローチを選択、絞扼前に一時的にFiO<sub>2</sub> = 1.0, end-tidal CO<sub>2</sub>を35mmHg程度を目標に換気条件を変更、肺血管抵抗を減少させた状態で絞扼を行うこととしている。それゆえ絞扼後のSpO<sub>2</sub>は95%程度を目標とすることとなる。本疾患群においてもlow resistance strategy<sup>9)</sup>を適用することで周術期の管理が容易となり、成績の向上に寄与するものと考えている。

今回行った方法では心不全症状の軽減が得られたものの、若干絞扼が高度ではないかと危惧された。周径15mmで絞扼したVSD症例で、術後早期にSpO<sub>2</sub>の低下をみとめ第40病日に根治術を施行したが根治術時には体重は3.0kgまで増加しており、根治術は安全に施行可能であった。周径16mmで絞扼したDORV症例での体重増加は緩徐であったものの順調であった。18-trisomyの症例では気管軟化症に伴う呼吸障害をみとめ、栄養管理も十分行えなかったこともあり体重増加は良好とはいえなかったが、さらなる体重増加は可能な状態にあると考えられた。以上より、周径15mmの絞扼では根治術時体重は3kgに達し、これ以上の体重増加を期待する場合は周径16~17mmで絞扼するのがよいのではないかと考えられた。

低体重児に対してTruslerの基準が適応できない理由として肺動脈壁厚が関係しているのではないかと考えて

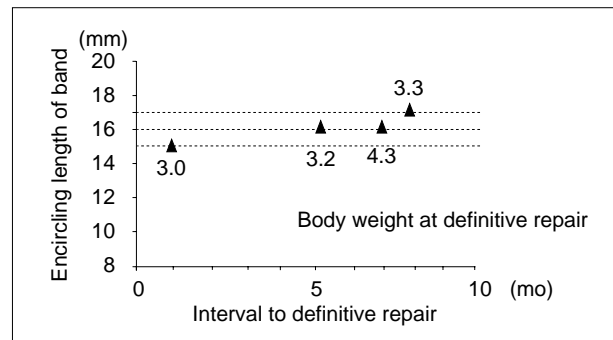


Fig. 2 Interval and body weight at definitive repair.

いる。絞扼時の肺動脈壁はその厚みに応じて絞扼長から算出される内径以上に内腔を狭小化するが、低体重児の肺動脈壁が薄い分、通常より絞扼を高度にする必要があるのではないかと推測している。

今回、18-trisomyの症例を2例経験した。18-trisomyの開心術に関する報告は少なく手術成績は良好とする報告もあるが<sup>10)</sup>、経過や遠隔期成績に関しては不明な点も多く、外科治療を行うか否かに関しては賛否両論である。本疾患群は生命予後は不良とされるが、生命予後を規定する因子が心疾患である場合は、心疾患の治療により延命が期待できることとなり外科治療も選択肢となる。これまで周術期の経過に関する報告はなく、どのような経過を辿るのかは疑問であったが、通常の管理で大きな問題となることはなかった。しかし、2例とも気管軟化症が原因と思われる抜管困難症により長期人工呼吸器管理を必要とした。幸い呼吸器感染症などの問題を生じることなく、また根治術までに抜管は可能となったものの、外科治療を行う際は長期挿管管理を考慮した治療計画が必要と思われた。また遠隔期の経過に関しては不明な点も多く、さらなる経過観察が必要である。

## 結 語

手術時体重2,000g以下の高肺血流型先天性心疾患症例4例に対し肺動脈絞扼術を施行した。周径15mmの絞扼にて根治手術時体重は3kgに達し、周径16～17mmの絞扼ではさらなる体重増加が期待できるものと思われた。

## 【参考文献】

- 1) Albus RA, Trusler GA, Izukawa T, et al: Pulmonary artery banding. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 88(5 Pt 1): 645–653
- 2) Bonnet D, Corno AF, Sidi D, et al: Early clinical results of the telemetric adjustable pulmonary artery banding FloWatch-PAB. *Circulation* 2004; 110(11 Suppl 1): II158–163
- 3) Corno AF, Prosi M, Fridez P, et al: The non-circular shape of FloWatch-PAB prevents the need for pulmonary artery reconstruction after banding. *Computational fluid dynamics and clinical correlations. Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 29: 93–99
- 4) Bove T, Francois K, De Groote K, et al: Outcome analysis of major cardiac operations in low weight neonates. *Ann Thorac Surg* 2004; 78: 181–187
- 5) Oppido G, Napoleone CP, Formigari R, et al: Outcome of cardiac surgery in low birth weight and premature infants. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; 26: 44–53
- 6) Reddy VM, Hanley FL: Cardiac surgery in infants with very low birth weight. *Semin Pediatr Surg* 2000; 9: 91–95
- 7) Reddy VM, McElhinney DB, Sagrado T, et al: Results of 102 cases of complete repair of congenital heart defects in patients weighing 700 to 2,500 grams. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 117: 324–331
- 8) Pawade A, Waterson K, Laussen P, et al: Cardiopulmonary bypass in neonates weighing less than 2.5 kg: Analysis of the risk factors for early and late mortality. *J Card Surg* 1993; 8: 1–8
- 9) Nakano T, Kado H, Shiokawa T, et al: The low resistance strategy for the perioperative management of the Norwood procedure. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 908–912
- 10) Graham EM, Bradley SM, Shirali GS, et al: Effectiveness of cardiac surgery in trisomies 13 and 18 (from the Pediatric Cardiac Care Consortium). *Am J Cardiol* 2004; 93: 801–803