

# 麻酔と蘇生

Anesthesia and Resuscitation

休刊最終号

Volume 55

Final edition for publication suspension

Number 1

March 2019

## 目次

### 臨床研究

頸椎症性脊髄症患者を対象とした挿管用デバイスの前向き比較研究 ——エアウェイスコープ™ vs スタイレットスコープ™——	平野 洋子, 他	1
麻酔科開設以来 50 年間の麻酔管理と使用麻酔薬の変遷	福田 秀樹, 他	5
無線 LAN により医療機器からの自動記録が可能になった オープン MRI 手術室での 25 症例の麻酔経験	石井 友美, 他	13
救急救命士が病院到着前に測定した患者の血糖値とその病態の検討	檜崎 壮志, 他	17
小児先天性心疾患手術に伴う肺コンプライアンスの変動に関する調査	北川麻紀子, 他	21
体位変換に伴う循環動態の腹臥位と膝胸位間での比較	三好 寛二, 他	25

### 症例報告

重症筋無力症患者に対してロクロニウムとスガマデクスを使用した 2 症例	大野 麻紀, 他	31
脊髄幹麻酔に起因する脊髄髄節性ミオクロヌスが疑われた 2 症例	田嶋 実, 他	35
脳深部刺激療法を留置したパーキンソン病患者の脊髄くも膜下麻酔中に ウェアリングオフ様症状と自律神経反射亢進症状を合併した 1 症例	田嶋 実, 他	39
抗生剤によるビタミン K 欠乏性凝固異常のために硬膜外カテーテル 抜去に難渋した 3 症例	平田 友里, 他	45
胸部硬膜外麻酔により Horner 症候群を呈した 1 例	横田真優子, 他	49

### 紹介

第64回 広島麻酔医学会抄録集		53
-----------------	--	----

### English Article

#### CLINICAL ARTICLE

Influence of Maternal Hypotension on Umbilical Artery pH in Parturients Undergoing Cesarean Section	Kana FUKUTOKU, et al	61
Relationship Between Age and Frequency of Side Effects Associated with Postoperative Analgesia	Hiroshi HAMADA, et al	67
Tactile Hypoesthesia Associated with Myofascial Trigger Points in Patients with Persistent Post-Mastectomy Pain —A Close Observation Study in A Case Series—	Katsuyuki MORIWAKI et al	71
Evaluation of Hemodynamics During Posture Change to Knee-Chest Position by FloTrac™	Hirotsugu MIYOSHI, et al	75
Precise Prediction of Right Atrium Position within Expiratory Phase Thorax	Hirotsugu MIYOSHI, et al	79



## 小児先天性心疾患手術に伴う肺コンプライアンスの変動に関する調査

北川麻紀子\*, 和泉 博通\*, 豊田有加里\*

**要旨**：3歳未満の心室中隔欠損症（VSD）根治術37例を対象に術中動肺コンプライアンス（Cdyn）の変動に関する後向き観察研究を行った。測定ポイントは手術開始時（Cdyn1）、人工心肺（CPB）開始前（Cdyn2）、CPB離脱直後（Cdyn3）、胸骨閉鎖前（Cdyn4）、胸骨閉鎖後（Cdyn5）とし、統計処理は危険率5%とした。その結果、Cdyn5はCdyn1よりも有意に高かった。Cdyn2~4に有意な変動を認め、Cdyn2, 3, 4の順に上昇していた。関連因子（月齢、性別、体重、染色体異常の有無、肺体血流比（Qp/Qs）、肺体血圧比（Pp/Ps）、平均肺動脈圧（mPAP）、CPB時間、大動脈遮断時間、CPB中水分バランス）毎に症例を2群に分けて $\Delta$ Cdyn（=Cdyn5-Cdyn1）を比較したところ、Qp/Qs、mPAPが高い群は低い群に比べ $\Delta$ Cdynが有意に低かった。 $\Delta$ Cdynと関連因子の重回帰分析ではmPAPが $\Delta$ Cdynに影響する有意な因子であった。VSD根治術によりCdynは有意な改善を認め、開胸中は経時的に上昇した。また、Qp/Qs、mPAPが高い症例はCdyn改善の度合いが低くなる可能性が示唆された。

**Key words**：肺コンプライアンス、先天性心疾患根治術、肺血流増加、肺体血流比、平均肺動脈圧

先天性心疾患に関する多くの研究において、肺血流の増加と肺動脈圧上昇が肺コンプライアンス低下に関与していることが示されており<sup>1-4)</sup>、肺血流増加や肺高血圧を伴う先天性心疾患では根治術により肺コンプライアンスの改善が期待される。一方で人工心肺による肺機能への悪影響に関しても多くの報告があり<sup>5-7)</sup>、術後肺コンプライアンス改善の予測は容易ではない。本研究では、心室中隔欠損症根治術前後の肺コンプライアンスに関する検討を行った。

## 方 法

2013年1月~2017年3月に当院で施行された3歳未満の心室中隔欠損症根治術37例（右心室流出路狭窄又は肺動脈狭窄を伴う症例、肺疾患を伴う症例、データ欠損を認めた症例を除外）を対象とし、術中肺コンプライアンス（以下Cdyn）に関する後向き観察研究を行った。なお、本研究は院内の倫理委員会による承認を得て行った（承認番号E171023-11）。

Cdynは、手術開始時（Cdyn1）、人工心肺開始前（Cdyn2）、人工心肺離脱直後（Cdyn3）、胸骨閉鎖前（Cdyn4）、胸骨閉鎖後（Cdyn5）を測定ポイントとし、麻酔記録に記載された最高気道内圧と1回換気量からCdyn（ml/cmH<sub>2</sub>O）=1回換気量（ml）/最高気道内圧（cmH<sub>2</sub>O）として算出した。

さらに関連因子として、月齢、性別、体重、染色体異常の有無、術前心臓カテテル検査所見（肺体血流比（Qp/Qs）、肺体血圧比（Pp/Ps）、平均肺動脈圧（mPAP））、術中の人工心肺時間（分）、大動脈遮断時間（分）、人工心肺中水分バランス（ml/kg）を調査した。

これらのデータに関して、根治術前後のCdynの比較

（Cdyn1とCdyn5）、開胸中のCdynの変動（Cdyn2~4）の解析を行った。さらに、根治術前後のCdynの変化度を $\Delta$ Cdyn=Cdyn5-Cdyn1と定義し、上記の関連因子毎に症例を2群（月齢：4ヶ月未満と4ヶ月以上、性別：男児と女児、体重：5kg未満と5kg以上、染色体異常：異常ありと異常なし、Qp/Qs：2未満と2以上、Pp/Ps：0.5未満と0.5以上、mPAP：25mmHg未満と25mmHg以上、人工心肺時間：100分未満と100分以上、大動脈遮断時間：60分未満と60分以上、人工心肺中水分バランス：0ml/kg未満と0ml/kg以上）に分け、 $\Delta$ Cdynの群別比較を行った。また、 $\Delta$ Cdynと関連因子の重回帰分析を行った。統計処理はt検定、反復測定分散分析、重回帰分析を用い、危険率は5%とした。

## 結 果

対象37例の患者背景と術前・術中データは、月齢 $5.9 \pm 4.9$ ヶ月、体重 $5.5 \pm 1.6$ kg、Qp/Qs  $2.7 \pm 0.9$ 、Pp/Ps  $0.62 \pm 0.25$ 、mPAP  $32.4 \pm 12.1$ mmHgであり、8例に染色体異常を認めた（表1）。全例、セボフルラン、フェンタニルあるいはレミフェンタニル、ロクロニウムを使用した全身麻酔で管理され、適正サイズの気管チューブを挿管された後、同一の麻酔器（Aestiva/5、GEヘルスケア・ジャパン株式会社）を用い、従圧式調節呼吸、呼気終末陽圧0で人工呼吸が行われていた。全例、メチルプレドニゾロン30mg/kg×2回とシベレスタットナトリウム0.2mg/kg/hが投与されていた。人工心肺離脱の際にはドパミン、ドブタミンによるサポートが行われ、34例でフロセミド20mgが投与されていた。全例、胸骨正中切開（胸骨全切開4例、胸骨部分切開33例）、軽度低体温心停止下に根治術が施行され、人工心肺離脱後に修正限外濾過が行われて

\* 医療法人あかね会 土谷総合病院麻酔科

表1 患者背景と術前・術中データ

月齢	5.9±4.9 (4.0)	
性別 (N, %)	男16 (43.2%)	女21 (56.8%)
体重 (kg)	5.5±1.6 (4.9)	
染色体異常 (N, %)	なし	29 (78.3%)
	21トリソミー	7 (18.9%)
	3番染色体短腕中間部欠損	1 (2.7%)
術前心臓カテーテル検査所見		
肺体血流比 (Qp/Qs)	2.7±0.9 (2.5)	
肺体血圧比 (Pp/Ps)	0.62±0.25 (0.6)	
平均肺動脈圧 (mPAP) (mmHg)	32.4±12.1 (30.0)	
手術時間 (分)	190±26 (186)	
人工心肺時間 (分)	104±21 (103)	
大動脈遮断時間 (分)	60±16 (62)	
人工心肺中最低体温 (°C)	33.6±1.0 (33.7)	
人工心肺中水分バランス (ml/kg)	-5.4±17.9 (-5.0)	

N=37, 平均±標準偏差(中央値)又は例数(%)

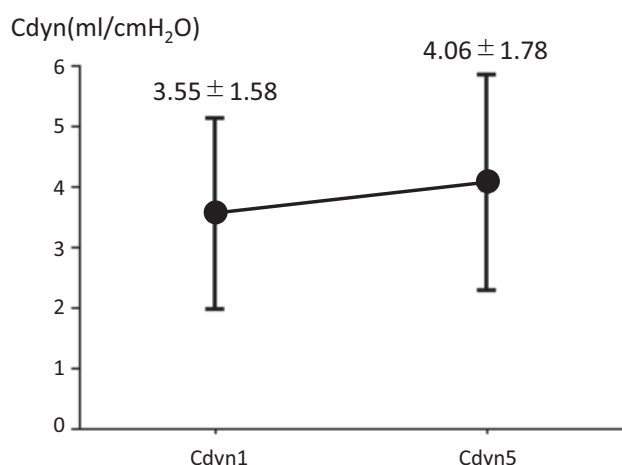


図1：根治術前後のCdynの比較  
(Cdyn1：手術開始時, Cdyn5：胸骨閉鎖後)

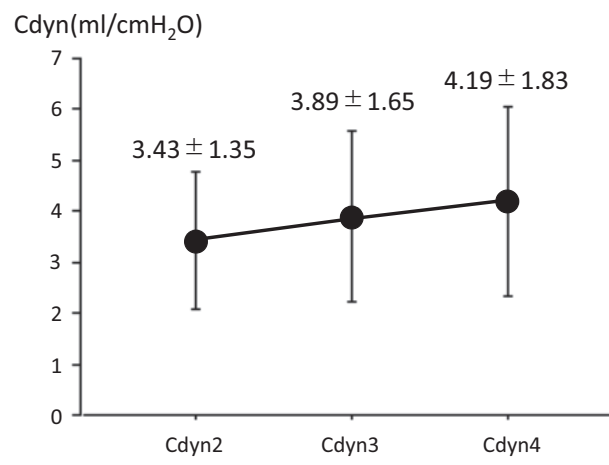


図2：開胸中のCdynの変動  
(Cdyn2：CPB開始前, Cdyn3：CPB離脱直後, Cdyn4：胸骨閉鎖前)

表2 関連因子毎のΔCdynの群別比較

関連因子	ΔCdyn (平均±標準偏差)		p		
月齢	<4ヶ月 (15例)	0.470±0.369	≥4ヶ月 (22例)	0.532±0.709	0.7579
性別	男児 (16例)	0.637±0.734	女児 (21例)	0.408±0.443	0.2484
体重	<5 kg (19例)	0.475±0.351	≥5 kg (18例)	0.541±0.776	0.7366
染色体異常	あり (8例)	0.678±0.583	なし (29例)	0.460±0.592	0.3622
肺体血流比 (Qp/Qs)	<2 (9例)	0.848±0.646	≥2 (28例)	0.398±0.536	0.0444
肺体血圧比 (Pp/Ps)	<0.5 (14例)	0.738±0.766	≥0.5 (23例)	0.366±0.407	0.0615
平均肺動脈圧 (mPAP)	<25 mmHg (13例)	0.777±0.783	≥25 mmHg (24例)	0.361±0.399	0.0380
人工心肺時間	<100分 (17例)	0.531±0.608	≥100分 (20例)	0.486±0.587	0.8195
大動脈遮断時間	<60分 (17例)	0.617±0.590	≥60分 (20例)	0.414±0.586	0.3016
人工心肺中水分バランス	<0 ml/kg (22例)	0.513±0.406	≥0 ml/kg (15例)	0.498±0.803	0.9375

いた。

根治術前後のCdynの比較では、Cdyn5はCdyn1よりも有意に高かった (p<0.0001, Cdyn1: 3.55±1.58, Cdyn5: 4.06±1.78 (ml/cmH<sub>2</sub>O)) (図1)。開胸中のCdynの変動の解析では、Cdyn2~4に有意な変動を認め (p<0.0001), Cdyn2, 3, 4の順に上昇する傾向があった (Cdyn2:

3.43±1.35, Cdyn3: 3.89±1.65, Cdyn4: 4.19±1.83 (ml/cmH<sub>2</sub>O)) (図2)。ΔCdynの関連因子毎の群別比較では、Qp/Qs, mPAPが高い群でΔCdynが有意に低かった (それぞれ p=0.0444, 0.0380) (表2)。ΔCdynと関連因子の重回帰分析では、mPAPがΔCdynに影響する有意な因子であった (p=0.0382, R=-0.342)。

## 考 察

本研究において、心室中隔欠損症根治術により肺コンプライアンスは有意に上昇した。左右シャントを伴う先天性心疾患に関する多くの研究において、肺血流の増加と肺動脈圧の上昇が肺コンプライアンスの低下に関与していることが示されており<sup>1-4)</sup>、これらの是正により肺コンプライアンスの改善が期待される。Goraieb らは、10歳未満の肺血流増加を伴う先天性心疾患に対する人工心肺使用下根治術を対象とした前向き研究において、全症例で手術終了時に肺コンプライアンスの上昇を認めたと報告している<sup>8)</sup>。一方で、人工心肺下手術により惹起される全身性炎症反応は諸臓器に種々の障害をもたらすが、特に肺への影響は大きいとされており<sup>6)</sup>、血液の人工物への接触、低体温、換気停止、ヘパリン・プロタミンの反応、心・肺虚血、全身麻酔、胸骨切開、開胸（胸膜損傷）等が要因となり、術後のガス交換能異常と肺機能低下が生じると言われている<sup>7)</sup>。Stayer らは1歳未満の先天性心疾患に対する人工心肺使用下心臓手術を対象とした大規模調査において、肺血流増加を伴う疾患群の新生児で術後に肺コンプライアンスの有意な上昇を認めたが、肺血流が正常あるいは減少している疾患群では術後に肺コンプライアンスの低下を認めたと報告している<sup>1)</sup>。以上から、肺血流増加をもたらす病態の是正による肺コンプライアンス改善効果は人工心肺下手術による肺機能への悪影響を凌駕するものと推測される。

また、本研究における開胸操作中の肺コンプライアンスの変動に関して、人工心肺離脱直後よりも胸骨閉鎖前の方が肺コンプライアンスは高い傾向にあった。人工心肺離脱後早期に無気肺の改善、気道分泌物の溶解、気道反応の改善、陽圧換気による間質浮腫の部分的な除去等が起こると言われており<sup>9)</sup>、本研究で認められた人工心肺離脱後の経時的な肺コンプライアンスの上昇にはこれらの一連の変化が関与していると考えられる。

肺コンプライアンスの改善度についての検討では、術前の Qp/Qs、mPAP が高い症例で肺コンプライアンスの改善度が低いという結果が得られ、また、関連因子に関する重回帰分析の結果、術前 mPAP が肺コンプライアンス改善度における有意な予測因子であった。Rabinovitch らは、肺血流増加を伴う先天性心疾患患者を対象とした肺血管変化の重症度と根治術後の肺高血圧の程度に関する研究において、術前 mPAP と術後1日目の mPAP との間に有意な正の相関を認めたと報告している。これは、肺血流増加を伴う先天性心疾患では血管平滑筋の増生により肺血管の反応性が亢進しており、術後早期の mPAP が上昇しやすくなるためと考えられている<sup>10)</sup>。本研究の対象症例においても、術前の肺血流増加・肺動脈圧上昇が高度である症例ほど術後早期の mPAP が上昇しやすいと予測され、そのために肺コンプライアンスの改善度が低くなったものと考えられる。

人工心肺下手術に伴う肺障害への対策として有効とされているものには、ヘパリン等の生体適合性のコーティング

剤を施した人工心肺回路の使用、限外濾過、過度の血液希釈の回避、開心術中の心嚢内血液の吸引・再輸血による影響の制御、コルチコステロイドやアプロチニンの投与、人工心肺中の肺灌流と換気の継続、適切な心筋保護等が挙げられている<sup>5,7)</sup>。上記の中には临床上の有効性に対する意見が分かれるものもあり、エビデンスに基づいたガイドラインはまだ確立していないが、実地臨床では各施設でこれらを考慮した肺保護戦略が用いられているものと思われる。

当院における心室中隔欠損症根治術の周術期管理においても、利尿薬（フロセミド）やヒト心房性ナトリウム利尿ポリペプチドの投与、抗炎症療法（シベレスタットナトリウム、メチルプレドニゾロン）、修正限外濾過の併用等、術後肺コンプライアンス改善に有効と考えられる対策が行われていた。

心室中隔欠損症根治術により肺コンプライアンスは有意な改善を認め、開胸中の肺コンプライアンスは経時的に上昇した。術前の Qp/Qs、mPAP が高い症例は肺コンプライアンス改善の度合いが低かった。

本稿の要旨は、日本心臓血管麻酔学会第22回学術大会（2017年、栃木）、藤田昌雄賞候補セッションで発表した。開示すべき利益相反はない。

## 参 考 文 献

- 1) Stephen A. Stayer, Laura K. Diaz, et al: Changes in respiratory mechanics among infants undergoing heart surgery. *Anesth Analg*, 98: 49-55, 2004
- 2) Howlett G: Lung mechanics in normal infants and infants with congenital heart disease. *Arch Dis Child*, 47: 707-715, 1972
- 3) Hywel D, Nikos G: Lung function in patients with left-to-right shunts. *Brit. Heart J*, 29: 317-326, 1967
- 4) Greenspan JS, Davis DA, Russo PA, et al: Operative creation of left to right cardiac shunts: pulmonary functional sequelae. *Ann Thorac Surg*, 55: 927-932, 1993
- 5) Apostolakis EE, Koletsis EN, Baikoussis NG, et al: Strategies to prevent intraoperative lung injury during cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Surg*, 5: 1-9, 2010
- 6) 石井久成：特集：第36回総会シンポジウム2「炎症と周術期管理」2. 心臓手術と炎症—人工心肺が惹起する炎症と肺傷害について—。循環制御, 37: 9-11, 2016
- 7) Ng CS, Wan S, Yim AP, et al: Pulmonary Dysfunction After Cardiac Surgery. *Chest* 121: 1269-1277, 2002
- 8) Goraieb L, Croti UA, Orrico SR, et al: Changes in pulmonary function after surgical treatment of congenital heart disease with pulmonary hyperflow. *Arq Bras Cardiol*, 91: 70-76, 2008
- 9) Keenan HT, Thiagarajan R, Stephens KE, et al: Pulmonary function after modified venovenous ultrafiltration in infants: a prospective, randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 119: 501-507, 2000
- 10) Rabinovitch M, Keane JF, Norwood WI, et al: Vascular structure in lung tissue obtained at biopsy correlated with pulmonary hemodynamic findings after repair of congenital heart defects. *Circulation*, 69: 655-667, 1984

## ABSTRACT

### Changes in Respiratory Compliance Among Infants Undergoing Surgical Repair of Congenital Heart Disease

Makiko KITAGAWA\*, Hiromichi IZUMI\* and Yukari TOYOTA\*

\* Akane Medical Corporation Tuchiya General Hospital Anesthesia Department

We conducted a retrospective observational study to evaluate the changes in intraoperative dynamic respiratory compliance (Cdyn) in 37 infants younger than 3 year of age undergoing surgical repair of ventricular septal defect (VSD). We measured Cdyn at surgical incision (Cdyn1), before cardio pulmonary bypass (CPB) (Cdyn2), after weaning from CPB (Cdyn3), before sternal closure (Cdyn4) and after sternal closure (Cdyn5). The following data were recorded as background factors: age, sex, weight, chromosomal abnormality, pulmonary to systemic flow ratio (Qp/Qs), pulmonary-to-systemic blood pressure ratio (Pp/Ps), mean pulmonary artery pressure (mPAP), duration of CPB, duration of aortic cross-clamp and fluids balance during CPB.  $P < 0.05$  was considered significant. Cdyn5 was significantly higher than Cdyn1. Cdyn2-4

showed significant change and had a tendency to increase in sequence. Patients with high Qp/Qs and those with high mPAP showed lower improvement in Cdyn between before and after surgery. A multiple regression analysis revealed that mPAP had the significant influence on the improvement of Cdyn. We conclude that surgical repair of VSD improves Cdyn, and Cdyn increases with time during open chest surgery, and that improvement of Cdyn may be interrupted among patients with increased pulmonary blood flow and pulmonary hypertension.

**Key words:** respiratory compliance, surgical repair of congenital heart disease, increased pulmonary blood flow, pulmonary to systemic flow ratio, mean pulmonary artery pressure