

小児開心術における早期抜管

— インフルラン併用少量フェンタニール麻酔法と ストレス関連ホルモンへの影響 —

金子武彦* 大脇 明*
鈴木玄一* 橋口 さおり*

要 旨

小児開心術に対して、笑気・酸素・セボフルランの緩徐導入後、イソフルラン・笑気に少量のフェンタニールを組み合わせて麻酔管理を行った。手術室での術直後の抜管を考慮した際のフェンタニール使用量は11~13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ で、導入時に3~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、体外循環開始までに総量の8割を投与し良好な結果を得た。本法によるストレス関連ホルモンの推移を従来のモルヒネ麻酔と比較すると、執刀によるエピネフリン濃度の一過性の上昇は抑制することができなかつたものの、ACTH、ノルエピネフリン濃度は体外循環開始までは正常範囲内で推移した。しかも、心拍数、血圧は本法で若干上昇する傾向にあったが臨床的には問題がなかった。大量麻酔による麻酔法でもストレス反応を抑制できるのは体外循環開始まででしかない現状では、我々が行った少量のフェンタニールでも、吸入麻酔薬の利点を活かして併用すれば臨床的には危険性は少なく実用に耐え得ることが示唆された。また、本法施行に際しては、疾患、年齢、体重といった術前因子とともに体外循環時間や肺血管、気道の問題も充分考慮に入れ、慎重な症例の選択が望ましい。

はじめに

開心術の麻酔は小児においても大量フェンタニールによる方法が主流¹⁾で、術後も少なくともovernightでの呼吸管理が行われるのが通例²⁾で

あった。しかし、人工呼吸器を装着した患児が予想より早い時期に覚醒した際、翌朝までの呼吸管理に固執するあまり呼吸循環動態が落ち着いているにもかかわらず鎮静剤や筋弛緩薬の投与を余儀なくされる場面も少なくない。一方、準夜勤・深夜勤帯での抜管には社会的要因から抵抗がある³⁾のが実情である。そこで著者らは術後ごく早期に覚醒抜管させても臨床的には問題がない症例も多いのではないかと考え⁴⁾、現在まで2、3歳から学童まで130例以上に実践してきた。本研究は先天性心疾患の開心術において、術直後の抜管を考慮した吸入麻酔併用少量フェンタニール麻酔法とその適応につき考察し、併せて本法の血行動態及びストレス関連ホルモンに及ぼす影響を従来のモルヒネ麻酔と比較検討することを目的とする。

研究方法

1) 対象患児：都立清瀬小児病院にて先天性心疾患で開心根治術を予定された生後10カ月から15歳4カ月までの男女19人を対象とした。いずれも心機能は良好な症例であった。

疾患の内訳は、ASD 4例、肺高血圧症のないVSD (II型) 2例、VSD+右室二腔症 3例の計9例を術直後に抜管可能な症例として少量のフェンタニールに吸入麻酔薬 (イソフルラン・笑気) を併用して管理する群 (以下、F+I群) とした。また、肺高血圧症を伴うVSD 2例、両大血管右室起始症+肺動脈閉鎖症 3例、ファロー四徴症 2例、三尖弁閉鎖症・心内膜床欠損症・大動脈弁狭窄症各1例ずつの計10例は従来からの大量モルヒネ麻酔 (総量3~5 mg/kg) による方法で管理 (以

東京都立清瀬小児病院麻酔科*

下, M群) した.

2) 麻酔方法: 前投薬として両群とも麻酔導入1時間前にジアゼパム0.7mg/kg及び硫酸アトロピン0.02mg/kgを内服, 同30分前にブプレノルフィン2 µg/kgを点鼻投与した. 笑気・酸素・セボフルランの緩徐導入下に末梢静脈路, 観血的動脈圧ラインを挿入した. 既に静脈路が確保されている症例ではチオペンタールまたはミダゾラムを用いた者もある. F + I 群ではフェンタニール3~4 µg/kgと筋弛緩薬の投与後に気管内挿管を行い, 体外循環開始までは笑気:酸素(3ℓ:3ℓ)にフェンタニール, 筋弛緩薬を適宜加え麻酔を維持した. 揮発性麻酔薬は血圧・心拍数を目安にイソフルレンを0.5~1.5%併用した. フェンタニールの投与量は先の我々の報告⁴⁾, 即ち総量12 µg/kgを目安とし体外循環までにその大部分を投与する方針とし, 適宜分割静注した. 一方, M群では笑気:酸素(3ℓ:3ℓ)にモルヒネ及び筋弛緩薬で維持した. 尚, 術中の筋弛緩薬は両群ともパンクロニウムを用いた. F + I 群では, 人工心肺離脱後は筋弛緩薬の投与は控え, イソフルランの併用で麻酔を維持し, 術終了後に筋弛緩薬を拮抗した後, 抜管基準に照らして抜管した.

尚, 人工肺は膜型(Cobe VPCML0.85または0.4)

もしくは気泡型(William Harvey H-1300)を症例に応じて使用した. 回路内に吸入麻酔薬の気化器は組み入れていない. また, 限外濾過器(旭メディカル AHF-UN[®])を並列に組み込み, 人工心肺運転中に必要に応じて除水をおこなった.

3) 測定法: 循環動態の変動については, 心拍数と収縮期・拡張期の血圧を手術室入室時, 導入前, 気管内挿管直後, 執刀直後, 胸骨切開直後, ヘパリン注入直後, 体外循環開始直前の六時点で測定した. また, 測定したストレス関連ホルモンは, ACTH, コルチゾール, エピネフリン, ノルエピネフリンの四種類で, 各血中濃度は導入直後, 執刀直後, ヘパリン注入直後, 体外循環開始20分後の四時点で行った. いずれも導入中に挿入した動脈圧ラインから採血し, 冷却遠心分離して得られた血漿より測定した. なお, 測定値の統計処理はP<0.05をもって有意差ありとした.

成 績

1) 患者背景因子(表1): 当施設での過去四年間の早期抜管達成42症例の結果を参考までに示した. 本研究の両群間で男女比, 年齢, 体重, 体外循環までの輸液量及び尿量は差がなかった. また, 体外循環までに要した時間はM群が長かった.

Table 1 Characteristics of Patients and Operatinal Data

Variable	Previous Study	Study in this series	
	for Early Extubation Past 4 years	F + I group	M group
Variable	42	9	10
Sex (male/female)	(23/19)	(5/4)	(6/4)
Age (years)	4.8±1.1	4.6±3.1	4.5±4.3
Weight (kg)	15.7±3.0	16.2±8.3	14.8±9.1
Prior to CPB			
Duration (min)	129±17	161±31 †	248±81
Infusion Rate (ml/kg/hr)	5.3±1.8	4.0±2.4	4.2±1.0
Urine Output (ml/kg/hr)	—	2.6±1.4	2.0±1.0
Opioid and Dose (/kg)	Fentanyl	Fentanyl (10.0±3.2 µg) ‡	Morphine (2.7±0.7mg)
Duration of CPB (min)	82±40	88±36 †	234±73
Duration of ACC (min)	41±26	34±13 †	104±30
Anesthesia Time (min)	317±60	347±61 †	683±162
Total Narcotic Dose	11.5±2.4 µg/kg	12.2±4.8 µg/kg ‡	3.9±2.3mg/kg

Plus minus values are means ± SD.

CPB = Cardiopulmonary Bypass, ACC = Aorta Cross Clamping

† There were significant differences between F+I group and M group.

‡ This value was calculated without two cases to be postponed early extubation.

F + I 群でのフェンタニールの投与量は体外循環までに $10.0 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{kg}$. この群で抜管を見合わせた症例は 2 例あり, どちらも VSD + 右室二腔症で肺高血圧症を伴っていた. F + I 群で上記二例を除く 7 症例のフェンタニール総使用量は $12.2 \pm 4.8 \mu\text{g}/\text{kg}$ で, 早期抜管を考慮した, 以前の麻酔方法と概ね同程度であった. 体外循環時間, 大動脈遮断時間, 麻酔時間はいずれも M 群よりも短かった. 早期抜管の 7 症例で, 呼吸循環器系の合併症は認めず, 帰棟後に再挿管を要した症例もなかった.

2) 循環動態 (図 1) : 心拍数は, F + I 群では導入直後に若干の上昇をみるも執刀時には導入

前のレベルに戻り, 胸骨正中切開からヘパリン注入直後までは M 群に比し増加していた. M 群では体外循環開始直前まで心拍数はほぼ安定して推移した.

収縮期血圧・拡張期血圧ともに F + I 群は M 群よりも高い傾向にあった. F + I 群の拡張期血圧は導入直後から胸骨正中切開直後にかけて導入前よりも有意に上昇していたものの, 収縮期血圧は変動なく, ヘパリン注入直後から体外循環開始にかけてむしろ低下する傾向がみられた. M 群においては収縮期・拡張期血圧ともに導入以降もほぼ安定して推移したが, ヘパリン注入直後からは F + I 群でみられたごとく若干の低下傾向を示した.

3) 血漿 ACTH 濃度 (図 2 - a) : ヘパリン注入直後までは両群間に有意差はなく, 各群においても明らかな増加はみられず正常範囲内で推移した. しかし, 体外循環開始後は F + I 群で著増し, その程度は正常範囲での有意な上昇に留まった M 群よりも大であった.

4) 血漿コルチゾール濃度 (図 2 - b) : 当施設では小児の開心術に際し, 体外循環開始までに $30\text{mg}/\text{kg}$ のメチルプレドニゾロンを緩徐に点滴静注している. その影響で執刀直後までは低値に留まった濃度もヘパリン注入直後の時点では両群とも著しい高値となり, F + I 群でそれが顕著であった. 体外循環開始後はやや低下したものの正常範囲を大きく上回り, また, 導入前に比べ高値であった.

5) 血中カテコラミン (図 2 - c, d) : エピネフリン濃度は F + I 群では執刀直後に一過性の上昇をみた後減少し, 体外循環開始により著しい増加をきたした. 一方, M 群では F + I 群でみられたような執刀による変化はみられず, 体外循環開始によって有意な上昇をみた. 両群間では執刀直後と体外循環開始後の時点で有意差があった. また, ノルエピネフリン濃度は両群とも執刀により軽度の上昇したが導入前と比べ有意な差ではなく, 体外循環開始後に F + I 群のみで有意な上昇を示した. M 群では体外循環開始によっても上昇はみられず, また, 両群とも正常範囲内の推移であった.

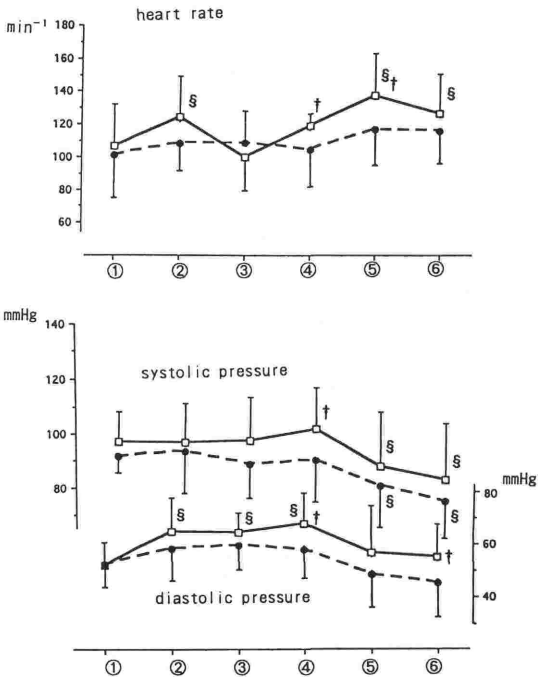


Fig. 1 The Changes of Heart Rate and Blood Pressure Prior to Cardiopulmonary Bypass

Symbols : open squares with solid line (—□—) = F+I group and filled circles with dotted line (—●—) = M group ; § different from before anesthesia in each group. † different from the same time in the M group

① = before anesthesia, ② = after induction, ③ = after skin incision,

④ = after sternotomy, ⑤ = after heparinization, ⑥ = just before CPB

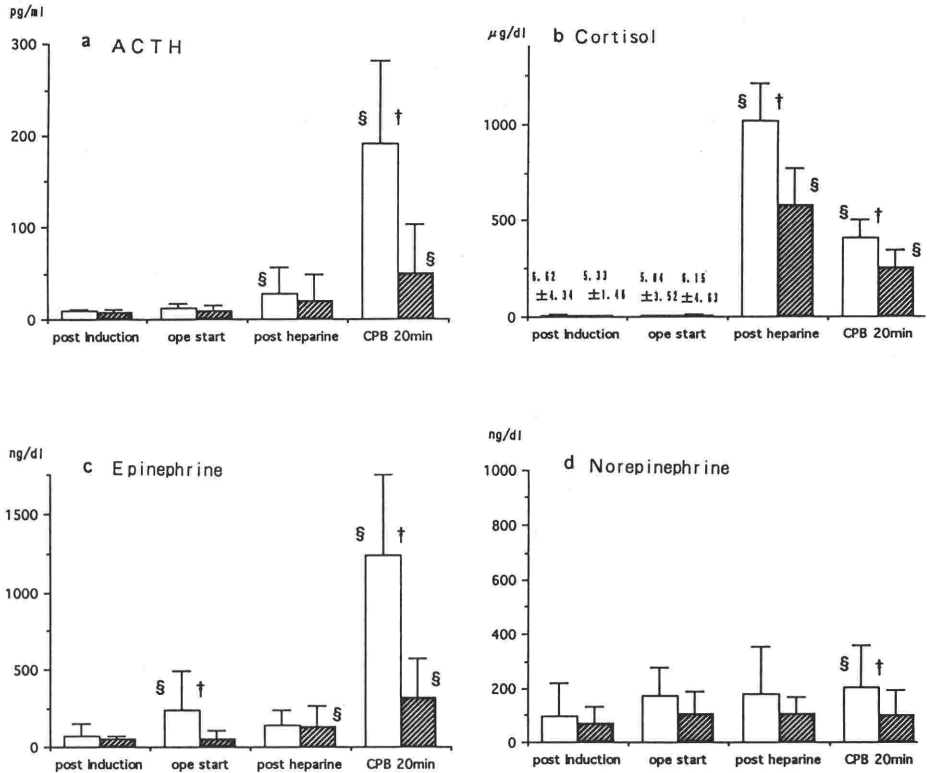


Fig 2. The Evolution of plasma ACTH (a), Cortisol (b), Epinephrine (c) and Norepinephrine levels in F+1(□) and (■) groups

Symbols : § different from post-induction in each group, † different from the same sampling time in the M group.

考 案

(1)早期抜管と麻酔法の検討

Stanley らにより1978年に発表された大量フェンタニール麻酔⁵⁾はその安定した血行動態とストレスフリーという利点から、成人、小児を問わず現在の開心術の麻酔管理の主流となった感がある。しかも1960年代後半から普及した開心術後の機械的人工呼吸²⁾は、モルヒネ⁶⁾やフェンタニールの大量使用による麻酔法により近年ではルーチン化したものとなってしまった。しかし、1970年代半ばに入ると成人の弁置換術⁷⁾や冠動脈バイパス術など⁸⁾⁹⁾で早期抜管が試みられるようになった。早期の抜管でも肺内シャントの増加やV/Qの低下はみられず循環動態も安定し¹⁰⁾、一方、人工呼吸遷延に伴う問題点も指摘¹¹⁾されるに至った。その予後も従来の術後人工呼吸症例と変わらない

い⁷⁻¹¹⁾ことから術後管理が再検討されるようになり、症例数の急増とICU滞在の短縮化、経済的効果¹²⁾がそれらに追随した。我が国でも成人例で積極的に早期の抜管を試みる施設¹³⁾が見られるようになってきている。それに対し、小児での早期の抜管はあまり考慮されていなかったのが実情で、最近 Anand らも新生児の開心術では麻薬による深麻酔と術後の鎮痛が患児の予後改善に有利であった¹⁴⁾と述べている。しかし、患児にとって大きな苦痛ともいえる挿管の長期化を考慮する向きからも、1980年代に入り小児例での報告¹⁵⁾¹⁶⁾が散見され、成人同様のメリットが指摘された。当院でもルーチンの術後人工呼吸と鎮痛・鎮静剤の過剰投与を見直し、患児の早期離床を促す意味からも、慎重に症例を選んだ上で開心術後の早期抜管に積極的に取り組んできた⁴⁾。

一般に早期の抜管とは術後ICU搬入後8時間

以内の抜管と定義¹⁷⁾されているが、1980年以降、我々は術直後に手術室で抜管する立場をとっている(以下、当院における早期抜管とは「術直後の手術室での抜管」を指す)。ところで、早期の抜管を考慮する際、従来の麻薬主体の麻酔法では拮抗薬を使用しても無理があり、吸入麻酔薬の併用が鍵¹⁸⁾となることは想像に難くない。既に欧米では揮発性麻酔薬の併用¹⁰⁾¹⁹⁾も行われており、成人開心術でのフェンタニール少量使用による麻酔管理²⁰⁾、最近では冠動脈バイパス術で10~15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ のフェンタニールに笑気・酸素・ハロタンを併用した麻酔法で術後早期の抜管が報告²¹⁾されるなど、大量麻薬麻酔から吸入麻酔薬併用の管理へと、開心術における麻酔法の適応選択が再認識されつつある。小児での報告例では吸入麻酔(笑気・ハロタン)主体¹⁵⁾で人工心肺に揮発性麻酔薬の気化器を組み込むもの、麻薬を併用¹⁶⁾するなど同様の傾向がうかがえ、日本でも術当日の抜管予定症例にはフェンタニールを40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ に減じて管理する施設²²⁾もある。当施設における過去の早期抜管達成例でのフェンタニール使用総量は $11.5 \pm 2.4 \mu\text{g}/\text{kg}$ ⁴⁾で、Bulterらの報告²¹⁾と大差はなく、今回の麻酔法でも体外循環開始までに $10.6 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{kg}$ 、総使用量は $12.2 \pm 4.8 \mu\text{g}/\text{kg}$ という結果であった。フェンタニール総量を11ないし13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ とし、導入時に3~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、体外循環開始までに総量の約8割を投与、残りを体外循環中に投与する程度で早期の抜管に支障はなかった。また、本法でも筋弛緩薬の投与は体外循環後半の復温時までは分量を用いているが離脱後は使用を控えることを原則としている。ほとんどの症例では離脱後2時間以内で手術が終了し、人工心肺回路内残留濃縮血の返血も行うため、筋弛緩薬の追加投与の必要性は感じていない。併用するイソフルレンの筋弛緩増強効果で十分対処可能で、術直後の胸部レントゲン写真確認後に全例筋弛緩薬はリバースし、啼泣時換気量、最大吸気陰圧を確認後、抜管に至った。

(2) 血行動態とストレス関連ホルモンへの影響

さて、従来の大量麻薬麻酔法に比べ、我々が行った麻酔法で患児への開心術の侵襲を十分抑えることができるか否かは甚だ興味がもたれるところである。

心拍数はF+I群で導入後と胸骨切開以降に増

加し、血圧はM群に比べ収縮期拡張期ともに若干高目で推移した。導入挿管等の刺激に対する少量フェンタニールの利点は必ずしも認められなかった。また、維持に用いたイソフルランは副交感神経をより抑制する²³⁾といわれ、心拍数の増加はその影響も考えられる。しかし先天性心疾患の管理という点ではそれは不都合とはいえず、濃度の調節(0.5~1.5%)により管理は容易であった。F+I群で浅麻酔の兆候が持続したとは断定しにくく、臨床的に本法が悪影響を与えた危険性は少ないと思われた。

ストレス関連ホルモンの検討では、ヘパリン注入前までのACTH、コルチゾール、カテコラミンの各血中濃度はいずれも正常範囲内であり、その時点までは両群ともにストレス関連ホルモンの濃度上昇は抑えられたといえる。その後のコルチゾールの著増は体外循環開始までに投与するメチルプレドニゾロンの影響を反映していると思われる。ところで、イソフルラン麻酔下ではACTH濃度は軽度上昇し、コルチゾール濃度は多少の増加をみるか変動しない²⁴⁾とされている。フェンタニール少量の使用下でもこれらのホルモンが比較的安定して推移したのはイソフルラン併用の利点が生かされた可能性もある。しかし、今回の麻酔方法では体外循環開始によるACTH濃度の上昇は抑えることができなかった。体外循環中のACTH動態に関しては、下垂体前葉の機能低下のために上昇が軽度である²⁵⁾という報告もあるが、M群の成績はこれを支持する結果であった。小児の心臓外科手術における体外循環開始までの血中カテコラミン濃度の変動について、フェンタニール30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ では変動しないとする報告²⁶⁾がある。しかし、今回の11~13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 程度の少量に吸入麻酔薬を併用したF+I群では執刀に伴いエピネフリン、ノルエピネフリンの濃度の上昇がみられ、殊に前者は正常レベルを上回っていた。ストレス関連ホルモンの動態は麻酔深度と密接に関係することから、この時点での麻酔深度は不十分であった可能性が否定できない。モルヒネ麻酔ではノルエピネフリンは種々の手術操作に対しても変動は少なく、エピネフリンは気管内挿管で若干上昇し、体外循環導入で再度増加する²⁷⁾とされている。M群の結果もそれと同様の変動を示した。F+I群では体外循環開始に伴い、血中カテコラミン濃

度の上昇をきたし、殊にエピネフリン濃度は著増した。いわゆる大量麻薬麻酔でも血中カテコラミン濃度の上昇を抑えることができるのは体外循環開始までであり²⁸⁾²⁹⁾、今回の検討でも特にF+I群でそれが顕著に現れた。更に、小児症例では体外循環中のカテコラミン濃度の上昇が成人よりも著しいとする報告³⁰⁾もある。いずれにしろ体外循環という非生理的侵襲の程度は相当大きく、定常流灌流、血液希釈、大動脈遮断等の因子により内分泌反応はより複雑となっていることが推察される。

一方、前投薬のジアゼパムは交感神経系の緊張を十分に抑制する³¹⁾ことが示唆されており、ブプレノルフィンもカテコラミンに有意な変動を招かない³²⁾。また、F+I群で2例、M群で5例は導入時にチオペンタール、ミダゾラムを投与したが、それらはいずれも副腎皮質の反応を抑制しない³¹⁾。併用した笑気(酸素3ℓ:笑気3ℓ)は、揮発性麻酔薬単独の場合に比べ交感神経刺激作用を有し、動脈圧、心拍出量をわずかに上昇させ³³⁾、コルチゾール濃度は上昇する³⁴⁾ことが知られている。

本研究のホルモンの血中濃度測定に際し、各時点での採血時刻を可及的に近づけることで、ホルモンの日内リズムの影響を少なくするよう努めたが、それらの半減期は1分以内であり、しかも少ないサンプルサイズで体外循環開始直後までの内分泌動態をどれだけ反映しているかは疑問が残る。また、このような研究では他の vasoactive substance の変動も考慮に入れる必要もあり、今後、更なる検討を要するところである。

本研究での小児開心術におけるイソフルラン併用少量フェンタニール麻酔では、体外循環開始までのストレス関連ホルモンの血中濃度上昇はある程度しか抑制できなかった。しかし、血行動態は概ね安定しており、現状では吸入麻酔薬を併用した本法でも十分実用性があり、安全に管理しうるものと考えられる。

(3)患児側の問題

一方、早期抜管の達成には前述した麻酔方法のみならず患児側の術前因子も重要である。考慮可能なのは、少なくとも年齢2歳・体重9kg以上のASD、VSDという指標⁴⁾を著者らは報告した。その結果を判別分析の手法を用いて再検討したとこ

ろ、抜管の可否の境界線は年齢3歳5ヶ月・体重12.3kg以上にあると考えられ、この程度の症例が望ましいといえる。即ち比較的短時間で心内修復が見込めるため、体外循環時間も短く(2時間以内)、ほぼ常温もしくはごく軽度の低体温ですむ。これらは麻薬や筋弛緩薬の代謝遅延にも影響が少なく早期抜管には有利といえる。しかし、先天性心疾患の中でも肺高血圧症を伴ったVSD(当施設では肺・体動脈圧比 $P_p/P_s > 0.45$)では、拡張した肺動脈が小児の狭小かつ脆弱な気管気管支に様々な形で影響を及ぼしている⁴⁾ことが多い。F+I群で抜管を見合わせた2症例(1歳4ヶ月・9.3kgと1歳8ヶ月・8.3kg、ともにVSD+右室二腔症)は、年齢、体重という面で不利であっただけでなく、前者は術前の肺・体動脈圧比が0.67と高く右末梢気管支の狭窄が疑われていた。また、後者は術中の気管支ファイバースコープで左主気管支の狭窄が判明、肺動脈吊上術を追加した時点で方針を変え、術後の人工呼吸管理を考慮した。このように先天性心疾患に対する早期抜管では、麻酔の方法自体や患児の術前状態に加え、気道の形態、機能の評価も極めて重要である。気道に対して拡張作用のあるイソフルラン³⁵⁾の併用はこの面でも意味があるといえる。また、肺の核医学検査(シンチグラフィー)³⁶⁾や術中の気管支ファイバースコープによる情報の重要性も痛感している。当施設における手術室での早期抜管のためのアウトラインを表2にまとめた。

最後に、こうした早期抜管の達成には麻酔管理法や慎重な症例の選択のみならず、麻酔科医と心臓外科医、術後管理のスタッフの理解と協力、良好な意志の疎通も必要¹⁷⁾であることを付記しておく。

結 語

1. 先天性心疾患の開心術に対して術直後の抜管を考慮する麻酔法として笑気-酸素-セボフルラン緩徐導入後、イソフルラン併用少量フェンタニールで麻酔を維持した。

2. フェンタニール総量11~13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 程度とし、導入時に3~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、体外循環開始までに総量の約8割を投与する方法で良好な結果を得た。また、筋弛緩薬は人工心肺離脱後は用いず、イソフルランの吸入で対処可能である。

Table 2 Outline Facilitates Early Extubation in the Operating Room after Pediatric Cardiac Surgery*Selection of Patients*

congenital septal anomalies without complex lesions
 age > 3 years 5 month and weight > 12.3kg, desirably
 (the lower limit : 2 year and/or 9kg)
 no significant pulmonary hypertention
 (almost $P_p/P_s \leq 0.45$)
 good cardiac and pulmonary function

Anesthetic Regimen

G-O-volatile anesthetics slow induction with
 fentanyl (3~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$) administration
 maintenance of low-dose fentanyl combined with
 50% nitrous oxide in oxygen
 isoflurane as tolerated
 muscle relaxant until rewarming during CPB
 appropriate dose of fentanyl : total 11~13 $\mu\text{g}/\text{kg}$
 about 80% of it prior to CPB

Intraoperative Episodes

CPB run < 2 hrs
 normo- or mildhypothermia during CPB
 simple intracardiac repair
 absence of procedure related to airway
 improvement of pulmonary vascular status

(KIYOSE Children's Hospital)

3. 体外循環開始までの循環動態は本法で若干浅麻酔の兆候がみられるもののほぼ安定し、笑気、イソフルランの併用は臨牀的にも問題はなかった。

4. 本法では体外循環開始までのストレス関連ホルモンの上昇をある程度しか抑えることができず、体外循環開始に伴いそれらは著増した。しかし、大量麻薬麻酔ですらそれらの上昇を抑えることができるのは体外循環開始までである現状から考えると、本法の臨牀的意義は必ずしも損なわれるものではない。

5. 早期抜管を考慮するには患児の術前因子も重要で、ASD, VSD 及びその類似疾患で、年齢 3 歳 5 ヶ月・体重 12.3kg 以上の症例を選択する(臨牀上の安全限界としては 2 歳・9 kg) ことが望ましい。体外循環時間が 2 時間を超えたり、気道に問題を有する症例では早期抜管はさし控えるべきであろう。

6. 以上の検討から、慎重に症例を選べばイソフルラン併用少量フェンタニール麻酔法は小児開心術における早期抜管のための麻酔法として臨牀的に有用であることが示唆された。

なお、本研究に際し御理解と御協力をいただいた都市清瀬小児病院 心臓血管外科 福田豊紀部長、鈴木孝明先生に深く感謝致します。

文 献

- 1) 増田純一, 巖 康秀: 開心術に対する麻酔と揮発性麻酔薬の適応. 臨牀麻酔 10 : 561-565, 1986
- 2) Lifemine AA, Harken DE : Postoperative care following open heart operations : Routine use of controlled ventilation. J Thorac Cardiovasc Surg 52 : 207-216, 1966
- 3) 羽鳥文麿, 片山正夫, 田中義枝, ほか: 小児の人工呼吸管理. 小児外科 18 : 423-432, 1986
- 4) 金子武彦, 鈴木玄一, 大脇 明, ほか: 無輸血・早期抜管を考慮した先天性心疾患患者の麻酔管理 — 臨牀的適応と安全限界の検討 —. 循環制御 15 : 199-206, 1994
- 5) Stanley TH, Webster LR : Anesthetic requirements and cardiovascular effects of fentanyl-oxygen and fentanyl-diazepam-oxygen anesthesia in man. Anesth Analg 57 : 411-416, 1978
- 6) Lowenstein E, Hollowell P, Levine FH, et al : Cardiovascular response to large doses of intravenous morphine in man. N Engl J Med 281 : 1389-1393, 1969
- 7) Midell AL, Skinner DB, DeBoer A, et al : A review of pulmonary problems following valve replacement in 100 consecutive patients. Ann Thorac Surg 18 : 219-227, 1974

- 8) Prakash O, Jonson B, Meiji S, et al : Criteria for early extubation after intra-cardiac surgery in adult. *Anesth Analg* 56 : 703-708, 1977
- 9) Klineberg PL, Geer RT, Hirsh RA, et al : Early extubation after coronary artery bypass graft surgery. *Crit Care Med* 5 : 272-274, 1977
- 10) Ouasha AL, Loeber N, Feeley TW, et al : Postoperative respiratory care : A controlled trial of early and late extubation following coronary artery bypass grafting. *Anesthesiology* 52 : 135-141, 1980
- 11) LoCicero J, McCann B, Massad M, et al : Prolonged ventilatory support after open heart surgery. *Crit Care Med* 20 : 990-992, 1992
- 12) Foster GH, Conway WA, Pamulkov N, et al : Early extubation after coronary artery bypass: Brief report. *Crit Care Med* 12 : 994-996, 1984
- 13) 岩橋 健, 福田幸人, 木川幾太郎, ほか : 心臓手術連続50例における早期抜管の試み. *日心外会誌* 22 : 287-291, 1993
- 14) Anand KJS, Phil D, Hickey PR. : Halothane-morphine compared with high-dose sufentanil for anesthesia and postoperative analgesia in neonatal cardiac surgery. *N Eng J Med* 326 : 1 - 9, 1992
- 15) Barash PG, Lescovich F, Katz JD, et al : Early extubation following pediatric cardio-thoracic operation: A viable alternative. *Ann Thorac Surg* 29 : 228-233, 1980
- 16) Heard GG, Lamberti JJ, Park SM, et al : Early extubation after surgical repair of congenital heart disease. *Crit Care Med* 13 : 830-832, 1985
- 17) Hertzberg LB, Glass DD : Early versus late extubation following cardiac surgery, Kaplan J. J.: *Cardiac Anesthesia 2nd ed* Grune and Stratton Inc Orland 1049-1051, 1987
- 18) Shapiro BA : Inhalation-based anesthetic techniques are key to early extubation of the cardiac surgical patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 7 : 135-136, 1993
- 19) Lichtental PR, Wade LD, Niemyski PR, et al : Respiratory management after cardiac surgery with inhalation anesthesia. *Crit Care Med* 11 : 603-605, 1983
- 20) Stanley AG, Craig OO, Reves JG, et al : Beneficial effects of endotracheal extubation on ventricular performance. *J Thorac Cardiovasc Surg* 95 : 819-827, 1988
- 21) Bulter J, Chong GL, Pillai R, et al : Early extubation after coronary artery bypass surgery: Effects on oxygen flux and hemodynamic variables. *J Cardiovasc Surg* 33 : 276-280, 1992
- 22) 大畑 淳, 石川輝彦, 羽鳥文磨 : 先天性心疾患の開心術の麻酔管理. *循環制御* 14 : (suppl.) 34, 1993
- 23) Skovsted P, Saphthavichaikul S : The effect of isoflurane on arterial pressure, pulse rate, autonomic nervous activity and barostatic reflexes. *Canad Anesth Soc J* 24 : 304-314, 1977
- 24) 飯田 司, 坪 敏仁, 広田和美, ほか : インフルレン麻酔および手術侵襲の下垂体・副腎系ホルモンに及ぼす影響. *麻酔* 36 : 568-575, 1987
- 25) Brandt MR, Korshin J, Prange HA, et al : Influence of morphine anesthesia on the endocrine-metabolic response to open heart surgery. *Acta Anaesth Scand* 22 : 400-412, 1978
- 26) 石村直子, 黄 仁煥, 大坂幸子, ほか : 小児開心術における大量フェンタニール麻酔と血中カテコラミン濃度. *日本臨床麻酔学会雑誌* 13 : (suppl.) 288, 1993
- 27) Tan CK, Glisson SN, El-Etr AA, et al : Level of circulating norepinephrine and epinephrine before, during and after cardiopulmonary bypass in man. *J Thorac Cardiovasc Surg* 71 : 928-931, 1976
- 28) Stanley TH, Berman L, Green O, et al : Plasma catecholamine and cortisol response to fentanyl-oxygen anesthesia for coronary artery operations. *Anesthesiology* 53 : 250-253, 1980
- 29) Sebel PS, Bovill JG, Schellekens APM, et al : Hormonal response to high-dose fentanyl anaesthesia. A study in patients undergoing cardiac surgery. *Br J Anaesth* 53 : 941-948, 1981
- 30) Yamashita M, Wakayama S, Matsuki A, et al : Plasma catecholamine during extracorporeal circulation in children. *Canad Anaesth Soc J* 29 : 126-129, 1982
- 31) Marty J, Gauzit R, Lefevre P, et al : Effects of diazepam and midazolam on baroreflex control of heart rate and on sympathetic activity in humans. *Anesth Analg* 65 : 113-119, 1986
- 32) 横野敦子, 依田健吾, 宮崎正夫 : プレノルフィン麻酔中の内分泌系の変動について. *麻酔* 32 : 723-728, 1983
- 33) McDermott RW, Stanley TH : The cardiovascular effects of low concentrations of nitrous oxide during morphine anesthesia. *Anesthesiology* 41 : 89-91, 1974
- 34) 若山茂春, 尾山 力 : 麻酔と内分泌 — 最近の進歩 —. *臨床麻酔* 12 : 5-11, 1988
- 35) Henghan CPH, Berman NA, Jordan C, et al : Effect of isoflurane on bronchomotor tone in man. *Br J Anaesth* 58 : 24-28, 1986
- 36) 石田治雄, 林 隼, 鎌形正一郎ほか : 肺シンチグラフィ. *小児外科* 23 : 1099-1106, 1991

Early Extubation after Pediatric Open Heart Surgery
— Low-dose Fentanyl Combined with Inhalation Anesthetics and
Its Effect on Hemodynamics or Stress Hormone Response —

Takehiko Kaneko, Akira Ohwaki,
Gen'ichi Suzuki, Saori Hashiguchi

Department of Anesthesiology, Tokyo Metropolitan Kiyose Children's Hospital
Tokyo, Japan

Changing from a routine of overnight mechanical ventilation to early extubation after cardiac surgery recently comes to reevaluate high-dose opioid anesthesia. We recommended in this study low-dose fentanyl anesthesia combined with nitrous oxide, isoflurane and muscle relaxant as the regimen for early extubation after open heart surgery compared with high-dose morphine technique as a conventional method. Adequate dosage of fentanyl was 11 ~ 13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ totaly and about 80% of it was administered prior to cardiopulmonary bypass (CPB). Though hemodynamics such as heart rate and blood pressure in this method were slightly higher than in morphine anesthesia, the changes of vital signs were almost stable. Plasma concentration of hormones associated with stress were also

within normal ranges prior to CPB except for epinephrine just after the beginning of operation and cortisol affected by methyl prednisolone administration before CPB. Under the present condition that even if high-dose opioid anesthesia can suppress the stress hormone responses before CPB not after initiation of CPB, if we put the advantage of inhalation agents such as isoflurane to practical use, low-dose fentanyl technique we recommended can be a safe procedure and facilitate extubating at the earliest opportunity. Also both pre- and intraoperative factors should be considerations in achievement early extubation, such as types of heart diseases, age, body weight, duration of CPB, pulmonary vascular status and airway conditions.

Key words : Early Extubation, Fentanyl, Inhalation Anesthetics, Pediatric Cardiac Surgery, Catecholamines