

症 例

手術室抜管を目指した心臓血管外科手術の麻酔
(レミフェンタニルを用いたファーストトラック麻酔)

中 川 雅 史*, 内 藤 京 子*, 上 農 喜 朗**

はじめに

予定心臓手術において術後早期の抜管を目指したファーストトラック麻酔は、ICU 滞在期間の短縮、コスト削減、資源の有効利用など主に経済的な利点から推奨されてきた。死亡率、合併症に関しても従来の高用量オピオイド麻酔と比べても増加しないことが示され^{1,2)}、予定心臓手術に対する標準的な麻酔法になってきた。

当院では、従来から予定心臓血管手術においてプロポフォールと中用量フェンタニル(10~20 $\mu\text{g}/\text{kg}$)麻酔を用いて早期抜管を目指してきた。多くの症例は術後数時間で抜管可能であり、手術室で抜管可能な症例も散見された。

レミフェンタニルは、半減期が短く、長時間使用しても蓄積がないことから、手術中高いオピオイド濃度を維持しつつ早期抜管を目指した麻酔にとって有用なオピオイドである。レミフェンタニルが使用可能になったので、手術室内での抜管を目指した麻酔管理を開始した。麻酔方法の概略を紹介するとともに成績を検討した。

方 法

A. 対 象

平成 19 年 1 月 29 日から 4 月末までの間に本院で実施し麻酔承諾書によりデータの研究使用の承諾が得られた心臓血管手術 24 例(男性 11 名/女性 13 名)を対象にした。

B. 麻酔方法

前投薬は、使用しなかった。術前の内服薬は、

ACE 阻害薬、アンギオテンシン II 受容体拮抗薬以外の循環作動薬は内服継続し、その他の内服薬は、基本的に中止した。

手術室に入室後、局所麻酔下に末梢静脈ルートと観血的動脈圧ラインを確保した。モニターは、5 点式心電図、自動血圧計、 SpO_2 、BIS モニター、INVOS モニター(脳分離循環症例のみ使用)を装着し、麻酔を開始した。麻酔導入後に経食道エコー、中枢ルート、肺動脈カテーテル、体温計(膀胱、鼻腔)を挿入した。

麻酔は、人工心肺症例に対しては Target-Controlled Infusion を用いたプロポフォールによる全静脈麻酔(Total Intravenous Anesthesia, 以下 TIVA)で、非使用例(主に OPCAB)に対しては主にセボフルランによる Volatile Induction and Maintenance Anesthesia(以下 VIMA)で麻酔を行った。

マスクで 6L/分で酸素を投与し、レミフェンタニル持続投与を 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で開始した。導入は、TIVA の場合、循環動態および BIS を参考にプロポフォールの目標血中濃度を 1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ から徐々に入眠まで増加した。一方、VIMA の場合、吸入セボフルラン濃度 8% で開始し、循環動態および BIS を参考に吸入セボフルラン濃度を下げていった。

入眠後、ベクロニウムを 0.1mg/kg 投与し、筋弛緩が得られた後、2%リドカインを咽頭と気管内に合計 5ml 散布し、循環が安定したのを確認の上、挿管した。

挿管後、レミフェンタニル持続投与と速度を 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ に減量し、TIVA の場合プロポフォールの目標血中濃度を 1.0~1.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ に、VIMA の場合、吸入セボフルラン濃度を 1% に減量し、中枢ルート、肺動脈カテーテル、経食道エコープローブを挿入した。

*社会保険紀南病院麻酔科

**兵庫医科大学麻酔科

皮膚切開に備えて、レミフェンタニル持続投与速度を $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ に増量し、循環動態および BIS を参考に TIVA ならプロポフォールの目標血中濃度を $2.0\sim 3.0\mu\text{g}/\text{ml}$ を目標に、VIMA なら吸入セボフルラン濃度を $2\sim 3\%$ を目標に増量していった。

以後は、レミフェンタニル持続投与速度は $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で投与し、プロポフォールの目標血中濃度やセボフルラン濃度は BIS を参考に調節した。

皮膚切開、胸骨切開など強い侵襲が加わる前には、レミフェンタニル $50\sim 100\mu\text{g}$ を単回投与した。

人工心肺中も可能な限り、レミフェンタニル持続投与速度は $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で維持した。体温低下に伴い BIS が低下するので、プロポフォールの目標血中濃度は $1.0\mu\text{g}/\text{ml}$ までは減量した。

筋弛緩薬は、挿管以後、原則として投与しなかった。体動、バッキングなどがレミフェンタニル、プロポフォールまたはセボフルランの増量にても改善しない時のみ投与したが、手術に支障を来たすほどの体動は認めなかった。

レミフェンタニルは閉胸後に投与中止、プロポフォールおよびセボフルランは、手術終了時に中止した。

輸液は、人工心肺が開始されるまでは、収縮期血圧 100mmHg 前後、心拍数 100 以下の循環動態が維持できることを目標に、可能な限り少なく投与した。輸血は、主に人工心肺離脱後に Hb $12\text{g}/\text{dl}$ を目標に行った。尿量が不十分なときは、フロセミドを $10\sim 20\text{mg}$ 投与した。

OPCAB の輸液も前述の循環動態が維持できることを目標に可能な限り少なく投与した。輸血は、Hb $12\text{g}/\text{dl}$ を目標に行った。冠動脈の吻合終了の時点で、必要に応じてフロセミドを $10\sim 20\text{mg}$ 投与した。

人工心肺使用の有無に拘らず、術前より腎機能の悪い症例では hANP ($0.025\sim 0.05\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) を積極的に使用した。

術後鎮痛のために人工心肺使用例では、人工心肺離脱後、OPCAB では、グラフト採取後よりフェンタニル持続静脈内投与 ($0.5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hr}$) を開始し、48 時間後まで継続した。

C. 抜管基準

手術終了後、胸部レントゲンにおいて高度の肺うっ血、無気肺、気胸など異常がないことを確認

の後、①呼名により開眼する、②呼吸パターンが腹式で安定し、1 回換気量 $5\text{ml}/\text{kg}$ 以上、呼吸回数 8 回以上、③循環が安定、④FiO₂ が 50% 以下で SpO₂ が 98% 以上、⑤体温が膀胱温で 35 度以上の場合、抜管した。

D. 抜管場所による比較

手術室抜管をした症例と ICU 抜管をした症例で術前状態、術中パラメータの比較を行った。カテゴリデータは χ^2 乗検定で、連続変数は平均 \pm 標準偏差で要約し、Student-t 検定を用いた。解析は、SPSS11.0J を用いて行い、 $p < 0.05$ を有意とした。

結 果

当該期間に実施した 24 症例(男性 11 名/女性 13 名)中、手術室抜管を行ったのが 14 例(58.3%)であった。心臓症例は 17 例中 13 例(76.5%)が手術室抜管可能であったのに比べ、大血管症例は 7 例中 1 例(14.3%)と手術室抜管は困難であった ($p = 0.005$) (表 1)。

抜管場所での比較で術前状態は、年齢、体重、心不全の既往、冠動脈疾患の合併、透析に関しては有意な差なく、ASA 分類が 4 または 4E だけが ICU 抜管群で多かった(表 2)。術中因子では、ICU 抜管群で麻酔時間、手術時間、人工心肺時間が長く、輸液・輸血のトータルバランスが大きかった(表 2)。ICU 滞在時間は、手術室抜管群の方が短い傾向であったが有意差は認められなかった ($p = 0.06$) (表 2)。

ICU 入室後の抜管までの時間は、4 時間以内に抜管が可能であったのが 6 名、4 時間以上が 4 名であった(表 3)。ICU での抜管となった主な理由では、低体温循環停止、長時間手術、覚醒遅延、血液ガスデータ不良などであった。

考 察

レミフェンタニル主体のファーストトラック心臓血管麻酔を開始した。58.3%の症例で手術室抜管が可能で、ICU 入室後 4 時間以内の抜管を含めると 83.3%の症例が抜管可能であった。今回の方法は、手術室内を含めた早期抜管を可能にする、ファーストトラック心臓血管麻酔に適した方法のひとつである。

表1 実施手術および手術室抜管症例数

		症例数	手術室抜管
心臓症例	オフポンプまたはオンポンプ拍動下バイパス術	5	4
	大動脈弁置換術および冠動脈バイパス術	1	1
	大動脈弁置換術	5	3
	大動脈弁および僧房弁置換術	3	3
	僧房弁置換術	2	1
	心室瘤切除+Maze	1	1
大血管症例	全弓部大動脈置換術	4	0
	半弓部大動脈置換術	1	1
	上行大動脈置換術	1	0
	下行大動脈置換術	1	0
合計		24	14

表2 抜管場所による比較

	手術室抜管(14)	ICU抜管(10)
年齢(歳)	65.6±16.5	75.1±6.1
体重(kg)	52.3±13.3	54.6±10.8
心不全既往あり	7(50%)	7(70%)
冠動脈疾患あり	6(43%)	4(40%)
透析症例	2(14%)	1(10%)
ASA分類*		
2	2(14%)	3(30%)
3 or 3E	12(86%)	3(30%)
4 or 4E	0(0%)	4(40%)
麻酔時間(分)*	439.9±78.9	593.2±119.2
手術時間(分)*	349.6±80.6	502.0±111.0
人工心肺時間(分)*	126.2±37.0	176.6±53.7
大動脈遮断時間(分)	106.3±36.6	138.5±39.3
トータルバランス(ml)*	1734.9±1408.1	3444.2±1237.2
ICU滞在(日)	1.4±0.7	3.6±3.3
再挿管	1(肺気腫, ABG不良)	1(肺気腫, ABG不良)

*: p<0.05

連続変数は、平均±標準偏差で表記した。

表3 ICU抜管症例とその理由

年齢	手術	抜管	ICU抜管となった理由
88	全弓部大動脈置換術	2時間	28度低体温循環停止, 覚醒遅延
79	大動脈弁置換術	2時間	バランス+4096g
81	全弓部大動脈置換術	3時間	28度低体温循環停止, 覚醒遅延
70	僧房弁再置換術	3時間	手術時間427分
74	全弓部大動脈置換術	4時間	25度低体温循環停止, 覚醒遅延
70	大動脈弁置換術	4時間	導入後IABP使用, ABG不良
68	全弓部大動脈置換術	8時間	25度低体温循環停止, 覚醒遅延
76	下行大動脈置換術	14時間	手術時間490分, 対麻痺
72	オフポンプバイパス術	14時間	手術時間680分, ABG不良
73	上行大動脈置換術	70時間	覚醒遅延, 広汎脳梗塞

レミフェンタニルの投与速度は、挿管後、中心静脈ルート・肺動脈カテーテル挿入等を行う間0.1μg/kg/minに減量した以外、麻酔中ほとんどの

期間を0.3μg/kg/minで一定にした。導入時は、0.5μg/kg/minで開始するように使用ガイドラインに記載されている。心臓血管外科以外の症例でも、

このガイドライに順じて投与すると血圧が低下し、高度徐脈になる症例が認められたので、 $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で開始するようにした。筋弛緩薬も併用しているので、このように投与速度を調節するほうが安全であると思われる³⁾。挿管後に行うルート確保等の処置は、挿管に比べ侵襲が小さく、 $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ のまま維持すると血圧低下や徐脈を来すため減量した。

レミフェンタニルの術中維持速度 $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ で平衡に達した予想効果部位濃度は、 $7.5\text{ng}/\text{ml}$ ³⁾ となり、大部分の手術侵襲に対応できる。また、より大きな侵襲が加わる前には、予防的に $50\sim 100\mu\text{g}$ 単回投与することで対応が可能であった。

レミフェンタニルは、閉胸後に中止した。閉胸から皮膚縫合が終了し、術後胸部 X 線撮影終了までに約 30 分必要である。効果部位濃度が $7.5\text{ng}/\text{ml}$ から抜管が可能になる濃度に低下するには十分な時間である³⁾。

筋弛緩薬は、挿管時に用いた以外基本的に追加投与は行わなかった。十分な鎮静と鎮痛を達成しておれば、手術刺激に対して体動は起こらない。効果部位濃度予測がプロポフォール $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 、レミフェンタニル $5\text{ng}/\text{ml}$ で強い刺激でも 99% 反応を抑えることができる⁴⁾。また、プロポフォール目標血中濃度 $0.7\sim 2\mu\text{g}/\text{ml}$ とレミフェンタニル $0.1\sim 0.5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ の組み合わせで、筋弛緩薬初回投与のみで心臓手術が可能であるとの報告もある⁵⁾。今回のレミフェンタニル $0.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ とプロポフォール $2\mu\text{g}/\text{ml}$ 前後または吸入セボフルラン 2% は、心臓血管手術の刺激に対応するのに十分であり、追加の筋弛緩薬を投与しなくても手術が可能であったと思われる。

手術室抜管群は、有意に水分バランスが小さかった。CABG において抜管までに術後 48 時間以上かかった群は、かからなかった群に比べ水分バランスがよりプラスであったとの報告もあり⁶⁾、水分バランスを小さくするような輸液、輸血は、早期抜管に役立っていると思われた。

低体温大血管手術症例では、7 例中 1 例しか手術室抜管はできなかった。抜管できない理由は、覚醒遅延によるものが大部分である。低体温症例の覚醒が遅れる理由は不明であるが、術後数時間

では覚醒してくる。これは、手術終了時に必要以上に麻酔薬が残っている証拠である。低体温で代謝抑制されている期間などの麻酔薬の使用法を工夫すればこれらの症例でも手術室抜管が可能になるかもしれない。

レミフェンタニルを用いた場合、術後鎮痛の方法が問題になる。今回は、手術終了約 2 時間前より、フェンタニル持続静注を $0.5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hr}$ で開始した。TIVA trainer ver.8 で推定したフェンタニルの効果部位濃度は、手術終了時 $0.35\text{ng}/\text{ml}$ くらいになる。強い痛みを訴える患者もなく、おおむね良好な鎮痛効果が得られた。

結 論

レミフェンタニルを用いたファーストトラック麻酔によって 58.3% の症例で手術室抜管が可能で、術後 4 時間以内に抜管した症例を含めると 83.3% の症例で早期抜管が可能であった。今回の方法は、ファーストトラック心臓血管麻酔に安全に利用できるものと思われた。

本論文の要旨は、第 28 回日本循環制御医学会総会 (2007. 5, 和歌山市) で発表した。

文 献

- 1) Silbert BS, Santamaria JD, O'Brien JL, et al: Early extubation following coronary artery bypass surgery: a prospective randomized controlled trial. The Fast Track Cardiac Care Team. *Chest* 1998; 113: 1481-8.
- 2) Myles PS, Daly DJ, Djaiani G, et al: A systematic review of the safety and effectiveness of fast-track cardiac anesthesia. *Anesthesiology* 2003; 99: 982-7.
- 3) 木山秀哉: レミフェンタニル. *臨床麻酔* 2007; 31: 1557-68.
- 4) Kern SE, Xie G, White JL, et al: A response surface analysis of propofol-remifentanyl pharmacodynamic interaction in volunteers. *Anesthesiology* 2004; 100: 1373-81.
- 5) Gueret G, Rossignol B, Kiss G, et al: Is muscle relaxant necessary for cardiac surgery? *Anesth Analg* 2004; 99: 1330-3.
- 6) Cohen AJ, Katz MG, Frenkel G, et al: Morbid results of prolonged intubation after coronary artery bypass surgery. *Chest* 2000; 118: 1724-31.

Fast-Track Anesthesia Using Remifentanil Aimed for Tracheal Extubation in the Operation Room after Cardiovascular Surgery

Masashi Nakagawa, MD*, Kyoko Naitou, MD*, Yoshiroh Kaminoh, MD**

*Department of Anesthesia, Social Insurance Kinan Hospital, Wakayama, Japan

**Department of Anesthesia, Hyogo College of Medicine, Hyogo, Japan

Many kinds of anesthetic regimens are employed for fast-track cardiovascular surgery. We introduce our fast-track anesthesia method using remifentanil aimed for tracheal extubation in the operation room after cardiovascular surgery. Anesthesia was induced and maintained by target controlled infusion of propofol (in cases using cardiopulmonary bypass (CPB)) or sevoflurane (in cases not using CPB) with remifentanil infusion 0.3mcg/kg/min. Intravenous fentanyl infusion 0.5 μ g/kg/hr was started at about 2 hours before the end of surgery for postoperative analgesia. After the surgery, patients were awakened and extubated if chest X-ray didn't show

any abnormal signs. Tracheal extubation in the operation room was achieved 58.3% of patients, and no severe complication was observed. Compared with having been possible for the operating room extubation as for 76.5% of cardiac surgery, the vascular surgery was able to do the operating room extubation only 14.3% ($p=0.005$). However, when the cases which were able to carry out the extubation was included within 4 hours after ICU entering, the extubation was possible for 83.3% of total cases. Thus, this anesthetic method with remifentanil could be used as one of regimens for fast-track cardiovascular anesthesia.

Key words : Remifentanil, fast-track anesthesia, extubation in the operation room

(Circ Cont 2008; 29: 71-75.)