

## 原 著

成人心臓外科手術における  
Modified Ultrafiltration の有用性

澤 田 敦 史\*, 枝 長 充 隆\*, 宮 下 龍\*, 山 蔭 道 明\*

## 要 旨

2010年1月から2011年2月までに開心術・大血管手術を施行された成人患者70症例を対象に、成人心臓血管外科手術における Modified ultrafiltration (MUF) の有用性を後ろ向きに検討した。MUF 施行により収縮期血圧は有意に上昇した。MUF 施行群は、少ない赤血球濃厚液投与量で、体外循環前後および体外循環終了後のヘマトクリット値を MUF 非施行群とほぼ同等に保つことができた。MUF 群は、MUF 非施行群と比較して、晶質液および膠質液の投与量も有意に少なかった。本研究の結果から、MUF は小児開心術に限らず、成人心臓外科手術においても有用であることが示唆された。

## 緒 言

Elliott らによれば、Modified Ultrafiltration (MUF) は小児開心術において体外循環終了直後に急速にヘマトクリット値を上昇させ、術後浮腫を軽減させると言われている<sup>1~3)</sup>。以降、MUF の有用性は血液濃縮効果にとどまらず、術後の呼吸機能<sup>2)</sup>や術後の左心機能の改善<sup>3~5)</sup>、術後出血量と輸血量の減少<sup>2,6,7)</sup>が報告されており、現在の小児心臓外科手術の進歩を支える補助手段の一つとなっている。さらに近年では、成人心臓手術にも応用され<sup>8)</sup>、胸部大動脈瘤手術症例<sup>9)</sup>、弁膜症再手術症例<sup>10)</sup>、冠動脈バイパス手術症例<sup>11)</sup>において、小児症例と同等の効果を有することが報告されている。

当院では、体外循環後の血液濃縮を目的として、

2010年1月より成人心臓外科手術において MUF を施行している。今回、成人心臓外科手術における MUF の有用性に関して、とくに MUF 後の呼吸循環動態に注目し、後ろ向きに検討した。

## 方 法

2010年1月から2011年2月の間に開心術・大血管手術を施行した成人患者70症例を対象とし、MUF 非施行群(以下、C群、n=43)と MUF 施行群(以下、M群、n=27)とに分けた。患者割り付けは術者が行った。検討項目は、①体外循環終了時と終了15分後および MUF 終了時と終了15分後の収縮期血圧と脈拍数、②カテコラミン投与量と PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> 比 (P/F ratio)、③体外循環前後および手術終了時のヘマトクリット値(以下、Hct 値)、④体外循環終了後の赤血球濃厚液(以下、RCC)、新鮮凍結血漿(以下、FFP)、血小板濃厚液(以下、Plt)の投与量、および、⑤晶質液と膠質液の総投与量とし、両群間で比較した。結果は平均値±標準偏差、中央値と IQR (inter-quartile range) または n で示した。統計学的検定には、unpaired t-test, Mann-Whitney's U-test, Friedman's test を用い、p < 0.05 を統計学的有意とした。

MUF の施行方法は、脱血ポートに送血管を用い、返血ポートに脱血管を使用する A-V mode を選択した。ヘモフィルターには、ポリエーテルスルホン (PES) 膜 (BC140Plus<sup>®</sup>; MAQUET 社製、有効膜面積 1.35m<sup>2</sup>、最小/最大使用血液流量 100/500mL/分) を用いた。血液流量は 100mL/分とし、MUF 施行時間は 15 分間とした。除水量に合わせ、リザーバに酢酸リンゲル液 (VeenF<sup>®</sup>; 興和創薬、東京) を投与し、回路残血を濃縮して患者に返血した。MUF

\*札幌医科大学医学部麻酔科学講座

表1 手術術式

	C 群 (n=43)	M 群 (n=27)
弓部全置換術	15	10
上行大動脈置換術	0	2
大動脈弁置換術	13	6
僧帽弁置換術または形成術	9	4
上行大動脈置換術+大動脈弁置換術	4	2
その他	2	3

表2 患者背景

	C 群 (n=43)	M 群 (n=27)
性別(女性/男性)	19/24	12/15
年齢(歳)	66.1±1.9	63.6±3.7
体重(kg)	59.1±1.8	57.9±2.2
身長(cm)	160.0±1.3	161.5±1.7
麻酔時間(分)	503±15	493±19
手術時間(分)	406±16	393±19
体外循環時間(分)	211±9	194±12
大動脈遮断時間(分)	131±8	129±11

平均値±標準偏差または数

表3 体外循環終了後循環動態

	C 群		M 群	
	体外循環終了直後	体外循環終了 15 分後	MUF 終了直後	MUF 終了 15 分後
収縮期血圧(mmHg)	97.6±11.6	95.6±11.9	92.4±9.8	103.4±14.8*
脈拍数(bpm)	87.4±10.8	86.4±10.9	86.7±13.9	86.5±15
ドパミン( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ )	2 (IQR 0, 3)	1 (IQR 0, 3)	2 (IQR 0, 3)	1 (IQR 0, 3)
ドブタミン( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ )	2 (IQR 0, 3)	2 (IQR 0, 3)	1 (IQR 0, 3)	0 (IQR 0, 3)
PaO <sub>2</sub> /FIO <sub>2</sub>	399±22	355±17	375±23	356±17

平均値±標準偏差または中央値(IQR 第1, 3 四分位数)

\*p<0.05(MUF 終了直後と比較して)

終了後の回路残血は血液保存用バッグに採取し、患者に返血した。

## 結 果

両群間の手術術式および患者背景をそれぞれ表1と表2に示した。術式と患者背景に関して、両群間で有意差は認めなかった。

収縮期血圧の変化に関して、C群では体外循環終了時と終了15分後はそれぞれ97.6±11.6mmHgと95.6±11.9mmHgで有意な変化は認めなかったが、M群ではMUF終了時と終了15分後はそれぞれ92.4±9.8mmHgと103.4±14.8mmHgで有意に上昇した(表3)。

脈拍数の変化に関して、両群とも有意な変化は

認めなかった。カテコラミン投与量とP/F ratioは両群とも有意な変化は認めなかった。

体外循環中の輸血量に関して、C群とM群のRCC投与量の中央値はそれぞれ8単位(6-12)と0単位(0-8)で、M群が有意に少なかった(図2)。

Hct値の変化に関して、C群において体外循環前後で33.9±4.8%から29.8±3.7%と有意に低下した。M群は34.4±4.9%から31.6±5.2%と低下したが、統計学的検定で有意差は認めなかった(図1)。体外循環終了直後と手術終了時の比較では、両群とも有意な変化は認めなかった。

体外循環後の輸血量に関しては、C群とM群のRCC投与量の中央値はそれぞれ4単位(0-8)と0単位(0-4)で、M群が有意に少なかった(図2)。FFP

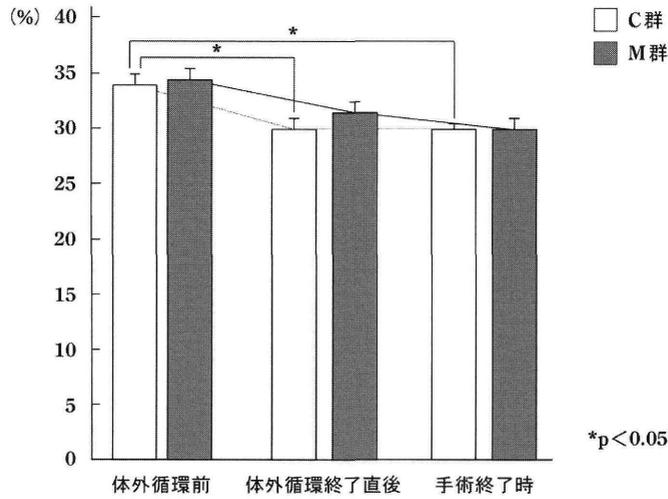


図1 体外循環前後および手術終了時のヘマトクリット値の推移

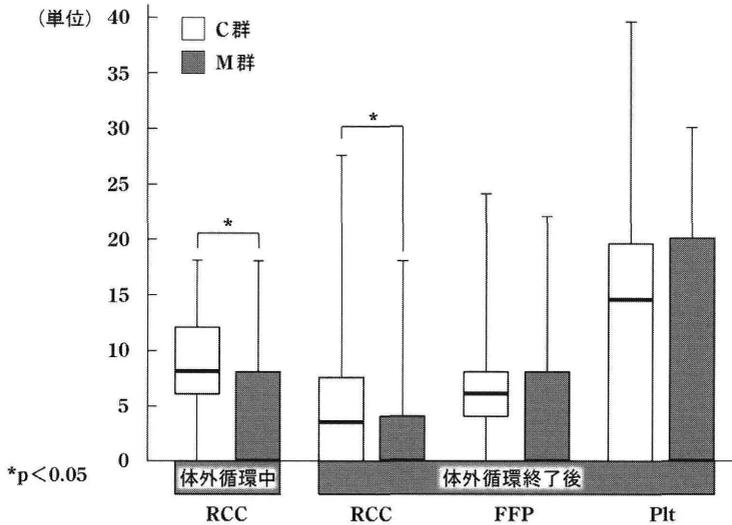


図2 体外循環中および体外循環終了後の同種血輸血投与量

投与量と Plt 投与量は両群間で差はなかった。輸液量に関しては、C 群と M 群それぞれ 2,415 ± 251 mL と 1,762 ± 260 mL で、M 群が有意に少なかった(図3)。MUF 施行による合併症は認めなかった。

考 察

Magilligan らが血液濃縮と血管外水分除去を目的として行った ultrafiltration (conventional ultrafiltration)<sup>12)</sup> は、人工心肺中から行うもので、リザーバ血の一部が ultrafilter で濾過され、再びリザーバに返血される方法である。この conventional ultrafiltration は一定の効果は認められたものの、症例に

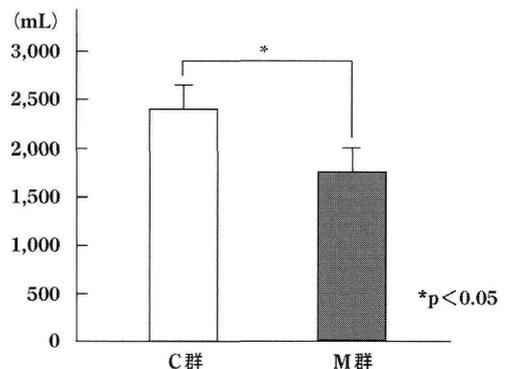


図3 体外循環終了後の晶質液・膠質液の総投与量

よってはほとんど効果がないことが指摘された<sup>3)</sup>。そこで、Elliott ら<sup>3)</sup>は人工心肺終了直後に送血管から脱血し ultrafilter で濾過し、濾過血のみを脱血管に返血する MUF を提唱した。MUF は、近年では小児開心術のみでなく、成人の開心術や大血管手術においても小児開心術と同等の効果を有することが報告されている<sup>8~11)</sup>。当院においても、2010年1月より成人の開心術・大血管手術において体外循環終了後に MUF の施行を開始した。

今回の検討において、まず循環動態に関して MUF 施行前後で収縮期血圧の有意な上昇が認められた。この機序は、水分除去による心筋浮腫の軽減や血液粘稠度上昇による体血管抵抗の上昇が考えられている<sup>2)</sup>。カテコラミンの投与量は両群間で差が認められなかったことから、小児開心術で既に報告されているように<sup>5)</sup>、成人心臓外科手術においても MUF は循環動態を改善することが示唆された。呼吸機能への影響については MUF は術直後の P/F ratio を上昇させるという報告がある<sup>2)</sup>が、今回の研究ではその有用性は明らかにできなかった。本研究では肺の酸素化能を MUF 前後でのみで検討したことが、呼吸機能改善効果につながらなかった要因かもしれない。

血液濃縮能に関しては、C 群は体外循環前後で約 3% の Hct 値の低下を認め、M 群でも体外循環前後で C 群とほぼ同等の Hct 値の低下を認めた。しかし、体外循環中の RCC 投与量は、C 群と比較して M 群は有意に少なかった。M 群において、より少ない RCC 投与量で体外循環後の Hct 値を C 群とほぼ同等に保つことができたのは、MUF の血液濃縮効果によるものと考えられる。

また、M 群は体外循環後の RCC 投与量が有意に少なかったが、手術終了時に C 群とほぼ同等の Hct 値を保つことができた。このことから、MUF には余計な輸血を防ぎ、術後浮腫を軽減する作用があるのではないかと推測している。これは、M 群が C 群と比べて体外循環終了後の総輸液量が有意に少なかった点からも支持できる。MUF には体外循環の使用に伴う炎症性メディエータの除去により体液の血管外移動いわゆる capillary leak を軽減する作用があるとも報告<sup>13)</sup>されており、今回の研究結果に影響した可能性はある。

一方、Elliott ら<sup>2)</sup>は MUF の止血効果に関してそ

の有用性を報告している。今回の結果からは FFP 投与量や Plt 投与量は両群間に差はなく、MUF の止血効果への寄与は認めなかった。しかし、本研究は開心術と大血管手術を含めた後ろ向きの結果である。大血管手術において輸血は基本的に避けられない場合が多いが、一方で弁置換術や冠動脈バイパス術では、無輸血が可能な症例も散見される。したがって、MUF の止血効果を検討する上では、今後は大血管手術以外での前向き検討が必要である。

最後に、本研究は後ろ向き研究であるため、患者背景などに有意差はないものの、MUF 選択基準等が無作為でなかったことは否めない。これは、成人心臓外科手術における MUF の有効性に関する報告が少なく、術者によっては、患者背景や術式によらず、体外循環終了後に MUF 非施行症例があったためと考えられた。

## 結 論

本研究では、Modified ultrafiltration (MUF) により循環動態が速やかに改善しただけでなく、体外循環中および体外循環終了後の赤血球濃厚液、晶質液、膠質液の投与量を減少した。MUF は小児開心術に限らず、成人心臓外科手術においても有用であることが示唆された。

## 文 献

- 1) Naik SK, Knight A, Elliott MJ: A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991; 6: 41-50.
- 2) Naik SK, Knight A, Elliott MJ: A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation* 1991; 84 (5 Suppl): III422-31.
- 3) Elliott MJ: Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 1518-22.
- 4) Daggett CW, Lodge AJ, Scarborough JE, et al: Modified ultrafiltration versus conventional ultrafiltration: a randomized prospective study in neonatal piglets. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 336-42.
- 5) Davies MJ, Nguyen K, Gaynor JW, et al: Modified ultrafiltration improves left ventricular systolic function in infants after cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 361-70.
- 6) Koutlas TC, Gaynor JW, Nicolson SC, et al: Modified ultrafiltration reduces postoperative morbidity after ca-

- vopulmonary connection. *Ann Thorac Surg* 1997; 64: 37-43.
- 7) Bando K, Vijay P, Brown JW, et al: Dilutional and modified ultrafiltration reduces pulmonary hypertension after operations for congenital heart disease: a prospective randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 517-27.
- 8) 尾上雅彦, 麻柄達夫, 笹井三郎ら: Modified Ultrafiltration の成人開心術への応用. *胸部外科* 1999; 52: 451-4.
- 9) 鎌田 誠, 井口篤志, 田林暁一ら: 胸部大動脈瘤手術における Modified Ultrafiltration の効果. *低体温会誌* 1999; 19: 8-14.
- 10) 鎌田 誠, 新堀耕基, 松浦 健ら: 弁膜症再手術症例に対する Modified Ultrafiltration の有効性. *胸部外科* 2001; 54: 119-24.
- 11) 鎌田 誠, 新堀耕基, 松浦 健ら: 冠動脈バイパス術における modified ultrafiltration の有用性. *胸部外科* 2001; 54: 463-7.
- 12) Magilligan DJ, Oyama C: Ultrafiltration during cardiopulmonary bypass: laboratory evaluation and initial clinical experience. *Ann Thorac Surg* 1984; 37: 33-9.
- 13) Ungerleider RM: Effects of cardiopulmonary bypass and use of modified ultrafiltration. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: S35-9.

### Usefulness of Modified Ultrafiltration to Adult Patients after Cardiovascular Surgery

Atsushi Sawada\*, Mitsutaka Edanaga\*, Ryo Miyashita\*, Michiaki Yamakage\*

\*Anesthesiology, Sapporo Medical University School of Medicine, Sapporo, Japan

**Introduction:** Modified ultrafiltration (MUF) can remove excess water and inflammatory mediators from the circulation after cardiopulmonary bypass (CPB) in pediatric patients. However, the value of MUF in adult patients remains unknown.

**Methods:** We retrospectively investigated hemodynamic functions after MUF in 70 adult patients who had undergone cardiovascular surgery.

**Results:** Systolic blood pressure was significantly increased after MUF. The hematocrit after CPB decreased in the control, but not in the MUF group. The

MUF group required less red blood cell products, colloids and crystalloid solution resuscitation than the control group. No adverse events were associated with MUF.

**Discussion:** Modified ultrafiltration can safely achieve hemoconcentration, resulting in increases of systolic blood pressure after CPB, less intraoperative red blood cell transfusion and lower postoperative fluid resuscitation.

**Conclusion:** Modified ultrafiltration can improve hemodynamic function and diminish transfusion requirements not only for pediatric, but also for adult patients.

**Key words :** hemodynamic function, systolic blood pressure, hematocrit

(*Circ Cont* 2012; 33: 199-203.)