

心臓血管外科手術における自己血及び同種血輸血の現状と適正準備方法の検討

小川 公代¹⁾ 戸出 浩之¹⁾ 碓井 正²⁾ 志賀 達哉²⁾ 滝原 瞳³⁾
 小此木修一³⁾ 岡田 修一³⁾ 木村知恵里³⁾ 長谷川 豊³⁾ 江連 雅彦³⁾
 金子 達夫³⁾

心臓血管外科の術式別自己血及び同種血輸血施行の現状を調査し、効率的で的確かつ適正な手術血液準備方法について検討した。

冠動脈バイパス術 (CABG), 体外循環不使用冠動脈バイパス術 (OPCAB), 弁置換・形成術 (VALVE), 胸部大動脈人工血管置換術 (真性瘤) (TAA), 同術 (急性解離) (AAD), 腹部大動脈人工血管置換術 (真性瘤) (AAA), 同術 (破裂) (ruptured-AAA) の術式で施行された 2,601 例について、手術中の輸血施行状況を調査、同種血輸血の背景因子について検討した。また SBOE と MSBOS による血液準備の適正性を検証した。

全ての術式に共通する同種血使用の背景因子は術中出血量、循環血液量に対する出血量割合、術前ヘモグロビン値であった。効率的な自己血及び同種血準備方法は、① OPCAB, AAA では回収式のみ、② CABG, VALVE では回収式と希釈式を併用、③ TAA では回収式、希釈式、貯血式の併用、④ AAD, ruptured-AAA では回収式及び MSBOS に基づく同種血準備を基本とし、更にいずれの術式においても術前貧血のある症例では SBOE に基づく同種血準備を加味する必要があると考えられた。

キーワード：心臓血管外科手術、自己血輸血、同種血輸血

はじめに

同種血の安全性は近年格段に向上してきたが¹⁾、感染性副作用のみならず輸血関連急性肺障害などの免疫反応による合併症を根絶することは困難であり、自己血輸血の普及、適応の拡大が求められている²⁾。しかし、重症かつ高齢患者の増加、手術手技や止血法の進歩により、心臓血管外科手術に関しては貯血式自己血輸血を行う割合は必ずしも増加していないのが現状である³⁾。また、心臓血管外科手術における輸血使用量は、外科手技や輸血に対する考え方の差により施設間差が大きいことも指摘されている⁴⁾。

当センターでは、以前は自己血輸血を貯血式主体に行ってきたが⁵⁾、近年では希釈式を積極的に実施することにより、同種血無輸血手術を推進している⁶⁾。

一方、血液凝固障害に陥りやすい急性大動脈解離や大量出血となる腹部大動脈瘤破裂など、同種血の使用が不可避で緊急手術を必要とする重症例も年々増加しているが、血液製剤の過剰な準備は廃棄につながるリスクが大きく、症例または術式毎に無駄のない的確な

血液準備が求められている。血液製剤は献血により得られる貴重な製剤であり、血液法⁷⁾の基本理念に則り適正かつ有効に使用することが医療関係者の責務でもある。

当院の心臓血管外科手術における術式別の自己血及び同種血輸血施行の現状を調査し、効率的で的確かつ適正な手術血液準備方法について検討した。

対象および方法

2003年9月から2013年3月までに行われた心臓血管外科手術のうち、次の7つの術式分類で施行された2,601例 (Table 1) を対象として、手術中の回収式自己血 (Intraoperative blood collection, IBC), 希釈式自己血 (Acute normovolemic hemodilution, ANH), 貯血式自己血 (Preoperative autologous blood donation, PABD) 及び赤血球製剤 (Red cell concentrates, RCC), 新鮮凍結血漿 (Fresh frozen plasma, FFP), 濃厚血小板 (Platelet concentrates, PC) 輸血施行状況について調査した。FFPは120mlを1単位として集計した。

1) 群馬県立心臓血管センター技術部

2) 群馬県立心臓血管センター麻酔科

3) 群馬県立心臓血管センター心臓血管外科

〔受付日：2015年3月27日、受理日：2015年9月14日〕

Table 1 Patient characteristics

Procedure	Number of cases	Age (mean ± SD)	Weight (kg) (mean ± SD)	Sex male/female
CABG	545	66 ± 11	62 ± 11	415/130
OPCAB	291	70 ± 9	51 ± 11	234/57
VALVE	846	67 ± 12	57 ± 13	475/371
TAA	184	67 ± 10	62 ± 12	138/46
AAD	216	67 ± 13	60 ± 15	105/111
AAA	427	72 ± 9	61 ± 11	360/67
ruptured-AAA	92	74 ± 10	61 ± 12	81/11

(1) 冠動脈バイパス術

①体外循環使用冠動脈バイパス術(on pump coronary artery bypass grafting, CABG) 545 例

②体外循環不使用冠動脈バイパス術(off-pump CABG, OPCAB) 291 例

(2) 開心術

弁置換または弁形成術(valve replacement or plasty, VALVE) 846 例

(3) 大血管手術

①胸部大動脈人工血管置換術(真性瘤)(graft replacement for thoracic aortic aneurysm, TAA) 184 例

②胸部大動脈人工血管置換術(急性解離)(graft replacement for acute aortic dissection, AAD) 216 例

③腹部大動脈人工血管置換術(真性瘤)(graft replacement for abdominal aortic aneurysm, AAA) 427 例

④腹部大動脈人工血管置換術(破裂)(graft replacement for ruptured AAA, ruptured-AAA) 92 例

なおグループごとの比較を明確にするため、複数の術式により施行された症例は除外した。AAD, ruptured-AAA は緊急手術として施行されることが多く、それ以外の術式では殆どが予定手術として実施された。

RCC 輸血は、人工心肺中は Hb5g/dl, 人工心肺離脱後は Hb8g/dl をトリガーとして実施した。また手術終了時のヘモグロビン値(Hb)が 10~11g/dl を維持するように輸血を実施した。

希釈式自己血の適応は基本的に術前 Hb11.0g/dl 以上、ヘマトクリット 30% 以上を目途に循環動態を考慮し決定した。回収式自己血は、CABG, VALVE, TAA, AAD に対しては洗浄式により、OPCAB, AAA, ruptured-AAA については非洗浄式により実施した。

また、適切な同種血準備のため、同種血使用群(同種血群 428 例)、不使用群(非同種血群 2,173 例)間で、年齢、体重、術中出血量、循環血液量(体重 1kg あたり 70ml)に対する出血量割合、手術前及び入室時の Hb、希釈式及び貯血式自己血量と実施率を比較し、同種血使用の背景因子について検討した。統計学的検証は Student's t-test で有意差を検証し、 $P < 0.05$ をもって有意差ありとした。なお、本論文での同種血とは赤血球製剤

を示すこととする。

更に、手術時の血液準備量算出方法⁸⁾として手術血液準備量計算法(Surgical blood order equation, SBOE)及び最大手術血液準備量(Maximal surgical blood order schedule, MSBOS)を用いた準備量を算出し、その妥当性を検討した。SBOE は次の式から算出した⁹⁾。許容 Hb は 10g/dl とした。

$$\text{許容出血量 (ml)} = \text{循環血液量 (ml)} \times (\text{術前 Hb} - \text{許容 Hb}) / \text{術前 Hb (g/dl)}$$

$$\text{準備単位数} = (\text{平均出血量} - \text{許容出血量}) (\text{ml}) / 200$$

MSBOS は術式平均輸血量の 1.5 倍⁸⁾とし、小数点以下は四捨五入し整数単位数とした。

当院では本データ収集開始当初の 2003, 2004 年に、術式毎の RCC 準備量と輸血量のデータを輸血療法委員会へ提示し、その後適宜データ提供を行ってきたが、その効果について、準備量と輸血量の比(Crossmatch/Transfusion, C/T)及び RCC 廃棄率の推移を調査した。

結 果

1. 心臓血管外科手術全体における自己血及び同種血輸血施行状況 (Fig. 1)

全 2,601 例中 2,133 例 (82.0%) が自己血のみで施行されていた。自己血・同種血併用は 401 例 (15.4%)、同種血のみの施行例は 7 例 (0.3%) であった。また、自己血、同種血の何れも行われなかった完全無輸血例が 60 例 (2.3%) あった。全体の同種血回避率は 84.3% であった。

自己血のみでの手術施行例の詳細は、回収式と希釈式の併用例が 1,254 例 (48.2%) と最も多く、回収式のみが 749 例 (28.8%)、回収式、希釈式及び貯血式併用例は 73 例 (2.8%)、その他 57 例 (2.2%) であった。

2. 自己血輸血の実施状況 (Table 2)

回収式は、OPCAB で実施率 79.7% とやや低いものの、殆どの術式では 95% 以上の実施率だった。全体では 96.1% の症例で実施されていた。

希釈式は、CABG, VALVE, TAA では実施率 79% 以上と高く、緊急手術となる AAD においても 30.6% に実施されていた。一方、OPCAB, AAA では 10.7%

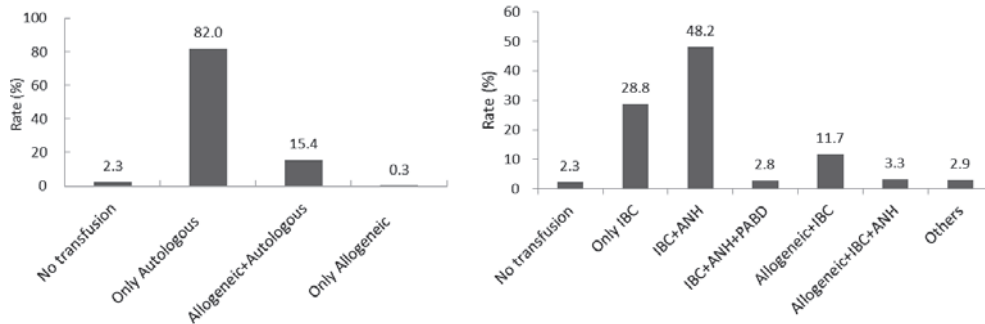


Fig. 1 Rates of allogeneic and autologous transfusions in all cardiovascular surgeries

4.7%と低い実施率であった。全体では56.6%の症例に実施されていた。

貯血式は、TAAでは36.4%に実施されていたが、他の術式では殆ど行われておらず、全体では2.9%の実施率であった。

3. 術式別輸血施行状況 (Table 2, Fig. 2)

(1) 冠動脈バイパス術

① CABG：回収式+希釈式での施行例が545例中442例(81.1%)と最も多く、次いで回収式のみの実施が61例(11.3%)で、同種血回避率は93.0%であった。貯血式の実施例は2例(0.4%)であった。

平均同種血輸血量はいずれの製剤も1単位未満で、輸血率はRCC7.0%、FFP1.3%、PC0.2%であった。

② OPCAB：回収式のみの実施が291例中194例(66.7%)と最も多く、次いで完全無輸血例が48例(16.5%)、回収式+希釈式が31例(10.7%)で、同種血回避率は96.2%であった。貯血式の実施例はなかった。

平均同種血輸血量はいずれの製剤も1単位未満で、輸血率はRCC3.8%、FFP及びPCは1%未満であった。

(2) 開心術

VALVEでは、回収式+希釈式での施行例が846例中689例(81.4%)、回収式のみが113例(13.3%)で、同種血回避率は93.7%であった。貯血式の実施は4例(0.5%)であった。

平均輸血量はいずれの製剤も1単位未満で、輸血率はRCC6.3%、FFP2.7%、PC1.3%であった。

(3) 大血管手術

① TAA：回収式+希釈式+貯血式での施行例が184例中72例(39.1%)と最も多く、次いで、回収式+希釈式が54例(29.3%)で、同種血回避率は75.0%であった。

同種血輸血率(平均輸血量)はRCC25.0%(2.1 ± 4.7 単位)、FFP23.9%(2.4 ± 4.9 単位)、PC17.9%(4.0 ± 9.4 単位)であった。

② AAD：216例中175例(81.0%)に同種血が使用され、同種血輸血率(平均輸血量)はRCC80.6%(6.2 ± 4.9 単位)、FFP87.0%(8.8 ± 6.2 単位)、PC77.8%($18.4 \pm$

12.8単位)であった。自己血のみで施行された症例は42例(19.4%)あり、内訳は回収式+希釈式が30例(13.9%)、回収式のみが12例(5.5%)であった。

③ AAA：回収式のみでの施行例が427例中354例(82.9%)と最も多く、次いで回収式+希釈式が21例(4.9%)で、同種血回避率は90.9%であった。

同種血輸血率(平均輸血量)はRCC9.1%(0.5 ± 1.9 単位)、FFP4.0%(0.3 ± 1.8 単位)、PC3.2%(0.7 ± 4.3 単位)であった。

④ ruptured-AAA：92例中68例(73.9%)に同種血が使用され、同種血輸血率(平均輸血量)はRCC73.9%(6.2 ± 5.1 単位)、FFP68.5%(4.6 ± 4.8 単位)、PC40.2%(7.0 ± 9.3 単位)であった。回収式のみでの施行が24例(26.1%)あった。

4. 術中出血量と同種血輸血回避率 (Fig. 3)

術中出血量が少ない術式ほど同種血回避率は高い傾向を示し、平均出血量600ml未満のOPCAB、VALVE、CABG、AAAでは90%以上の同種血回避率であった。平均出血量が1,000ml以上のAAD、ruptured-AAAにおいては、同種血回避率はそれぞれ12.0、26.1%と低い傾向であった。

5. 同種血使用の背景因子の検討

(1) 同種血群、非同種血群間の比較 (Table 3)

同種血群、非同種血群間で、全ての術式において術中出血量、出血量割合、術前Hbに有意差を認めた。特にTAA、AAD、AAA、ruptured-AAAの同種血群では術中出血量は1,000ml以上、循環血液量に対する出血量割合は30%以上と高かった。この結果は血液製剤の使用指針⁸⁾にも合致しており、同種血輸血の必要性を裏付ける結果であった。一方CABG、OPCAB、VALVEの同種血群では術中出血量は500~600ml程度だが術前平均Hbが心疾患患者の目標Hb⁷⁾である10g/dlを下回っており、同種血輸血が必要なHbレベルであった。

体重については同種血群の方が低体重の傾向にありCABG、VALVE、TAA、AAD、AAAでは有意差を認めた。

年齢は大血管手術において同種血群の方が高い傾向

Table 2 Average volume and rate of autologous and allogeneic transfusions in surgical procedures

Procedure	Number of cases	Autologous transfusion				Allogeneic transfusion				Isonitric Albumin		Rate of avoidance of allogeneic blood (%)	Volume of blood loss mean \pm SD			
		IBC		ANH		PABD		RCC		FFP (1 unit = 120 ml)				PC		
		volume (ml)	rate (%)	volume (ml)	rate (%)	volume (ml)	rate (%)	units	rate (%)	units	rate (%)					
CABG	545	777 \pm 285	98.9	345 \pm 209	98.3	2 \pm 30	0.4	0.3 \pm 1.4	7.0	0.1 \pm 0.5	1.3	0.1 \pm 1.4	0.2	0.1 \pm 1.2	0.4	440 \pm 204
OPCAB	291	325 \pm 365	79.7	43 \pm 135	10.7	0 \pm 0	0.0	0.2 \pm 0.9	3.8	0.0 \pm 0.3	0.7	0.1 \pm 0.5	0.7	0.4 \pm 4.3	0.8	351 \pm 202
VALVE	846	759 \pm 456	99.3	348 \pm 227	79.3	2 \pm 27	0.6	0.3 \pm 1.5	6.3	0.2 \pm 2.9	2.7	0.2 \pm 2.2	1.3	0.0 \pm 1.0	0.2	338 \pm 259
TAA	184	987 \pm 687	98.9	423 \pm 310	79.9	180 \pm 261	36.4	2.1 \pm 4.7	25.0	2.4 \pm 4.9	23.9	4.0 \pm 9.4	17.9	3.1 \pm 13.7	10.0	794 \pm 557
AAD	216	1,080 \pm 611	98.1	158 \pm 277	30.6	0 \pm 0	0.0	6.2 \pm 4.9	80.6	8.8 \pm 6.2	87.0	18.4 \pm 12.8	77.8	3.7 \pm 11.8	16.2	1,118 \pm 600
AAA	427	1,891 \pm 1,946	95.6	17 \pm 81	4.7	1 \pm 17	0.2	0.5 \pm 1.9	9.1	0.3 \pm 1.8	4.0	0.7 \pm 4.3	3.2	0.9 \pm 5.9	3.7	594 \pm 552
ruptured-AAA	92	2,694 \pm 2,623	94.6	0 \pm 0	0.0	0 \pm 0	0.0	6.2 \pm 5.1	73.9	4.6 \pm 4.8	68.5	7.0 \pm 9.3	40.2	4.2 \pm 11.3	21.4	1,201 \pm 1,615
Total	2,601	1,011 \pm 760	96.1	236 \pm 191	56.6	14 \pm 36	2.9	1.1 \pm 2.1	16.5	1.2 \pm 2.4	13.2	2.3 \pm 3.8	10.2	0.9 \pm 4.4	3.7	537 \pm 387

Transfusion rate (%) = Number of cases transfused/Total number of cases \times 100

にあるものの、何れの術式においても有意差は見られなかった。

回収式自己血量は術中出血量を反映し、特に同種血群の術中平均出血量が1,300ml以上であるTAA, AAA, ruptured-AAAにおいて有意に多量であった。

希釈式は、CABG, VALVE, TAA, AADの非同種血群において実施率は高く、特にCABG, VALVE, TAAでは実施率80%以上であった。

貯血式は、主に実施されているTAAにおいて、同種血群に比べ非同種血群の方が実施率は高かった。

同種血群の術後Hbはいずれの術式においても10.0g/dl前後であり、血液製剤の使用指針⁷⁾に準拠し適正であった。

(2) RCC輸血量と術前Hb、出血量割合との関係

背景因子のうち、RCC輸血に特に影響があると思われる術前Hb、出血量割合の2因子とRCC輸血量の関係を三次元グラフに示した(Fig. 4)。同種血回避率が93%以上のCABG, OPCAB, VALVEにおいては、RCC輸血は術前Hb10g/dl未満または出血量割合が30%以上の群において主に行われ(Fig. 4)、平均4.9, 4.4, 5.5単位であった(Table 3)。TAA, AAD, AAA, ruptured-AAAの同種血群におけるRCC輸血量は平均8.4, 7.7, 5.3, 8.3単位で(Table 3)、Hb10g/dl未満かつ出血量割合30%以上の群に於いて輸血量は突出していた(Fig. 4)。

6. SBOE及びMSBOSの検討 (Table 4)

SBOEについては、CABG, OPCAB, VALVE, AAAでは平均0.5単位以下で血液型不規則抗体スクリーニング法(T&S)¹⁰⁾の対象であり、実際の輸血量を反映した結果であった。TAA, AADにおいては、全症例平均ではC/T1.0未満で準備量過少と算出されたが、Hb10g/dl未満症例ではC/T1.2, 1.0で適正な準備量であった。ruptured-AAAにおいてはSBOEによる準備量は適正であった。

MSBOSについては、CABG, OPCAB, VALVEが0.5単位未満、TAAは3単位、AAAは1単位、AAD及びruptured-AAAは9単位と算出された。この準備量をHb10g/dl未満症例に適用した場合、いずれの術式においてもC/T1.0以下となり準備量は過少であった。

7. 輸血療法委員会へのデータ提示の効果 (Fig. 5)

輸血療法委員会において術式毎の平均輸血量のデータ提示を開始した2003年はC/T1.91と高く、廃棄率は10.4%であったが、翌2004年から顕著に減少し、2005年以降はC/T1.3前後で推移、それに伴い廃棄率も2.6%未満を維持している。

考 察

当院の心臓血管外科では、従前は貯血式自己血輸血

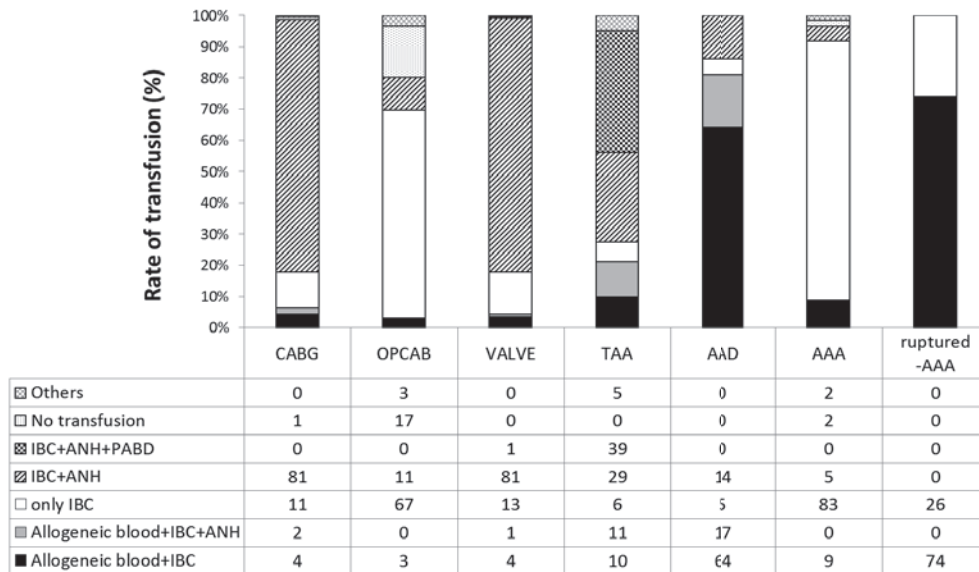


Fig. 2 Rate of allogeneic and autologous transfusion in surgical procedures

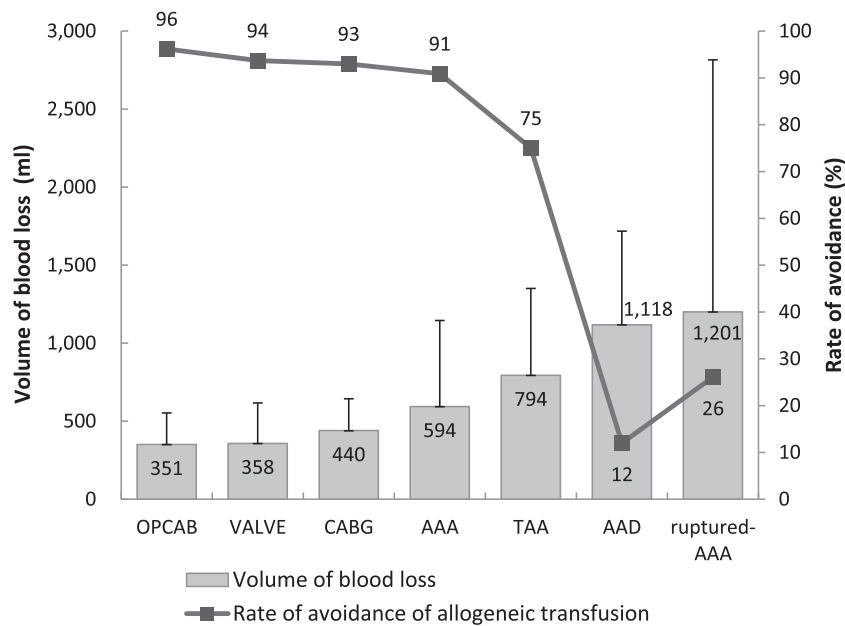


Fig. 3 Volume of blood loss during operations and rate of avoidance of allogeneic transfusion

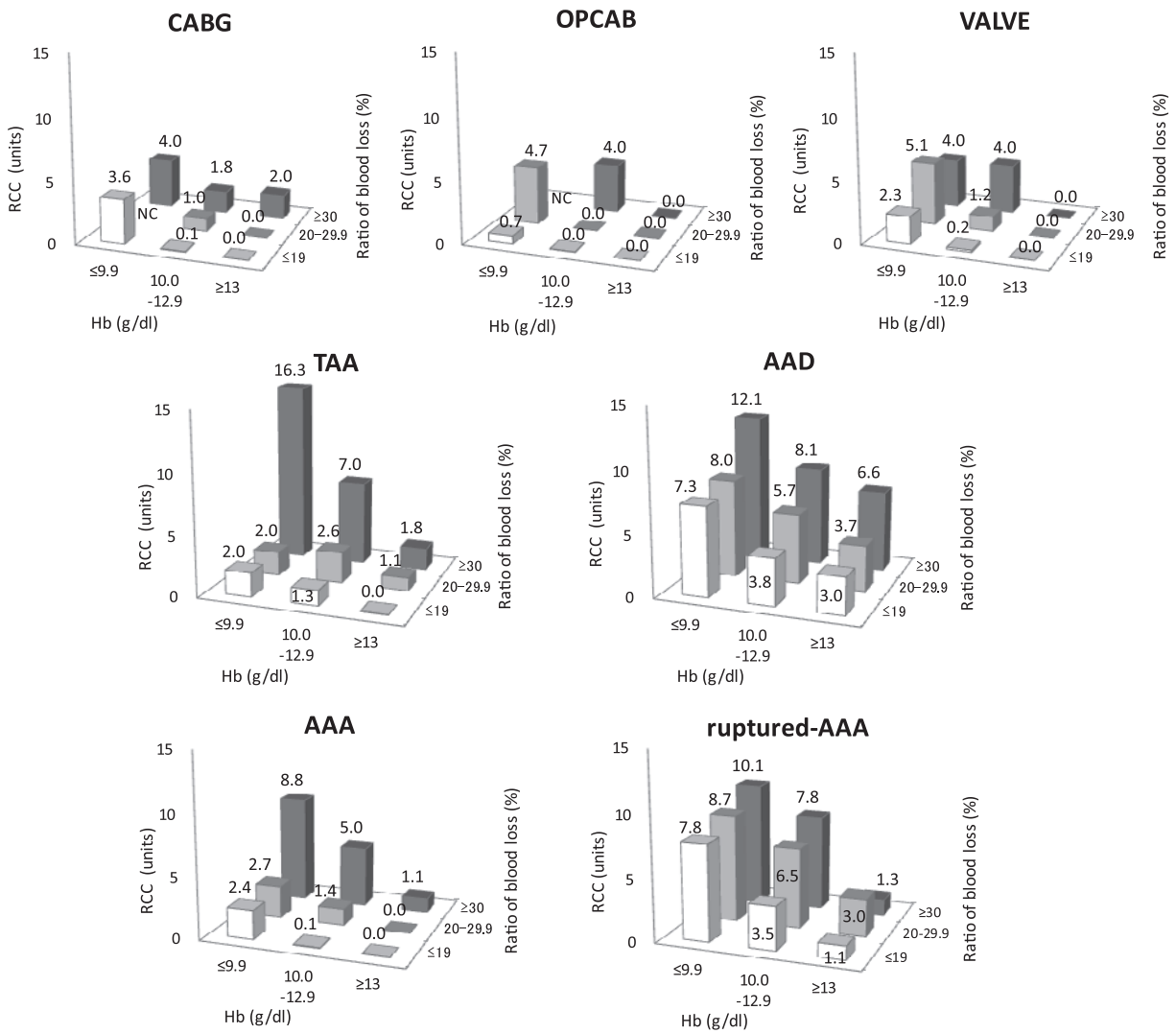
を推進し、1994年から1999年の約5年間で心大血管手術の74.4%に施行、81.3%の同種血無輸血手術を達成している¹¹⁾。しかし今回の調査期間では貯血式の実施率は2.9%にまで減少、代わりに希釈式自己血輸血が半数以上に施行され、同種血輸血回避率は84.3%と、1999年以前とほぼ同等のレベルを保っていた。このことは同種血同様、自己血についても現状をデータ分析し、術式毎に適正な実施を検討する必要があることを示唆するものである。

心臓血管外科手術における貯血式は同種血輸血回避

に有効であると従前から言われており^{12)~15)}、その有効性に対する前向き無作為試験も行われている¹⁶⁾。特に800mlの貯血が同種血回避により有効であるとの報告¹⁷⁾もある。しかし今回の我々の調査では、貯血式は殆どTAAにのみ行われており、TAA以外ではAAD, ruptured-AAAなどの緊急例を除き、貯血なしで同種血はほぼ回避可能であった。貯血式は同種血輸血回避に有効ではあるものの、CABG, OPCAB, VALVE, AAAでは出血量も600ml程度と少ないことを考慮すると、TAA以外では貯血の必要性は極めて低いといえる。一方、

Table 3 Comparison between allogeneic and autologous groups with respect to factor of transfusion

Procedure	Number of cases	Number of cases (%)	RCC (units)	Age	Weight (kg)	Hb level before operation (g/dl)	Blood loss during operation		IBC Transfused volume (ml)	ANH		PABD		Hb level end of operation (g/dl)
							Average volume (ml)	Ratio against total blood volume (%)		Transfused volume (ml)	Ratio of transfusion (%)	Transfused volume (ml)	Ratio of transfusion (%)	
CABG	545	Allogeneic	4.9±2.2	66±16	57±12	9.4±1.7	610±378	16	644±369	76±146	24	0±0	0	9.5±1.3
		Non-allogeneic	0±0	66±10	62±11	13.2±1.7	427±180	10	787±276	365±199	85	2±31	0.4	10.3±1.7
		p value		NS	<0.01	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.05	<0.0001		NS		<0.01
OPCAB	291	Allogeneic	4.4±2.4	69±8	59±16	9.2±1.7	521±380	15	685±972	36±36	9	0±0	0	9.1±1.4
		Non-allogeneic	0±0	70±9	61±11	12.6±1.9	344±190	8	311±315	43±43	11	0±0	0	10.3±1.9
		p value		NS	NS	<0.0001	<0.01	<0.001	<0.001	NS		NS		NS
VALVE	846	Allogeneic	5.5±2.5	68±11	53±12	9.4±1.4	606±370	17	736±335	37±112	12	0±0	0	9.8±1.6
		Non-allogeneic	0±0	67±12	57±12	13.2±1.8	341±241	9	760±463	368±217	84	2±28	0.6	10.6±1.6
		p value		NS	<0.05	<0.0001	<0.0001	<0.001	NS	<0.0001		NS		<0.001
TAA	184	Allogeneic	8.4±5.8	68±10	55±10	10.8±2.3	1,318±780	35	1,300±1,194	267±142	57	35±142	7	10.0±1.7
		Non-allogeneic	0±0	66±10	64±12	13.0±1.9	619±304	14	885±356	475±274	88	228±274	46	10.6±1.7
		p value		NS	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.001	<0.0001		<0.0001		NS
AAD	216	Allogeneic	7.7±4.2	69±12	59±15	11.4±2.3	1,177±677	30	1,093±650	100±229	17	0±0	0	9.6±1.9
		Non-allogeneic	0±0	62±14	64±15	13.0±2.3	873±449	19	1,024±417	395±333	73	0±0	0	9.6±2.2
		p value		NS	<0.05	<0.001	<0.01	NS	<0.0001	<0.0001		NS		NS
AAA	427	Allogeneic	5.3±3.7	77±8	55±9	10.1±1.7	1,317±1,081	35	3,397±4,479	58±71	3	0±0	0	9.8±1.6
		Non-allogeneic	0±0	72±9	62±11	13.5±1.7	521±404	12	1,519±1,367	18±82	5	0±0	0.2	11.5±5.0
		p value		NS	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	NS		NS		<0.05
ruptured-AAA	92	Allogeneic	8.3±4.1	75±9	60±11	9.7±2.1	1,344±1,832	32	3,018±2,859	0±0	0	0±0	0	9.6±1.4
		Non-allogeneic	0±0	69±20	64±11	13.1±1.8	784±542	19	1,788±1,514	0±0	0	0±0	0	10.5±1.5
		p value		NS	NS	<0.0001	<0.05	<0.05	<0.05	NS		NS		<0.05



*NC : no case

Fig. 4 Average units of RCC transfusion by hemoglobin level before operation and ratio of blood loss during operation

Table 4 Equation for preparing transfusion by using SBOE and MSBOS

Procedure	Transfused RCC		SBOE				MSBOS		
	All cases	Cases of Hb<10 g/dl	All cases	C/T (c/a)	Cases of Hb<10 g/dl	C/T (d/b)	All cases	C/T (e/a)	Cases of Hb<10 g/dl
	units (a)	units (b)	units (c)		units (d)		units (e)		C/T (e/b)
CABG	0.3±1.4	3.7±3.2	0.5±1.7	(T&S)	5.3±3.2	1.4	<0.5	(T&S)	0.1
OPCAB	0.2±0.9	1.0±2.1	0.5±1.5	(T&S)	4.2±1.7	4.3	<0.5	(T&S)	0.2
VALVE	0.3±1.5	2.8±3.3	0.4±1.4	(T&S)	4.4±2.6	1.5	<0.5	(T&S)	0.2
TAA	2.1±4.7	7.6±8.6	1.6±3.4	0.8	9.3±4.1	1.2	3	1.5	0.4
AAD	6.2±4.9	10.0±5.7	3.8±4.2	0.6	10.3±3.9	1.0	9	1.5	0.9
AAA	0.5±1.9	3.7±3.7	0.5±1.5	(T&S)	5.5±2.1	1.5	1	1.5	0.3
ruptured-AAA	6.2±5.1	8.9±4.0	6.1±5.9	1.0	10.9±5.5	1.2	9	1.5	1.0

大血管手術において1,600ml程度の多量の貯血により約75%の症例で同種血無輸血が達成されているとの報告¹⁸⁾もあり、TAAにおいては貯血式を行う意義があると考

えられる。同種血による感染性及び免疫性副作用回避のため、また将来の献血人口の減少に備えるためにも貯血式が推進されていくことが望ましいが、採血時の

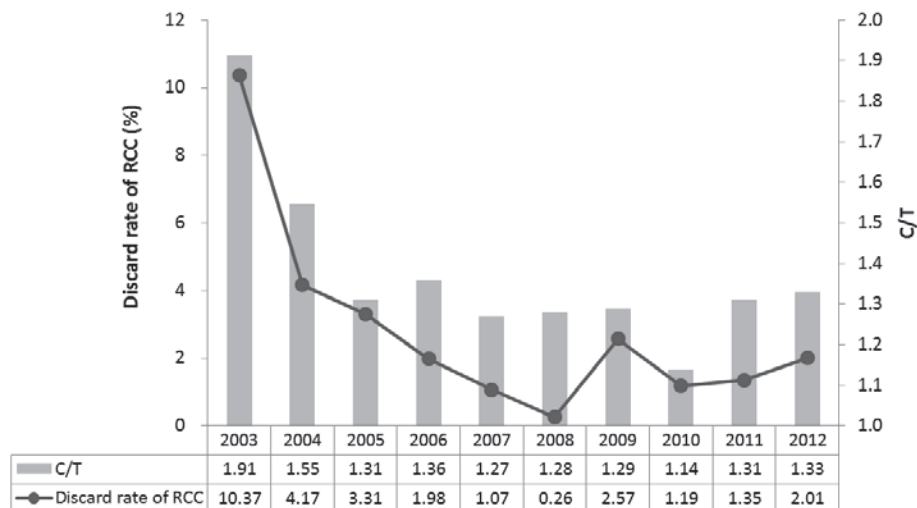


Fig. 5 Changes in discard rate of RCC and Crossmatch/Transfusion (C/T)

血管迷走神経反射や細菌汚染の危険性など100%安全とは言えない状況下にあつては、貯血式も必要最小限にとどめることが望ましく、術式毎の同種血使用症例のデータから貯血式の必要性を検証していくことが安全な輸血医療に繋がると考えられる。

希釈式の利点は、手術時の赤血球の喪失量が実質的に軽減できること、採血後室温保存され早期に戻し輸血されるため血小板機能を保持できることであり、加えて緊急手術にも対応可能であり、全身麻酔下での採血や輸血過誤に対する安全性も挙げられる^{19)~22)}。希釈式の問題点として急激な循環動態の変化を生じる危険性が指摘されているが²⁰⁾、当院ではこれまでのところ希釈式の実施に伴って循環動態が悪化した事例はなく、麻酔科医による監視下に安全域を考慮して実施されるのであればこのような危険性は回避可能と思われる。ANHが同種血輸血の必要性に関わる独立因子の一つであるとの報告²³⁾²⁴⁾もあるが、今回の我々の調査では体重や術前Hb、出血量等の他因子も同種血不使用に大きく関与していると考えられるため、希釈式のみ有用性を明確に示すことはできない。2011年米国胸部外科学会・心臓血管麻酔学会のガイドライン²⁵⁾におけるANHのエビデンスレベルはクラスIIbであり、有効性は未だ十分に確立されたものではなく同種血輸血回避のための様々な方策の一つとみなされている。当院が貯血式から希釈式中心にシフトしてもほぼ同等の同種血回避率を維持していたことは、希釈式の補完的役割¹⁵⁾を反映している可能性もあるが、今後は出血量の少ない術式でのANHの必要性についても検討する余地があると考えられる。

回収式はOPCABを除いてほぼ全例に行われており、回収式施行の有無による比較データは得られないため希釈式同様その有効性を明確に示すことは出来ないが、回収式自己血量から推し測っても、最終的な出血量の

削減と同種血回避に十分寄与しているものと推察される。回収式の利点は手術までに準備期間が無いこと、緊急で大量出血を伴う手術では特に効果を発揮する²⁶⁾ため、特にAADやruptured-AAAのような緊急手術症例ではメリットが大きく、同種血使用量の削減に大きく貢献していると思われる。

術式別では、CABG及びVALVEでは回収式と希釈式の併用により、OPCABでは更に完全無輸血または回収式のみにより、貯血式を施行せずとも高い同種血回避率を維持していた。これらの術式では術中出血量の少ないことが同種血の回避につながっていたと考えられる。同種血を必要としたグループでは術前に既に、心臓血管外科手術での目標Hb10g/dl⁷⁾を下回る貧血があり、許容できる出血量が少ないことに起因する輸血であった。同種血回避率の高いこれら3術式においては、術前Hb10g/dl以上の症例では基本的に貯血式自己血及び同種血を準備する必要性はなく、CABG及びVALVEでは回収式及び適応症例での希釈式の実施により、またOPCABでは回収式のみの実施により同種血は回避可能であると考えられる。術前Hb10g/dl未満の症例についてのみ、SBOEに基づく同種血準備の対応が望まれる。

AAAでは、回収式のみで殆ど同種血回避可能であり、同種血が必要とされた症例は術前貧血と低体重から許容出血量の不足が認められ、出血量割合も高く輸血が必要となる複数の条件が揃っていた。貯血式及び希釈式は前者では不要、後者では適応外であり、AAAでは貯血式及び希釈式を行う意義は極めて低いといえる。同種血群の術前平均Hbを考慮すると、術前Hb11g/dl未満症例ではSBOEに基づく同種血準備が望ましいと考えられる。

TAAは、3種類の自己血輸血が併用されている術式

であり、結果には具体的に示していないが、回収式、希釈式に加え貯血式の併用例では同種血回避率は95%に上っていた。回収式と希釈式のみでは同73%であり、希釈式に加えて貯血式の実施が唯一望まれる術式であると推察される。同種血使用群の術前Hb及び出血量割合と、同種血輸血率を考慮すると、同種血準備方法としては術前Hb11g/dl未満の貧血症例でのSBOEによる術前準備に加え、術中出血の程度に応じた追加オーダーで対応可能と思われる。

AADは、今回検討した術式の中で最も同種血輸血率が高く、特に他の術式に比べFFP、PCの輸血量が多かった。このことは、AADが術前からの消費性凝固障害のため術中大量出血をきたし易い病態²⁷⁾であることを裏付ける結果であった。一方、同種血輸血せずに手術を終えた症例も約2割に上り、それらは同種血群に比し有意に高体重、高Hb、低出血量であり、約7割が希釈式を施行していた。同種血無輸血での施行の背景にはこれらの因子の他、術前の血液凝固能も重要な要因であると推測される。AADの病型分類別比較は今回行っていないが、偽腔開存型、Stanford A型解離、広範囲解離が凝固系に与える影響が大きいとの報告もあり²⁷⁾、今後は術前、術中のフィブリノーゲン、APTT、PT、FDP等の凝固線溶系検査も含めて同種血使用の背景因子を検証し、赤血球製剤のみならずFFP、PCの必要量も検討していくことが望まれる。同種血準備方法としてはMSBOSでの準備を基本とし、かつ術前Hb10g/dl未満症例ではSBOEを加味した準備が適切であると思われる。

ruptured-AAAは最も出血量が多い術式であるが、回収式によって多くの出血血液が回収可能であること、AADと異なり人工心肺装置を使用していないことから、FFP、PCの使用量はAADの半分程度に留まっていた。同種血準備方法としてはAADに準じた準備が妥当であるほか、術中出血の程度に応じた追加オーダーで対応可能と思われる。

なお、結果には示していないが、今回の検討期間を2期または3期に分けて比較しても、各術式のRCC使用量、MSBOS及びSBOEに特段の変化や傾向はみられなかった。

今回我々が行った調査結果については、輸血療法委員会を通じて、また直接臨床側へ適宜情報提供を行ってきたが、その結果C/Tの適正化と廃棄血の削減が可能であった。心臓血管外科手術においては、その特殊性から血液準備量が多くなりがちであるが、塩野ら²⁹⁾は、現状のデータ分析により自己血を含めた効率的な輸血準備のストラテジーを確立し、浦園ら³⁰⁾はMSBOS、SBOEを活用し血液製剤の有効利用を図るなど、準備量を適正化する試みは行われている。特に当院のような中小

規模の心臓血管専門病院では、手術時の多量の準備血が他患者へ転用される機会は限られており、その対策はより重要である。

術式別の自己血及び同種血輸血の現状を把握し、効率的で的確かつ適正な血液準備方法を検討することは廃棄血の削減にも繋がり、倫理面及び病院の経営面において、また血液法⁷⁾遵守の精神においても推奨されるべきことと考える。今後も定期的に見直しを図るとともに、他術式や新たな術式についてもデータを収集、分析及び還元することで、自己血を含めた血液準備がより適正化され、安全な輸血療法の実施に貢献し得るものと期待される。

結 語

術式別の自己血及び同種血使用の現状と輸血の背景因子を検討することで、自己血を含めた適正な血液準備方法が明確となった。適切なデータ収集、分析と臨床側への還元は廃棄血の削減をもたらす、より良い輸血医療に通じるものと考えられた。

著者のCOI開示：本論文発表内容に関連して特に申告なし

文 献

- 1) 輸血情報 0811-116：血液製剤の安全性の向上について。日本赤十字社、2008。
- 2) 佐川公矯、面川 進、古川良尚：自己血輸血の指針改訂版（案）。日本自己血輸血学会誌、20：10—34、2007。
- 3) 稲垣英一郎、種元和雄：自己血輸血における心臓血管外科手術に関する全国調査。日本自己血輸血学会誌、20：35—42、2007。
- 4) Stover EP, et al: Variability in transfusion practice for coronary artery bypass surgery persists despite national consensus guidelines. *Anesthesiology*, 88: 327—333, 1998.
- 5) 大林民幸、金子達夫、小西敏雄、他：心臓大血管手術における同種血無輸血手術—術前自己血貯血法を用いた900余例の検討—。日本自己血輸血学会誌、13：65—69、2000。
- 6) 小池則匡、金子達夫、江連雅彦、他：心臓大血管手術における希釈式自己血輸血の有用性。日本自己血輸血学会誌、19：66—70、2006。
- 7) 厚生労働省：安全な血液製剤の安定供給の確保等に関する法律。法律第96号、2002。
- 8) 厚生労働省医薬食品局：輸血療法の実施に関する指針（改訂版）及び血液製剤の使用指針。薬食発0306第4号、2012。
- 9) 堀口新悟、田崎哲典：血液製剤の供給体制。 *Medical Technology*, 39：1521—1526、2011。

- 10) Boral L. L., et al: The type and screen: a safe alternative and supplement in selected surgical procedures. *Transfusion*, 17: 163—168, 1977.
- 11) 金子達夫, 佐藤泰史, 稲葉博隆, 他: 同種血無輸血心大血管手術への挑戦. *日本自己血輸血学会誌*, 13: 93—96, 2000.
- 12) Dzik W.H., Fleisher A.G., Ciavarella D., et al: Safety and efficacy of autologous blood donation before elective aortic valve operation. *Ann Thorac Surg*, 54: 1177—1181, 1992.
- 13) Sandrelli L., Pardini A., Lorusso R., et al: Impact of autologous blood predonation on a comprehensive blood conservation program. *Ann Thorac Surg*, 59: 730—735, 1995.
- 14) Forgie M.A., Wells P.S., Laupacis A., et al: Preoperative autologous donation decreases allogeneic transfusion but increases exposure to all red blood cell transfusion. Results of a meta-analysis. *International Study of Perioperative Transfusion (ISPOT) Investigators. Arch Intern Med*, 158: 610—616, 1998.
- 15) 小林俊也, 幕内晴朗, 成瀬好洋, 他: 心臓血管外科における同種血無輸血手術—術前自己血貯血の有用性—. *日本自己血輸血学会誌*, 12: 223—226, 1999.
- 16) Bouchard D, Marcheix B, Al-Shamary S, et al: Preoperative autologous blood donation reduces the need for allogeneic blood products. a prospective randomized study. *Can J Surg*, 51: 422—427, 2008.
- 17) Yoda M, Nonoyama M, Shimakura T, et al: Preoperative autologous blood donation with cardiac surgery. *Kyobu Geka*, 56: 479—482, 2003.
- 18) 小林俊也, 成瀬好洋, 林 一郎, 他: 心臓血管外科における自己血輸血の適応と限界—術前自己血貯血による同種血無輸血手術—. *日本自己血輸血学会誌*, 16: 69—72, 2003.
- 19) American Association of Blood Banks (AABB): *Technical Manual 13th ed.* 日本語版, オリンパス光学工業, 2002.
- 20) 面川 進: 希釈式及び回収式自己血輸血の現状と問題点について. *日本自己血輸血学会誌*, 20: 215—222, 2007.
- 21) 小堀正雄: 初心者が実施するための「希釈式自己血輸血のガイドライン作成に向けての試み」. *日本自己血輸血学会誌*, 18: 222—227, 2005.
- 22) 小堀正雄: 希釈式自己血輸血に何が課せられているか. *日本自己血輸血学会誌*, 19: 167—172, 2006.
- 23) Taketani T, Motomura N, Toyokawa S, et al: Beneficial effect of acute normovolemic hemodilution in cardiovascular surgery. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*, 53: 16—21, 2005.
- 24) Mahoori A, Heshmati F, Noroozina H, et al: Intraoperative minimal acute normovolemic hemodilution in patients undergoing coronary artery bypass surgery. *Middle East J Anaesthesiol*, 20: 423—429, 2009.
- 25) The Society of Thoracic Surgeons Blood Conservation Guideline Task Force and The Society of Cardiovascular Anesthesiologists Special Task Force: 2011 Update to The Society of Thoracic Surgeons and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Blood Conservation Clinical Practice Guidelines. Ann Thorac Surg*, 91: 944—982, 2011.
- 26) 富士武史, 脇本信博: 回収式自己血輸血—現状と実際—. *日本自己血輸血学会誌*, 22: 1—6, 2009.
- 27) 塚本三重生, 進藤正二: 急性大動脈解離における凝固能の評価. *ICU と CCU*, 29: 381—388, 2005.
- 28) 塚本三重生, 進藤正二, 尾花正裕, 他: 急性大動脈解離における fibrinogen 値と体外循環への影響. *日本心臓血管外科学会誌*, 32: 121—125, 2003.
- 29) 塩野則次, 渡邊善則, 小山信彌, 他: 心臓血管外科における最近 10 年間の自己血輸血と同種血輸血施行の状況. *日本輸血細胞治療学会誌*, 52: 479—485, 2006.
- 30) 浦園真司, 長崎有子, 古賀秀信, 他: 血液製剤の有効利用について—心臓血管外科手術における輸血使用量の検討—. *日本医学検査学会誌*, 60: 125—129, 2011.

PERIOPERATIVE BLOOD TRANSFUSION STRATEGIES FOR CARDIOVASCULAR SURGERY

*Kimiyo Ogawa*¹⁾, *Hiroyuki Toide*¹⁾, *Tadashi Usui*²⁾, *Tatsuya Shiga*²⁾, *Hitomi Takihara*³⁾, *Shuichi Okonogi*³⁾, *Shuichi Okada*³⁾, *Chieri Kimura*³⁾, *Yutaka Hasegawa*³⁾, *Masahiko Ezure*³⁾ and *Tatsuo Kaneko*³⁾

¹⁾Department of Medical Techniques, Gunma Prefectural Cardiovascular Center

²⁾Department of Anesthesia, Gunma Prefectural Cardiovascular Center

³⁾Department of Cardiovascular Surgery, Gunma Prefectural Cardiovascular Center

Abstract:

In this study, we investigated the current situation on how autologous and/or allogeneic blood is used to determine the appropriate preparation of a perioperative transfusion in cardiovascular surgical procedures.

In our institution, 2,601 cardiovascular surgical procedures were performed from September 2003 to March 2013. The use of both allogeneic and autologous transfusions was investigated in the following patient groups: those who had undergone coronary artery bypass grafting (CABG), off-pump CABG (OPCAB), valve replacement or plasty (VALVE), graft replacement for thoracic aortic aneurysm (TAA), graft replacement for acute aortic dissection (AAD), graft replacement for abdominal aortic aneurysm (AAA), and ruptured AAA. We made a comparison between the allogeneic and non-allogeneic groups regarding the factor of transfusion. We also analyzed the appropriate dosage of each blood transfusion, which included the surgical blood order equation (SBOE) and maximum surgical blood order schedule (MSBOS).

Factors of transfusion were blood loss during surgical operation, ratio against total blood volume, and hemoglobin level before operation.

In our institution, we suggest the following blood transfusion strategies for cardiovascular surgery:

1. For OPCAB and AAA, only intraoperative blood collection (IBC) should be prepared. For CABG and VALVE, acute normovolemic hemodilution (ANH) and IBC should be prepared. Anemic cases require preparation in accordance with SBOE.

2. For TAA, it's possible to avoid an allogeneic transfusion with a preoperative autologous blood donation (PABD) and ANH. Anemic cases require preparation of allogeneic blood in accordance with SBOE.

3. For AAD and ruptured AAA, preparation should be done in accordance with the MSBOS. In addition, anemic cases require preparation of allogeneic blood in accordance with SBOE.

Keywords:

Cardiovascular surgery, Autologous blood transfusion, Allogeneic blood transfusion