

原 著

赤血球抗体保有患者への抗原陽性血液の輸血症例調査

松田 仁志

全国国立大学附属病院輸血部会議技師研究会

東北大学医学部附属病院輸血部

(平成13年4月3日受付)

(平成14年1月23日受理)

SURVEY OF ANTIGEN POSITIVE RED CELL TRANSFUSION TO IRREGULAR ANTIBODY CARRIER PATIENT

Hitoshi Matsuda

The Medical Technologist Study Group to The Blood Transfusion Service

Conference of National University Hospitals

Blood Transfusion Service of Tohoku University Hospital

This report describes the results of a survey on the present state of incompatible blood transfusions other than ABO group red blood cell transfusion at national university hospitals. The survey population consisted of medical technologists of blood transfusion services at 43 national university hospitals in Japan. The questionnaire focused on incompatible blood transfusion in patients with irregular antibodies from 1991 through 1999.

A total of 110 cases were reported from 20 hospitals. Red cell transfusion was performed in 49 cases, and antibodies were divided into 7 categories (): 1) Saline reactive antibody (8) 2) Saline Enzyme reactive antibody (6) 3) Saline Enzyme Antiglobulin reactive antibody (7) 4) Saline Antiglobulin reactive antibody (4) 5) Enzyme reactive antibody (10) 6) Enzyme Antiglobulin reactive antibody (11) 7) Antiglobulin reactive antibody (3) Of these cases, 24 were compatible transfusions for cold antibody and 25 inappropriate transfusions for 37 antiglobulin reactive antibody. Nine patients of 25 incompatible transfusions showed abnormalities of subsequent clinical testing. The causes of incompatible transfusion were error in detection due to weakly reactive antibodies and omission of antiglobulin test and antibody history by physicians not used to testing. The present findings suggest the need for 24 hour support systems for transfusion services, and the necessity of considering whether compatible or identical transfusion is suitable for irregular antibodies showing positive on antiglobulin tests and the enzyme method, similar to the situation with the saline method. Anti-IgG antiglobulin test and DTT (Dithiothreitol) method are useful techniques in distinguishing clinically significant antibody from those difficult to determine.

I appreciate the extensive collaboration of Kazuhiko Itoh MD, Makoto Tamura MD, Masayoshi Minegishi MD and medical technologists at the Blood Transfusion Service of national university hospitals.

Key words : Irregular antibody, Incompatible transfusion, Compatible transfusion, Identical transfusion

はじめに

近年、輸血事故防止対策を目的に日本輸血学会は、赤血球の ABO 型不適合輸血の実態調査を行ない、その結果を報告した¹⁾。それでは輸血前検査のもう一つの目的である ABO 型以外の不規則抗体に対する輸血の実情はどうか。本邦では「輸血療法の実施に関する指針²⁾」に基づき、患者が ABO 型以外の抗体を保有する場合、³⁷ 反応性抗体に対しては対応する抗原が陰性の血液を検索して同型血輸血を行ない、低温反応性の抗体の場合は、臨床的意義がないとして対応する抗原の有無にかかわらず無作為に選んだ血液を輸血する適合血輸血を行なう、ことになっている。

全国国立大学附属病院輸血部会議技師研究会は、国立大学病院の輸血の現場で不規則抗体を保有する患者にどのような適合血輸血と不適合血輸血が行なわれているか及び、その抗体の反応性が明らかで臨床検査による輸血予後が確認できた症例を調査したので報告する。

調査方法

1) 対象症例：輸血前後の不規則抗体検査及び交差適合試験で陽性を示し、ABO 型以外の抗体(以下、抗体)を保有する患者に抗原陽性の赤血球が輸血された症例とした。

2) 調査施設：国立大学医学部附属病院 43 施設とし、輸血部検査技師に調査を依頼した。

3) 調査期間：平成 3 (1991) 年から以前に逆上ることも可として平成 11 (1999) 年までとした。

4) 調査項目：抗体の反応性、輸血前後の抗体価、抗原陽性赤血球の輸血本数、輸血後の臨床検査成績とした。患者の疾患名、輸血歴、妊娠歴、手術歴、輸血契機、輸血後の患者症状については調査を行っていない。

結 果

Table 1 にまとめた。

1) 報告された輸血症例：43 施設のうち 20 施設から 110 症例の報告を受けた。その中で明らかに抗体に対応する抗原陽性の赤血球が輸血されたものは 49 症例であった。他は、赤血球以外の血液製剤や抗体の反応性が不明のものであった。

2) 抗体検査法：抗体は、室温生食法・酵素法・

抗グロブリン試験の何れかの検査方法で検出されたものである。酵素法は、プロメリンかフィシンの何れかを用いていたが、一段法・二段法の区分はしていない。抗グロブリン試験には、添加される反応増強・時間短縮剤としてアルブミン (BSA/PBA) あるいは低イオン強度溶液 (LISS/LISP/OAES) が用いられており、それぞれの反応温度・反応時間は施設により異なっていた。反応の判定は、未検査 (NT)、室温即時遠心判定 (RT・IS)、³⁷ 15 分間反応 (³⁷, 15) とし、陰性 (-)、陽性 (+) に区分した。反応の判定時期は、輸血前・後か、交差適合試験時か、抗体スクリーニング検査時か、そのいずれかを特定していない。抗体価は、測定した反応条件のうち力価の最も高い値を記載した。

3) 抗原陽性血液の輸血本数：赤血球製剤は、WB (全血)、CRC (濃厚赤血球)、LPRC (白血球除去赤血球) の 3 種類であり、輸血本数は、1 から 32 単位に及んだ。200ml・400ml 由来製剤を 2 - , 4 - で区分し、その後に単位数値を示した。輸血された赤血球が抗体に対応する抗原陽性血液であることは、事後的に血液型検査を行ない確認した。

4) 輸血後の臨床検査：輸血後の臨床検査結果を (0) 特記すべき検査値の変動がない (1) ヘモグロビン尿の観察、(2) LDH・K 値の上昇、(3) 総ビリルビン 1mg/dl 以上の上昇 (4) 直接抗グロブリン試験の陽性化、の数字で表記した。

5) 抗体の反応性、輸血後の抗体価、臨床検査値の変動：49 症例の抗体は、室温生食法、酵素法、抗グロブリン試験の反応の組み合わせから以下の 7 種類に分類された。

(1) 室温生食法反応性抗体 (No. 1-No. 8)：室温生食法のみが陽性で酵素法、抗グロブリン試験が陰性の抗体である。血液型特異性は、抗 P₁、抗 Le^a + Le^b、抗 Le^b であった。No. 7 の抗 Le^b で ×4 から ×16 に抗体価の上昇が認められた。臨床検査での変動を示すものはなかった。

(2) 室温生食法・酵素法反応性抗体 (No. 9-No. 14)：室温生食法と酵素法が陽性で抗グロブリン試験が陰性の抗体である。血液型特異性は、抗 I、抗 P₁、抗 Le^a、抗 Le^b であった。No. 14 の抗 Le^b

Table 1 Irregular antibodies classification and reactivity of patients receiving antigen positive red cells

No	Antibody specificity	Test method			Titer		Antigen(+) red cell trans	Laboratory evidence
		Saline	Enzyme	Antiglobulin	pre trans	post trans		
Saline reactive antibody								
1	P ₁	+(19, 15)	-(Bro, 37, 15)	-(PBA)	NT	NT	2WRC-2	0
2	P ₁	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 15)	-(37, 60)	NT	NT	2CRC-4	0
3	P ₁	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 15)	-(ALB)	1	1	2CRC-1	0
4	Le ^a , Le ^b	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 15)	-(37, 60)	2	< 1	2CRC-3	0
5	Le ^b	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 15)	-(37, 60)	NT	NT	2CRC-1	0
6	Le ^b	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 15)	-(37, 60)	1	< 1	2CRC-1	0
7	Le ^b	+(RT, 5)	-(Bro, 37, 60)	-(37, 60)	4	16	2CRC-14	0
8	Le ^b	+(RT, IS)	-(Bro, 37, 15)	-(PBA)	NT	NT	2WB-20	0
Saline Enzyme reactive antibody								
9	I	+(RT, IS)	+(Bro, 37, 15)	-(LISS)	NT	NT	2CRC-2	0
10	P ₁ ?	+(RT, IS)	+(Bro, 37, 15)	-(37, 60)	NT	NT	2CRC-9	2
11	P ₁	+(RT, 5)	+(Bro, 37, 15)	-(ALB)	1	1	2LPRC-5	0
12	Le ^a	+(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	2CRC-1	0
13	Le ^b	+(RT, 15)	+(Fici, 37, 10)	-(37, 15)	8	4	4CRC-1	0
14	Le ^b	+(RT, 5)	+(Bro, 37, 15)	-(ALB)	2	4	2RC-4	0
Saline Enzyme Antiglobulin reactive antibody								
15	Le ^a , P ₁	+(20, 15)	+(Fici, 37, 10)	+(37, 15)	< 1	1	2WB-1	0
16	Le ^a	+(RT, IS)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	4	1	2CRC-5	0
17	Le ^a	+(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	+(37, 60)	NT	NT	4CRC-2	0
18	Le ^a	+(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	+(37, 60)	NT	NT	4CRC-3	0
19	Le ^a	+(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	+(LISP)	NT	NT	4CRC-2	0
20	Le ^b	+(RT, 10)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	1	1	4CRC-3	0
21	Le ^b	+(RT, 10)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	4	4	4CRC-4	3
Saline Antiglobulin reactive antibody								
22	M	+(RT, IS)	-(Bro, 37, 15)	+(PBA)	< 1	NT	2WB-8	2 · 3
23	M	+(RT, 10)	-(Fici, RT, 10)	+(OAES)	1	< 1	4CRC-3	3 · 4
24	M	+(RT, 10)	-(Fici, RT, 10)	+(OAES)	NT	NT	2WB-11	0
25	M	+(RT, IS)	-(Fici, 37, 30)	+(LISP)	32	NT	2CRC-3	0
Enzyme reactive antibody								
26	P ₁	-(20, 15)	+(Fici, 37, 10)	-(37, 15)	4	2	4CRC-1	0
27	P ₁	-(RT, IS)	+(Bro, 37, 15)	-(LISS)	NT	NT	2WB-2	0
28	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	4CRC-5	0
29	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	2CRC-3	0
30	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	2CRC-3	0
31	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	4CRC-10	0
32	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	2CRC-1	0
33	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	2	NT	2CRC-5	0
34	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	-(LISP)	NT	NT	4CRC-1	0
35	Le ^b	-(RT, 15)	+(Fici, 37, 10)	-(37, 15)	2	2	2CRC-2	0
Enzyme Antiglobulin reactive antibody								
36	E, c	-(22, 60)	+(Fici, 37, 60)	+(ALB)	E4, c2	NT	2CRC-3	0
37	E	-(22, 60)	+(Fici, 37, 60)	+(ALB)	1	1	2CRC-2	0
38	E	-(22, 60)	+(Fici, 37, 60)	+(ALB)	2	8	2CRC-5	0
39	E	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 15)	+(37, 60)	8	16	4CRC-1	2 · 3 · 4
40	E	-(RT, IS)	+(Bro, 37, 15)	+(PBA)	< 1	4	2CRC-4	1
41	Le ^a , E	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	+(LISP)	8	NT	4CRC-2	0
42	Le ^a	-(RT, IS)	+(Fici, 37, 30)	+(37, 60)	NT	NT	4CRC-1	0
43	Le ^a , Le ^b	-(20, 15)	+(Fici, 37, 10)	+(37, 15)	2	32	4WB-4	0
44	Le ^b	-(RT, 10)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	2	8	4CRC-2	3
45	Le ^b	-(RT, 10)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	1	2	4CRC-4	0
46	Le ^b	-(RT, 10)	+(Fici, RT, 10)	+(OAES)	1	< 1	2CRC-2	0
Antiglobulin reactive antibody								
47	C?	-(RT, IS)	-(Bro, 37, 15)	+(POLB)	NT	NT	2CRC-32	3
48	C	-(RT, IS)	-(Bro, 37, 15)	+(POLB)	NT	2	2WB-5	1
49	S	-(RT, IS)	-(Bro, 37, 15)	+(PBA)	NT	NT	2CRC-5	1 · 3

Test method: 37, 15 = 37, 15min, RT, 5 = Room temperature 5min, IS = Immediate spin, Bro = Bromeline, Fici = Ficin, LISS = Low ionic strength solution, Alb = Albumin, BSA = Bovine serum albumin, PBA = Polymerized bovine albumin, POLB = Polybrene, LISP = Liss polybrene, OAES = Ortho enhancement solution, Titer: pre trans = pre transfusion, post trans = post transfusion, NT = not tested, Antigen(+) red cell trans = red cell transfusion units, WRC = Washed red cells, CRC = Concentrated red cells, WB = Whole blood, LPRC = Leucocyte poor red cells, Laboratory evidence: 0 = Clinical data no changed, 1 = Hemoglobinuria, 2 = high LDH · K, 3 = Bilirubin 1mg/dl>, 4 = Direct antiglobulin test positive.

で×2から×4へ抗体価の上昇が認められた。No. 10の抗P₁(?)は、特異性を確定できなかった抗体であるが、LDH・K値の上昇を認めている。

(3) 室温生食法・酵素法・抗グロブリン試験反応性抗体(No. 15-No. 21): 室温生食法, 酵素法, 抗グロブリン試験の全ての検査法で陽性を示した抗体である。血液型特異性は, 抗Le^a+P₁, 抗Le^a, 抗Le^bであった。抗体価の上昇が認められたものはなかった。No. 21の抗Le^bは総ビリルビンの上昇が認められた。

(4) 室温生食法・抗グロブリン試験反応性抗体(No. 22-No. 25): 室温生食法と抗グロブリン試験が陽性で酵素法が陰性の抗体である。血液型特異性は, いずれも抗Mであった。No. 22はLDH・K値, 総ビリルビンの上昇, No. 23は総ビリルビンの上昇, 直接抗グロブリン試験陽性が認められた。

(5) 酵素法反応性抗体(No. 26-No. 35): 酵素法のみが陽性で室温生食法, 抗グロブリン試験が陰性の抗体である。血液型特異性は, 抗P₁, 抗Le^a, 抗Le^bで, 抗体価, 臨床検査で変動は見られなかった。

(6) 酵素法・抗グロブリン試験反応性抗体(No. 36-No. 46): 酵素法と抗グロブリン試験が陽性で室温生食法が陰性の抗体である。血液型特異性は, 抗E+c, 抗E, 抗Le^a+E, 抗Le^a, 抗Le^a+Le^b, 抗Le^bであった。No. 38の抗Eは×2から×8へ, No. 39の抗Eは×8から×16へ, No. 43の抗Le^a+Le^bは×2から×32へ, No. 44の抗Le^bは×2から×8へ抗体価の上昇が認められた。No. 39の抗EはLDH・K値および総ビリルビンの上昇, 直接抗グロブリン試験陽性を認め, No. 40の抗Eはヘモグロビン尿が観察され, No. 44の抗Le^bは総ビリルビンの上昇が認められた。

(7) 抗グロブリン試験反応性抗体(No. 47-No. 49): 抗グロブリン試験のみが陽性で室温生食法と酵素法が陰性の抗体である。血液型特異性は, 抗C, 抗Sであった。No. 47の抗C(?)は, 特異性を確定できなかった抗体であるが総ビリルビンの上昇を示し, No. 48の抗Cは, ヘモグロビン尿が観察され, No. 49の抗Sは, 総ビリルビンの上昇とヘモグロビン尿が認められた。

考 察

1) 抗体保有時の輸血の是非: 49症例は, 全て輸血前検査で適合と判定されて輸血されたものである。しかし, 結果的に不適合輸血と判定されるものが含まれていた。No. 1からNo. 8の室温生食法反応性抗体は, 一部抗体価の上昇を見た抗体もあったが臨床検査の変動は確認されなかった。この抗体への輸血は, 低温反応性抗体と判断し, 抗原の有無に関係なく無作為に輸血されたものであるが適合血輸血と判定できるものである。No. 9からNo. 14の室温生食法・酵素法反応性抗体は, No. 10の抗P₁(?)を抗体同定と反応性の結果の再確認を要するために保留すると, 臨床検査の変動が確認されず適合血輸血とすることができる。同様にNo. 26からNo. 35の酵素法反応性抗体も適合血輸血と判定できる。しかし, No. 36からNo. 49の酵素法を含む抗グロブリン試験反応性抗体は, 抗体価の上昇を示した抗体(6/14), 臨床検査の変動を示した抗体(6/14)が最も多く見られた。これらの抗体は, 輸血にとって37反応性の臨床的に重要な抗体であり, 本来, 患者と同型血液を検索して輸血すべきもので, 明らかな不適合血輸血であった。一方, No. 15からNo. 25までの室温生食法・酵素法・抗グロブリン試験反応性抗体と室温生食法・抗グロブリン試験反応性の抗体は, 抗グロブリン試験陽性であるが室温生食法反応性抗体が酵素法や抗グロブリン試験へ凝集を持ち込んだ可能性もあり臨床的に問題がない場合も考えられる³⁾。この中には抗体価の上昇を示すものはなかったが, 臨床検査の変動を示した抗体(3/11)もあり, 37反応性の抗体であるかの判定が難しい抗体である。輸血判断の難しいこれらの抗体に対する輸血は, これまでの経験から抗体の血液型特異性で判断したり, 室温生食法の検査判定を行わず抗グロブリン試験の結果に基づいて行われてきた⁴⁾⁻⁸⁾。抗体が抗グロブリン試験反応性かどうかを確認する方法は, 抗IgG抗グロブリン試験⁹⁾やDTT(Dithiothreitol)処理¹⁰⁾が実用的で有用である。これをNo. 15からNo. 25までの抗体に実施し, その結果を確認できれば抗体の反応性区分が今回の結果と異なり, 適合血輸血と不適合血輸

血に分けられる可能性がある。特に、臨床検査の変動を示した No. 21 から No. 23 が抗グロブリン試験反応性抗体であることを証明できれば「抗グロブリン試験で陽性を示す抗体は副作用を起こすことがあり、室温生食法・酵素法で反応しても抗グロブリン試験で反応しなければ副作用は起こらない」との結論づけが可能となるであろう。尚、総ビリルビンの上昇が認められた No. 21, No. 44 の抗 Le^b は検査結果と臨床経過の再確認が必要である。

室温生食法・酵素法・抗グロブリン試験反応性の抗体に対する輸血の是非や抗体の処理法は、今後、本邦のデータを集積して輸血療法の実施に関する指針に明記されることが望まれる。

2) 抗体保有患者への輸血調査：当初、本調査は、低温反応性抗体の臨床的意義の否定のための本邦における成績の集積を目的に行なわれた¹¹⁾。その結果、低温反応性抗体に対して半数以上の施設が抗原検索を行わず適合血として輸血していることが判明した。しかし、例数を重ねるにつれ、37 反応性抗体に対する抗原陽性の輸血症例も報告されるようになり、43 施設の約半数から調査報告を受けていないが、ABO 型以外の不適合輸血が予想に反し少なからず行なわれているのではないかと推測された。幸い、ABO 型以外の不適合輸血による副作用が患者を致命的な状況に至らしめることがごく少ないことは救いである。しかし、軽微な副作用といえども重症の患者にとっては臨床上問題となることがあるので避けなければならない。今後、ABO 型不適合輸血同様に国内の組織的な実態調査を行ない原因を究明して輸血副作用防止対策をはかることが望まれる。

3) 37 反応性抗体に対する不適合輸血の契機：49 症例全ての輸血契機は、判明していない。今後、この種の調査には輸血契機の項目を含むことが望まれる。今回判明した抗グロブリン試験が陽性を示す抗体への輸血契機は、検査判定時の抗体の見逃しと患者の過去の抗体情報の見逃しであった。見逃しの原因は、すでに報告¹²⁾があるが、(1) 時間外で検査手技に不慣れた担当医師の検査が陽性反応を示す抗体を検出できなかった、(2)

時間外や緊急時で簡易法による交差適合試験のために抗グロブリン試験反応性抗体を検出できなかった、(3) 過去に臨床的に重要な抗体の保有歴のある患者情報が確認されず時間が経過して抗体が消失し輸血前検査で検出できなかった、ことがあげられた。見逃しの防止対策は、(1) 検査技術に習熟した検査技師の 24 時間配置体制を作る、(2) 簡略化した検査では抗グロブリン試験の後追い検査が必要である、(3) 患者の抗体保有歴を直ちに参照出来るシステムを整備する、などがあげられよう。

まとめ

今回の調査後、49 症例の患者で重症の輸血副作用により危機に陥ったという報告は受けていない。

ABO 型不適合輸血事故は、多くは輸血実施者の事務的過誤により発生することが知られているが、ABO 型以外の不適合輸血は、輸血部側の輸血検査上の判定技術や検査法の選択、情報伝達の不備に起因することが明らかとなった。

輸血部は、24 時間体制の整備が今後の課題である。単に負担軽減のための自動化や検査技師の増員をはかるのではなく、血液センターとの抗体保有患者のための円滑な適合血液確保交渉術や臨床の責任者に輸血実施の判断を惑わすことのない情報提供術を教育・支援することが大事である。職員は、輸血認定医を中心として臨床の担当医と連携を保ちながら必要最小限の輸血にとどめ、予後を監視する体制を作り、患者に安全な輸血が行なわれるよう努めなければならない。

謝辞：この調査にご協力をいただいた東北大学輸血部の検査技師をはじめ、全国国立大学輸血部会議技師研究会の方々に厚く御礼を申し上げます。また、本稿作成にご理解下さいました伊藤和彦先生（全国国立大学輸血部会議会長、京都大学医学部附属病院輸血部部長・教授）、ご指導をいただきました田村眞先生（新潟県赤十字血液センター所長、前東北大学医学部附属病院輸血部副部長・助教授）、峯岸正好先生（東北大学医学部附属病院輸血部副部長・助教授）に深く感謝を申し上げます。

文 献

- 1) 柴田洋一, 他: ABO型不適合輸血実態調査の結果報告. 日本輸血学会雑誌, 46(6): 545-564, 2000.
 - 2) 血液製剤調査機構編: 輸血療法の実施に関する指針. 血液製剤の使用にあたって, 1999, 33-46.
 - 3) Mallory, D.: Controversies in transfusion medicine, Prewarmed tests: Pro-why, when, and how-not if. Transfusion, 35(3): 268-269, 1995.
 - 4) Mollison, P.L., et al.: Other red cell antigen. Blood Transfusion in Clinical Medicine, 8th ed, Blackwell Scientific Publications, London, 1987, 373-409.
 - 5) Technical manual: 15 Other blood groups. 13th ed, American Association of Blood Banks, 1999, 315-338.
 - 6) Garratty, G.: Abbreviating Pretransfusion(Compatibility) Testing, 「What are the Risk?」輸血前(輸血適合)試験の簡略化 どんな危険があるか. 日本輸血学会雑誌, 37(5): 687-694, 1991.
 - 7) Petz, L.D., et al.: Red cell compatibility testing, Clinical significance and laboratory methods. Clinical practice of transfusion medicine, 2nd ed, New York, Churchill Livingstone, 1989, 173-211.
 - 8) Issitt, P.D., et al.: Lack of clinical significance of "enzyme-only" red cell alloantibodies. Transfusion, 33(4): 284-293, 1993.
 - 9) 濱田貴子, 他: 冷式抗体保有患者への輸血用血液の選択時に冷式抗体を無視することの当否. 日本輸血学会雑誌, 44(1): 27-32, 1998.
 - 10) Judd, W.J.: Differentiation of IgM from IgG antibodies-Dithiothreitol. Methods in Immunohematology, 2nd ed, Montgomery scientific publications, 1994, 416-417.
 - 11) 松田仁志, 他: 赤血球抗体保有者への抗原陽性血の輸血症例 全国国立大学輸血部会議技術懇談会調査報告. 日本輸血学会雑誌, 39(2): 457, 1993.
 - 12) 児玉(秋林)建: 全国大学病院における時間外輸血業務の実態. 日本輸血学会雑誌, 42(6): 272-278, 1996.
-