

[原著]

自動輸血検査装置(PK7300)では検出困難なABO亜型の検出法の検討

日本赤十字社関東甲信越ブロック血液センター

山口陽平, 玉野奈穂, 大河内直子, 和久恵美子, 佐藤七絵, 飛田隆太郎, 後藤美幸,
豊田智津, 常山初江, 矢部隆一, 津野寛和, 内川 誠, 中島一格

Detection of ABO subtype by automated blood typing test

Japanese Red Cross Kanto-Koshinetsu Block Blood Center

Yohei Yamaguchi, Nao Tamano, Naoko Watanabe-Okochi, Emiko Waku, Nanae Sato,
Ryutaro Tobita, Miyuki Goto, Chizu Toyoda, Hatsue Tsuneyama, Ryuichi Yabe,
Hirokazu Tsuno, Makoto Uchikawa and Kazunori Nakajima

要 旨

ABO亜型の一部には、自動輸血検査装置(PK7300)を用いた原料血液一次検査では検出困難なものが存在する。本研究では、一次検査で検出困難な A_x 型と $cisA_1B_3$ 型を検出するための検査法および試薬を検討した。 A_x を検出するために被検赤血球をプロメリン処理し、 $cisA_1B_3$ を検出するために日赤製モノクローナル抗B(HIRO-308)を使用した。

プロメリン法により一次検査でO型と判定された A_x が4件検出された。遺伝子型は、既知の変異が1例、新規の変異が3例であった。HIRO-308では一次検査でA型と判定された $cisA_1B_3$ が4件検出された。遺伝子型は4例すべてABO*cisAB.01であった。

A_x も $cisA_1B_3$ もO型またはA型として輸血された場合でも、溶血性輸血副作用の原因となる可能性は低いと考えられる。しかし A_x はO型血漿との交差適合試験(主試験)では陽性となるため、A型として扱われることが望ましい。また、親子関係でときに戸題となる $cisAB$ 型を正しく判定し、献血者に通知するのは意義のあることだと考える。

Key words: ABO subtype, A_x , $cisA_1B_3$

【はじめに】

輸血製剤の原料となる献血血液のABO血液型検査は、自動輸血検査装置(PK7300)(ベックマン・コールター、東京)を使用して行われている。

ABO亜型の一部には、PK7300を用いた検査(一次検査)では検出困難なものが存在する。たとえば、一次検査でO型と判定される A_x 型、A型と

判定される $cisA_1B_3$ 型($cisAB/A^I$)などが知られている。本研究では、一次検査で検出困難なABO亜型を検出するための検査法および試薬を検討した。

【対象および方法】

自動輸血検査装置(PK7300)による一次検査に

以下の2種類の方法を追加した。①A_x型の検出のために、赤血球浮遊液としてプロメリン溶液を使用した(以下プロメリン法)¹⁾。試薬には現行のモノクロ抗A試薬・PK(ワコー、大阪)を用いた。②cisA₁B₃型の検出のために、試薬として日赤製のモノクローナル抗B(HIRO-308)²⁾を使用した。HIRO-308の抗体価はLot間差があり、抗体価は64倍～512倍であった。表1に使用期間と抗体価を示す。

対象検体

2015年3月から2017年3月までに関東甲信越ブロック血液センターにおいて検査された全検体を対象とした。①プロメリン法は2015年6月22日から2017年3月31日までの1,999,103検体、②日赤製のモノクローナル抗B(HIRO-308)は2015年3月31日から2017年3月31日までの2,488,551検体について検討した。

単球貪食能試験

単球貪食能試験はItoらの方法³⁾を参考に、以下の方法で実施した。Ficol(ナカライトекс、京都)を用いて健常人血液から単核球層を分離し細胞懸濁液とした。細胞懸濁液に抗体カクテル(EasySep™ Human CD14 Positive Selection Kit、ペリタス、東京)を加え、室温で30分反応させた

後、磁気ビーズを加え、室温で15分反応させた。混和後、専用の磁石に室温で15分反応させ、試験管内の溶液を除去し、単球を分離した。PKH26(MINI26-Kit、シグマアルドリッヂャパン、東京)を付属のバッファー(Diluent C)で625倍に希釈したもの0.5mLを1%赤血球浮遊液0.2mLに加え、室温で5分反応させた後、22%ウシアルブミン(オーソ・クリニカル・ダイアグノスティックス、東京)を20μL加え、3,000rpmで3分間遠心した。上清を除去し、PBSを4mL加え、3,000rpmで3分間遠心して赤血球を洗浄した。PKH26で標識した赤血球沈査2μLに抗体50μL(ヒトO型血漿)と、補体としてAB型新鮮血清を50μL加え、LISS(低イオン強度溶液)100μLを添加して、37℃で30分反応させた。被検赤血球はD抗原陽性であるため、抗D(関東甲信越ブロック血液センター製のモノクローナル抗D:HIRO-3(免疫グロブリンクラスはIgG、サブクラスはIgG1))を反応させ、陽性コントロールとした。次に1×10³個/μLに調整した単球浮遊液500μLを加えて、密閉した容器にアネロパック・CO₂(三菱ガス化学、東京)を一緒に入れ、37℃で2時間貪食させた。その後、貪食されていない赤血球を溶血させるために、1mLの溶血剤(Lysing Solution)(日本ベクトン・ディッキンソン、東京)を加え室温で5分反応させた。貪食させた単球を

表1 HIRO-308のLotと抗体価

Lot No.	使用期間	抗体価
214001	2015.3.31～2015.5.11	256倍
214002	2015.5.12～2015.7.9	128倍
214003	2015.7.10～2015.8.29	128倍
214005	2015.8.30～2015.11.3	512倍
214006	2015.11.4～2015.12.25	128倍
214007	2015.12.26～2016.1.7	128倍
214008	2016.1.8～2016.3.6	128倍
214009	2016.3.7～2016.4.11	256倍
214010	2016.4.12～2016.6.14	256倍
214011	2016.6.15～2016.8.28	128倍
214012	2016.8.29～2016.9.19	128倍
214013	2016.9.20～2016.12.15	128倍
214014	2016.12.16～2017.1.11	256倍
214015	2017.1.12～2017.2.20	256倍
214016	2017.2.21～2017.3.31	64倍

FITC標識抗CD14(日本ベクトン・ディッキンソン、東京)に4°Cで30分標識した後にフローサイトメトリーを用いて測定した。PKH26とFITCの両者が陽性の場合、赤血球を貪食した単球を示す。

【結果】

検討期間内に検出されたA抗原に減弱が認められた亜型を表2に示す。赤血球をプロメリン処理しない通常の一次検査ではB(A)が17件およびA_xが12件検出された。プロメリン法により、現行の一次検査では検出できなかったA亜型を13件検出することができた。内訳はB(A)が9件およびA_xが4件であった。また、プロメリン処理を追加したことにより、偽陽性を示したもののが

1,156件(約1/1,700件)あった。通常の一次検査では偽陽性を示したものはなかった(表2)。

B(A)はB型として扱われ、輸血に影響を与えないため、A_xについてさらに調査した。プロメリン法で検出された4例のA_xは、オモテ検査ではPK7300用の抗A試薬(モノクロ抗A試薬・PK、ワコー、大阪)ではA抗原を検出することができず、ウラ検査でも抗A1抗体を保有していることによりO型と判定されたが、プロメリン処理をしたことによりA抗原を検出することができた。検体番号Ax-3およびAx-4については、検体番号Ax-1およびAx-2と比べると血漿中の抗A1抗体が弱いため、ウラ検査で使用するA₁赤血球試薬のLotの違いにより反応が陰性となる場合があった(表3)。

表2 プロメリン法の対象検体および検査結果

期間：2015.6.22～2017.3.31	対象検体数：1,999,103		
亜型名	現行法	プロメリン処理	検出数の差
A ₃	103	103	0
A _x	12	16	4
A _{el}	3	3	0
A ₃ B	48	48	0
A _x B	2	2	0
A _{el} B	1	1	0
para-Bombay(A _m ^h)	5	5	0
B(A)	17	26	9
合計	191	204	13
偽陽性	0	1,156	1,156

表3 新たに検出されたA_x、cisA₁B₃のPK7300での検査結果

検体番号	オモテ検査			ウラ検査	
	未処理	抗A プロメリン処理	抗B	A ₁ 赤血球	B赤血球
A _x	-	+	-	+	+
	-	+	-	+	+
	-	+	-	+ or -	+
	-	+	-	+ or -	+
検体番号	オモテ検査			ウラ検査	
	抗A	抗B ワコー HIRO-308		A ₁ 赤血球	B赤血球
cisA ₁ B ₃	+	-	+	-	+
	+	-	+	-	+
	+	-	+	-	+
	+	-	+	-	+

オモテ検査(スライド法)では各種抗A試薬と陰性～2+の凝集反応を示した。ウラ検査ではA₁赤血球と37℃生食法および間接抗グロブリン試験においても反応する抗A₁を認めた。血漿中の抗A₁の抗体価は2倍～8倍であり、DTT処理血漿では反応が消失した(表4)。ヒト由来抗Aを用いた吸着解離試験では解離液中に抗Aを認めた。血漿中のA-transferase活性はなく、唾液抑制試験ではH型物質のみ分泌されていた。またO型血漿30例との反応は生食法(20℃)で3+～4+に反応するものがAx-1は22例、Ax-2は25例、Ax-3は13例、Ax-4は11例であった。以上の結果から、A_xと判定した。またO型血漿との反応では、3+～4+に反応していたものは間接抗グロブリン試験でも陽性であった。A遺伝子について塩基配列を調べたところ、新規の変異としてc.467C>T(p.Pro156Leu);c.971T>G(p.Leu324Trp)が2例(Ax-1,Ax-2)、c.467C>T(p.Pro156Leu);c.979C>T(p.Gln327Stop)が1例(Ax-3)、既知の変異としてc.467C>T(p.Pro156Leu);c.699C>A(p.His233Gln)(ABO*AW.14)が1例(Ax-4)であった(表5)。既知のA^x遺伝子c.646T>A(p.

Phe216Ile)(ABO*AW.30.01)を持つA_x(Ax-5,Ax-6)およびc.646T>A(p.Phe216Ile);c.681G>A(ABO*AW.30.02)を持つA_x(Ax-7,Ax-8)とO型血漿30例との反応性を調べてみると、生食法(20℃)で3+～4+に反応するものがAx-5は17例、Ax-6は23例、Ax-7は21例、Ax-8は25例あった(表5)。O型血漿30例との陽性数に差が認められたのは、A^xアリルによる抗原量に違いがあるためだと推測される。

検討期間内に検出されたB抗原に減弱が認められた亜型を表6に示す。モノクロ抗B試薬・PK(ワコー、大阪)を用いた現行の一次検査ではcisA₁B₃が5件検出された。日赤製モノクローナル抗B(HIRO-308)を使用したことで、現行の一次検査では検出することができなかったB亜型を新たに4件検出した。検出されたB亜型は4件すべてcisA₁B₃であった。日赤製モノクローナル抗B(HIRO-308)による偽陽性は29件(約1/100,000件)であった。一方、現行のモノクロ抗B試薬・PK(ワコー、大阪)による偽陽性はなかった(表6)。

今回検出されたcisA₁B₃についてはオモテ検査

表4 ブロメリン処理で検出されたA_x(Ax-1～Ax-4)と従来法で検出されたA_x(Ax-5～Ax-8)の血清学的性状

検体番号	オモテ検査(スライド法)				ヒト由来 モノクローナル抗体 ポリクローナル 抗体	ウラ検査				
	モノクローナル抗体					20℃	37℃	間接抗 グロブ リン法	抗A1 [*] 抗 体価(20℃ 食塩液法)	
	A社	B社	C社	D社						
Ax-1	抗A	2+	2+S	0	1+	0	A ₁ 赤血球	3+S	2+	8倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	3+S	
Ax-2	抗A	2+	2+S	w+	w+	0	A ₁ 赤血球	4+	4+	8倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	
Ax-3	抗A	w+	1+	0	w+	0	A ₁ 赤血球	3+S	2+	4倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	3+S	
Ax-4	抗A	1+	1+S	w+	1+	0	A ₁ 赤血球	2+	w+	2倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	
Ax-5	抗A	2+	2+	w+	1+	0	A ₁ 赤血球	2+	0	<2
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	
Ax-6	抗A	2+	2+	1+	2+	0	A ₁ 赤血球	3+	0	2倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	
Ax-7	抗A	3+	3+	1+	2+	0	A ₁ 赤血球	2+	0	<2
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	
Ax-8	抗A	2+	2+S	1+	2+	0	A ₁ 赤血球	3+	w+	2倍
	抗B	0	0	0	0	0	B赤血球	4+	4+	

※DTT処理血漿では陰性

ではPK7300用の抗B試薬(モノクロ抗B試薬・PK, ワコー, 大阪)ではB抗原は検出されず、ウラ検査では抗B抗体を保有していることによりA型と判定されたが、日赤製モノクローナル抗B(HIRO-308)で検査することにより、B抗原を検出することができた。オモテ検査(スライド法)では各種抗Bと陰性～1+の凝集反応を示し、抗B(HIRO-308)では3+の反応を示した。ウラ検査

ではB赤血球と37℃生食法および間接抗グロブリン試験で反応する抗B抗体を認めた。血漿中の抗Bの抗体価は16倍～32倍であり、DTT処理血漿では反応が消失した(表7)。ヒト由来抗Bを用いた吸着解離試験では解離液中に抗Bを認め、血漿中のA-transferase活性あり、B-transferase活性がなく、cisA₁B₃型の特徴を示した。唾液抑制試験については、2例は唾液を採取できず、実

表5 ブロメリン処理で検出されたA_x(Ax-1～Ax-4)と従来法で検出されたA_x(Ax-5～Ax-8)の血清学的性状とA^x遺伝子

検体番号	ヒト由来抗Aを用いた吸着解離試験	血漿中のA-transferase活性	Lewis 血液型	唾液抑制試験	O型血漿との反応(30例)	A遺伝子
Ax-1	抗Aあり	なし	Le(a-b+)	H型物質のみ	22例と3+～4+	c.467C>T(p.Pro156Leu); c.971T>G(p.Leu324Trp)
Ax-2	抗Aあり	なし	Le(a-b+)	H型物質のみ	25例と3+～4+	c.467C>T(p.Pro156Leu); c.971T>G(p.Leu324Trp)
Ax-3	抗Aあり	なし	Le(a-b-)	H型物質のみ	13例と3+～4+	c.467C>T(p.Pro156Leu); c.979C>T(p.Gln327Stop)
Ax-4	抗Aあり	なし	Le(a-b+)	H型物質のみ	11例と3+～4+	c.699C>A(p.His233Gln) (ABO*AW14)
Ax-5	抗Aあり	なし	Le(a-b+)	H型物質のみ	17例と3+～4+	c.646T>A(p.Phe216lle) (ABO*AW.30.01)
Ax-6	抗Aあり	なし	Le(a+b-)	非分泌型	23例と3+～4+	c.646T>A(p.Phe216lle) (ABO*AW.30.01)
Ax-7	抗Aあり	なし	Le(a+b-)	非分泌型	21例と3+～4+	c.681G>A (ABO*AW.30.02)
Ax-8	抗Aあり	なし	Le(a+b-)	非分泌型	25例と3+～4+	c.646T>A(p.Phe216lle); c.681G>A (ABO*AW.30.02)

表6 HIRO-308の対象検体および検査結果

期間：2015.3.31～2017.3.31	対象検体数：2,248,551			
	亜型名	現行法	抗B：HIRO-308	検出数の差
B ₃		31	31	0
B _x		58	58	0
B _m		437	437	0
B _{el}		1	1	0
A ₁ B ₃		218	218	0
A ₁ B _m		129	129	0
A ₁ B _{el}		2	2	0
para-Bombay(B _m ^b)		1	1	0
cisA ₁ B ₃		5	9	4
cisA ₂ B ₃		30	30	0
合計		912	916	4
偽陽性		0	29	29

施した2例については非分泌型であった。遺伝子のタイプは4例ともすべて $ABO^*cisAB.01/A$ であり、 $cisA_1B_3$ と判定した(表8)。

今回検出された A_x が輸血に与える影響を調べるために単球貪食試験を実施した。 A_x 赤血球については A_x と強く反応するO型血漿(A型赤血球に対する抗体価1024倍、DTT処理血漿、間接抗グロブリン法)と反応させ貪食試験を実施した。貪食率は、陰性コントロールの値で補正するといずれも5%以下となった(図1)。Ax-1, Ax-2については新鮮な赤血球を得ることができず、 $cisA_1B_3$ 赤血球についてはIgG型の抗Bを得ることができなかつたため、貪食試験を実施できなかつた。

【考 察】

輸血製剤の原料となる献血血液の血液型検査は、自動輸血検査装置(PK7300)を使用して行われている。ABO亜型の一部には、PK7300を用いた検査(一次検査)では検出困難なもののが存在す

る。本研究では、一次検査で検出困難なABO亜型をPK7300で検出するための検査法および試薬を検討した。

今回、赤血球にプロメリン処理を加えることによって、PK7300を使用しても A_x として検出することができた。 A_x は、B型血清(抗A)とは反応しないがO型血清(抗A, B)とはよく反応し⁴⁾、市販されている血液型判定用モノクローナル抗Aを用いると弱いながら凝集を認め⁵⁻⁹⁾、血漿中に抗A1を保有している場合が多く、現行のPK7300における検査ではO型と誤判定されることがあった。

また、B型のなかにはABO血液型判定用モノクローナル抗Aに反応して極めて微弱に凝集するB(A)がある。赤血球にプロメリン処理を加えることで、B(A)の検出数も増加した。ただし、B(A)はB型として扱われているため、プロメリン法によりB(A)が多く検出されてしまうことは、この方法の欠点といえる。

$ABO^*cisAB.01$ はA遺伝子に変異が加わって生

表7 HIRO-308で検出された $cisA_1B_3$ の血清学的性状

検体番号	オモテ検査(スライド法)					ウラ検査				
	モノクローナル抗体					ヒト由来	20°C	37°C	間接抗グロブリン法	抗B**抗体価(20°C食塩液法)
	A社	B社	C社	D社	HIRO-308					
cisAB-1	抗A 4+	抗B 1+	4+	4+	4+	4+ 0	A ₁ 赤血球 0	0	0	32倍
	抗B 1+	1+	0	1+	3+		B赤血球 4+	3+S	3+S	
cisAB-2	抗A 4+	4+	4+	4+	4+	4+ w+	A ₁ 赤血球 0	0	0	16倍
	抗B 1+S	1+	w+	1+S	3+S		B赤血球 3+S	1+	1+	
cisAB-3	抗A 4+	4+	4+	4+	4+	4+ w+	A ₁ 赤血球 0	0	0	32倍
	抗B 1+S	1+S	w+	1+S	3+S		B赤血球 4+	3+S	3+S	
cisAB-4	抗A 4+	4+	4+	4+	4+	4+ w+	A ₁ 赤血球 0	0	0	32倍
	抗B 1+	1+	w+	w+	3+		B赤血球 4+	3+S	3+S	

※DTT処理血漿では陰性

表8 HIRO-308で検出された $cisA_1B_3$ の血清学的性状と $cisAB$ 遺伝子

検体番号	ヒト由来抗Bを用いた吸着解離試験	血漿中のA-transferase活性	血漿中のB-transferase活性	Lewis 血液型	唾液抑制試験	遺伝子
cisAB-1	抗Bあり	あり	なし	Le(a-b+)	N.T	$ABO^*cisAB.01/A$
cisAB-2	抗Bあり	あり	なし	Le(a+b-)	非分泌型	$ABO^*cisAB.01/A$
cisAB-3	抗Bあり	あり	なし	Le(a-b+)	N.T	$ABO^*cisAB.01/A$
cisAB-4	抗Bあり	あり	なし	Le(a+b-)	非分泌型	$ABO^*cisAB.01/A$

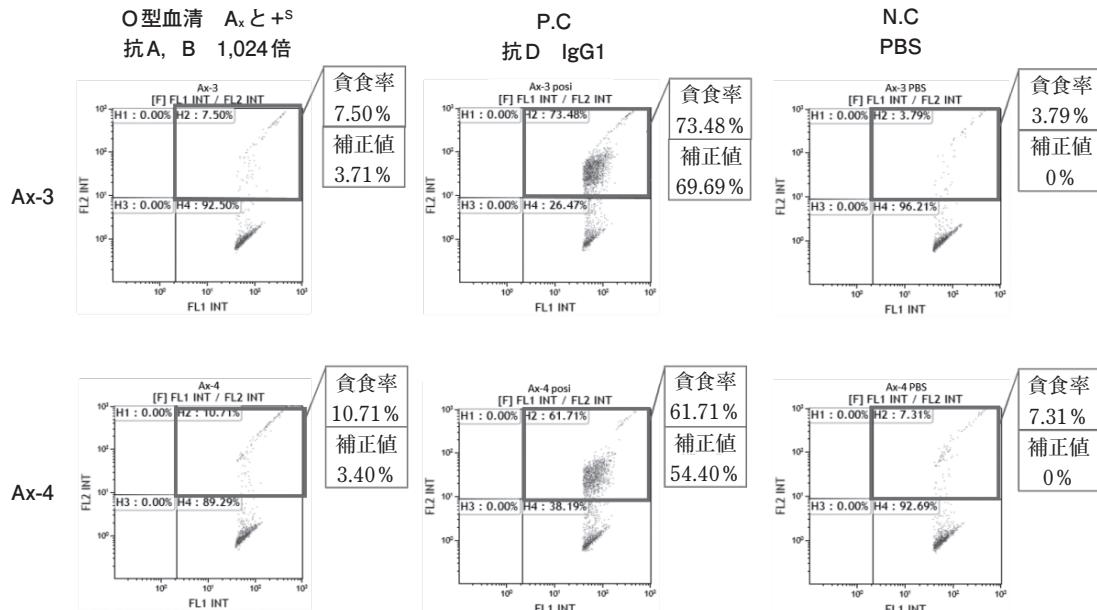


図1 O型血漿とAx赤血球の食食能試験

じるもので、A型とB型の両方の糖をH抗原に付加できるトランスフェラーゼ活性を持つが、いずれも弱い活性であり、通常の検査法(ガルザーブABを使用した方法)ではトランスフェラーゼ活性は検出されない。表現型としては、 A_2B_3 (cisAB/O), A_1B_3 (cisAB/A¹), A_2B (cisAB/B)がある。PK7300用モノクローナル抗B、市販されている血液型判定用モノクローナル抗Bでは、 A_1B_3 (cisAB/A¹)はA型と判定されることがあった⁵⁻⁸⁾。本研究では、日赤製モノクローナル抗B:HIRO-308を使用することで、cis A_1B_3 を正しく検出できた。ただし、今回検討した検査法の問題点としては、偽陽性の増加がある。プロメリン処理では0.058%，HIRO-308では0.0013%の偽陽性を認めた。赤血球のプロメリン処理では非特異的反応(偽陽性)による誤判定は3件あり、いずれもウラ検査の結果が陰性になっていたためB型をAB型と判定したものであった。赤血球のプロメリン処理は偽陽性の増加割合が多く、誤判定の原因となる可能性もあることから、現行の検査法からプロメリン法に変更するのではなく、血液型を正しく

判定することを目的として、製品検査終了後の検体に対して行う検査法として適していると考えられる。一方、HIRO-308に誤判定はなかった。HIRO-308については偽陽性の数も少なく、許容できる範囲であることや、今回の検討では誤判定の原因にならなかったことから、一次検査試薬としての可能性について、今後検討を重ねる必要がある。

単球食食能試験では今回用いたフローサイトメトリーを使用した方法では従来の解析法とくらべ食食能率は同等か、それ以上に高い値を示すと推測されるため^{3, 10-16)}、食食能率が従来の解析法の陰性基準である5%以下と同様に低い値を示したことから、AxがO型の輸血製剤として異型輸血されたとしても溶血性副作用の原因となる可能性は低いと考えられた。cis A_1B_3 については食食能試験の結果は得られなかったが、これまでにもAxあるいはcis A_1B_3 の異型輸血が原因の溶血性副作用は報告がない。しかし、AxがO型の輸血用血液製剤となった場合、O型の患者血漿との交差適合試験で主試験が陽性となる可能性があるため、A型の

製剤として出庫されることが望ましい。また、献血者の血液型を正しく判定し、通知するという点においては意義のある検査法だと考える。とくにcisABは日本人に多く^{17, 18)}、親子関係でのトラブルの原因ともなるため、本人が正しい血液型を知

っていることはトラブル予防の観点からも有益である。

【著者のCOI(Conflict of Interest)開示】

本論文発表内容に関連してとくに申告なし。

文 献

- 1) 山口陽平, 他. 自動輸血検査装置PK7300によるプロメリンを使用したA_x型の検出血液事業, 38 : 446, 2015.
- 2) 海透紗弥佳, 他. cisA₁B₃ (*cisAB/A^I*) と強陽性に反応するヒトモノクローナル抗B産生細胞株の樹立. 血液事業, 37 : 324, 2014.
- 3) Ito S, et al. Evaluation of erythrocyte autoantibodies with flow cytometric phagocytosis assay. International journal of blood transfusion and immunohematology 8: 2230-9020, 2018
- 4) 山口英夫, 他. ABO variant B_xとA_x. 日輸血会誌 17 : 191-2, 1970.
- 5) 布野緑, 他. 各種モノクローナル抗A・抗Bの検討. 日輸血会誌 40 (2) : 410-410, 1994.
- 6) 堀勇二, 他. 抗Aおよび抗B血液型判定用モノクローナル抗体のABO variant血球を用いての評価. 医学と薬学29 (6) : 1395-1400, 1993.
- 7) 渡邊博文, 他. ガンマクローン抗Aおよび抗B抗体に対する反応性の検討—*cisAB*型を中心とした反応性について—. 臨床検査機器・試薬20 : 4, 1997.
- 8) 木村恵子, 他. ABO variant血球を用いた抗Aおよび抗B血液型判定用モノクローナル抗体の評価. 医学と薬学34 (2) : 353-358, 1995.
- 9) 篠原紀美代, 他. 試薬により判定の差がみられた抗A1抗体を認めないAxの一症例. 医学検査49 (4) : 677-677, 2000.
- 10) 宮崎孔, 他. FCMを用いた单球貪食試験による不規則抗体の臨床的意義の解析. 日輸血会誌 63 (3) : 410-410, 2017.
- 11) 伊藤正一, 他. 抗赤血球自己抗体感作赤血球の単球を用いた貪食試験に関する解析. 日輸血会誌61 (2) : 280-280, 2015.
- 12) 丸橋隆行, 他. 当院における单球貪食試験の基礎的検討. 日輸血会誌 59 (2) : 338-338, 2013.
- 13) 高橋大輔, 他. pH感受性蛍光色素を用いた血小板貪食試験の確立. 血液事業 33 (2) : 175-175, 2010.
- 14) 伊藤正一, 他. フローサイトメトリーを用いた单球貪食試験による抗赤血球自己抗体の評価. 血液事業 31 (2) : 222-222, 2008.
- 15) Arndt PA, et al. A retrospective analysis of the value of monocyte monolayer assay results for predicting the clinical significance of blood group alloantibodies. Transfusion. 2004 Sep; 44 (9): 1273-81
- 16) Noumsi GT, et al. Successful transfusion of antigen positive blood to alloimmunised patients using a monocyte monolayer assay. Transfus. Med. 2015 Apr; 25 (2): 92-100.
- 17) Yamaguchi H, et al. Another Japanese blood A₂B₃ blood group family with the propositus having O-group father. Proc Jpn Acad 42: 516-20, 1966.
- 18) Yamaguchi H. A review of *cisAB* blood. Jpn J Human Genet 18: 1-9, 1973.