

輸血検査 1.

総論及び血液型検査

埼玉医科大学国際医療センター 輸血・細胞移植部

石田 明

I. 総論

1. 血液型
2. ABO血液型
3. Rh血液型
4. その他の血液型

II. 血液型検査

1. 輸血検査とその留意点
2. ABO、RhD血液型検査
3. 血液型検査あれこれ

赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン（改訂4版）

奥田 誠¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ 池本 純子²⁾¹⁵⁾ 石丸 健³⁾¹⁵⁾ 内川 誠⁴⁾¹⁵⁾ 梶原 道子⁵⁾¹⁵⁾
北澤 淳一⁶⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ 園分寺 晃⁷⁾¹⁵⁾ 小山 典久⁸⁾¹⁵⁾ 竹下 明裕⁹⁾¹⁵⁾ 三浦 邦彦¹⁰⁾¹⁵⁾
安田 広康¹¹⁾¹⁵⁾ 松本 雅則¹²⁾¹⁴⁾ 松下 正¹³⁾¹⁴⁾

キーワード：血液型、不規則抗体、交差適合試験、ガイドライン

赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン（改訂4版）作成の経緯

2003年5月に日本輸血学会から初めて赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン¹⁾が発行された。内容は、赤血球抗体の臨床的意義、患者検体、不規則抗体スクリーニング、不規則抗体の判定、自己抗体であった。2014年12月、赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドラインが大幅に改訂され赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン改訂版²⁾として発行した。2016年10月に赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン（改訂2版）³⁾として抗D試薬の直後判定、間接抗グロブリン試験、反応増強剤、不規則抗体スクリーニングに用いる検査法、日本人に検出される不規則抗体や分子標的治療薬の対処法などが記載され小改訂された。赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン（改訂3版）⁴⁾については、輸血療法の実施に関する指針の改定に伴う内容変更と、日本から出されたエビデンスをもとに、乳児の赤血球系検査を中心に改訂作業を行った。

今回の主な改訂は、ABO血液型の亜型での不規則抗体A₁または抗Bへの対応として血液製剤の選択を記載した。不規則抗体スクリーニングでは、検査で使用する数本の赤血球試薬を用いて抗体特異性の推定は困難と考えた。不規則抗体スクリーニングにおける抗体の推定の考え方について整理した。そして、コンピュータクロスマッチの条件についても明瞭にした。

この改訂4版は、赤血球型検査を行うすべての方々にとって、より有用なガイドラインとなることを確信している。巻末には改訂3版との新旧対照表を貼付した。

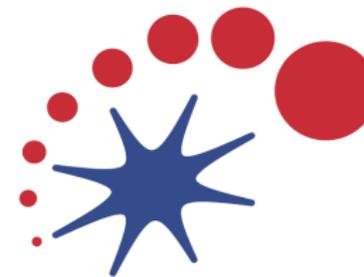
日本輸血・細胞治療学会 理事長 松下 正
同ガイドライン委員会委員長 松本雅則
同赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン小委員会委員長 奥田 誠

- 1) 東邦大学医療センター大森病院輸血部
- 2) 兵庫医科大学病院輸血・細胞治療センター
- 3) 日本赤十字社血液事業本部技術部
- 4) 関東甲信越ブロック血液センター
- 5) 東京医科歯科大学医学部附属病院輸血・細胞治療センター
- 6) 青森県立中央病院臨床検査部
- 7) 広島国際大学保健医療学部
- 8) 豊橋市民病院小児科
- 9) 浜松医科大学医学部附属病院輸血細胞治療部
- 10) 日本赤十字社北海道ブロック血液センター品質部
- 11) 福島県立総合衛生学院
- 12) 奈良県立医科大学附属病院輸血部
- 13) 名古屋大学医学部附属病院輸血部
- 14) 日本輸血・細胞治療学会ガイドライン委員会
- 15) 日本輸血・細胞治療学会赤血球型検査ガイドライン小委員会

〔受付日：2022年9月14日、受理日：2022年10月19日〕

輸血のための検査マニュアル

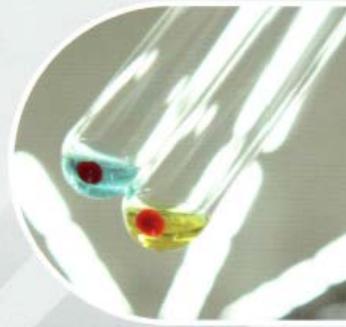
Ver.1.4



日本輸血・細胞治療学会
輸血検査技術講習委員会

上記テキストから抜粋、引用、改変したものを本講義のスライドおよびスライド資料の図表の一部に使用しました

フローチャートと 動画でみる 輸血検査



一般社団法人 日本輸血・細胞治療学会 [監修]

奥田 誠 / 井手大輔 / 日高陽子 / 伊藤正一 / 松浦秀哲 / 北崎英晃 [編]

丸善出版

JAMT 技術教本シリーズ

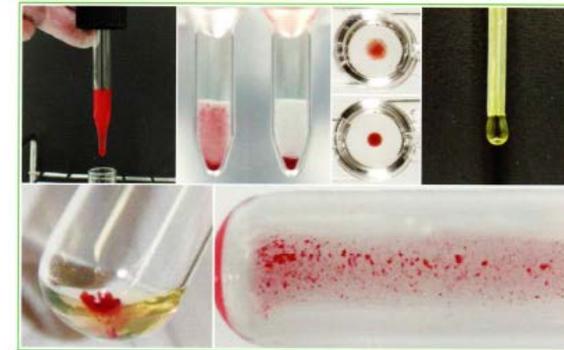
第2版

輸血・移植検査 技術教本

監修 一般社団法人 日本臨床衛生検査技師会



TRANSFUSION MEDICINE



丸善出版

上記テキストから抜粋、引用、改変したものを本講義のスライドおよびスライド資料の図表の一部に使用しました

I. 総論

1. 血液型

Duffy
Fy(a+b+) Fy(a+b-)
Fy(a-b+) Fy(a-b-)

Kidd
Jk(a+b+) Jk(a+b-)
Jk(a-b+) Jk(a-b-)

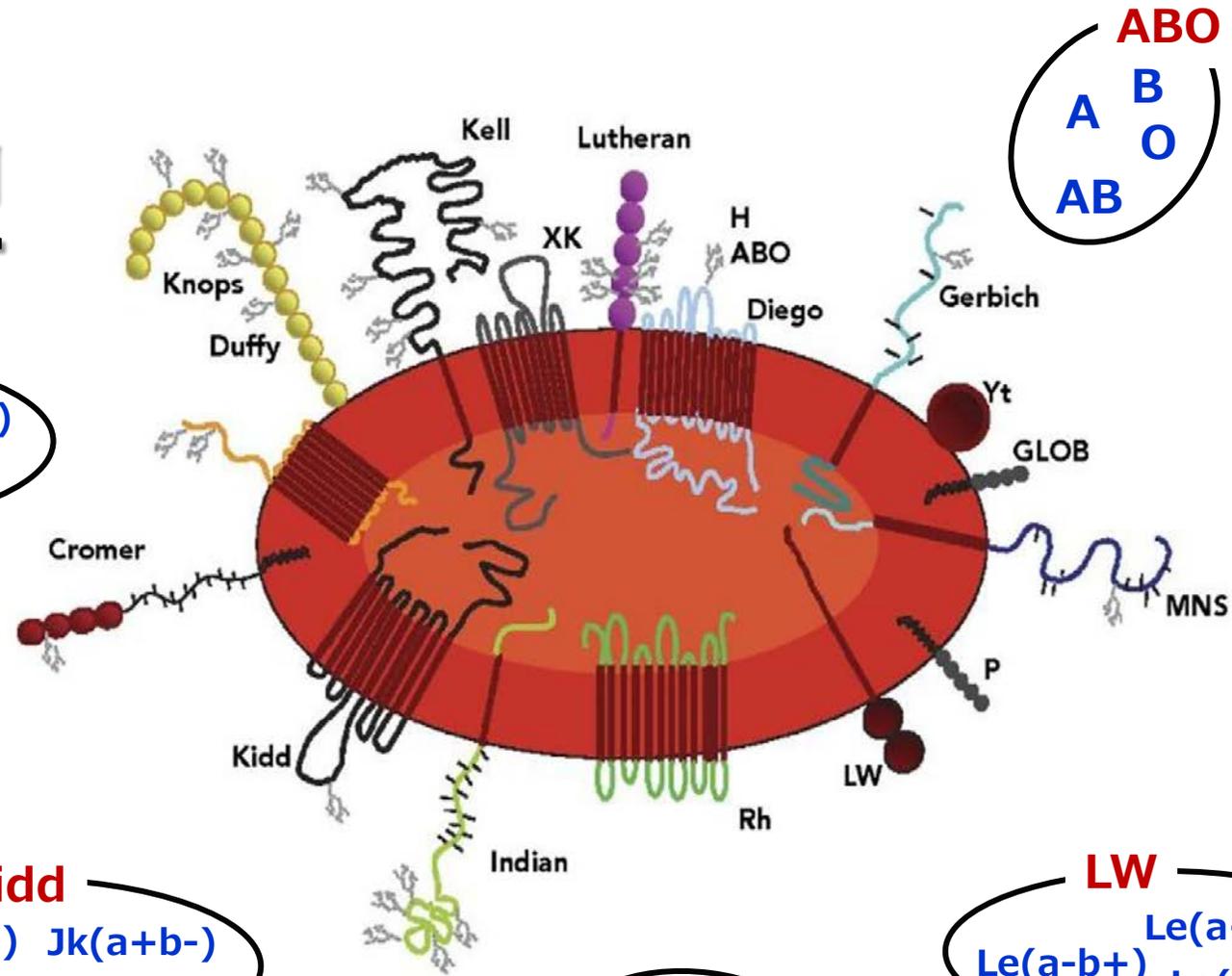
Rh
D E C
e c

LW
Le(a+b-)
Le(a-b+) Le(a-b-)

ABO
A B
O AB

Diego
Di(a+b-)
Di(a-b+) Di(a-b-)

MNS N
M S



30 Sep 2024

Table of blood group systems



No.	Systemname	System symbol	Genename(s)*	LR G	Number of antigens	Chromosomal location	CD numbers
001	ABO	ABO	<i>ABO</i>	792	4	9q34.2	
002	MNS	MNS	<i>GYP A, GYP B, (G YPE)</i>	793; 794	50	4q31.21	CD235a CD235b
003	P1PK	P1PK	<i>A4GALT</i>	795	3	22q13.2	CD77
004	Rh	RH	<i>RHD, RHCE</i>	796; 797	56	1p36.11	CD240
005	Lutheran	LU	<i>BCAM</i>	798	28	19q13.2	CD239
006	Kell	KEL	<i>KEL</i>	799	38	7q33	CD238
007	Lewis	LE	<i>FUT3</i>	800	6	19p13.3	
008	Duffy	FY	<i>ACKR1</i>	801	5	1q21-q22	CD234
009	Kidd	JK	<i>SLC14A1</i>	802	3	18q11-q12	
010	Diego	DI	<i>SLC4A1</i>	803	23	17q21.31	CD233
011	Yt	YT	<i>ACHE</i>	804	6	7q22	
012	Xg	XG	<i>XG, CD99</i>	805; 1023	2	Xp22.32	CD99+
013	Scianna	SC	<i>ERMAP</i>	806	9	1p34.2	
014	Dombrock	DO	<i>ART4</i>	807	10	12p13-p12	CD297
015	Colton	CO	<i>AQP1</i>	808	4	7p14	
016	Landsteiner-Wiener	LW	<i>ICAM4</i>	809	4	19p13.2	CD242

No.	Systemname	System symbol	Genename(s)*	LR G	Number of antigens	Chromosomal location	CD numbers
017	Chido/Rodgers	CH/RG	<i>C4A, C4B</i>	137; 138	9	6p21.3	
018	H	H	<i>FUT1; FUT2</i>	810; 811	1	19q13.33	CD173
019	Kx	XK	<i>XK</i>	812	1	Xp21.1	
020	Gerbich	GE	<i>GYP C</i>	813	13	2q14-q21	CD236
021	Cromer	CROM	<i>CD55</i>	127	20	1q32	CD55
022	Knops	KN	<i>CR1</i>	814	13	1q32.2	CD35
023	Indian	IN	<i>CD44</i>	815	6	11p13	CD44
024	Ok	OK	<i>BSG</i>	816	3	19p13.3	CD147
025	Raph	RAPH	<i>CD151</i>	817	1	11p15.5	CD151
026	JohnMiltonHagen	JMH	<i>SEMA7A</i>	818	8	15q22.3-q23	CD108
027	I	I	<i>GCNT2</i>	819	1	6p24.2	
028	Globoside	GLOB	<i>B3GALNT1</i>	820	3	3q25	
029	Gill	GIL	<i>AQP3</i>	821	1	9p13	
030	Rh-associated glycoprotein	RHAG	<i>RHAG</i>	822	6	6p12.3	CD241
031	FORS	FORS	<i>GBGT1</i>	826	1	9q34.13-q34.3	
032	JR	JR	<i>ABCG2</i>	823	1	4q22.1	CD338
033	LAN	LAN	<i>ABCB6</i>	824	1	2q36	
034	Vel	VEL	<i>SMIM1</i>	827	1	1p36.32	
035	CD59	CD59	<i>CD59</i>	41	1	11p13	CD59
036	Augustine	AUG	<i>SLC29A1</i>	1027	4	6p21.1	
037	Kanno	KANNO	<i>PRNP</i>		1	20p13	
038	SID	SID	<i>B4GALNT2</i>		1	17q21.32	
039	CTL2	CTL2	<i>SLC44A2</i>		2	19p13.2	
040	PEL	PEL	<i>ABCC4</i>	1183	1	13q32.1	
041	MAM	MAM	<i>EMP3</i>		1	19q13.33	
042	EMM	EMM	<i>PIGG</i>		1	4p16.3	
043	ABCC1	ABCC1	<i>ABCC1</i>		1	16p13.11	
044	Er	ER	<i>PIEZO1</i>	1137	5	16q24.3	
045	CD36	CD36	<i>CD36</i>		1	7q21.11	CD36
046	ATP11C	ATP11C	<i>ATP11C</i>		1	Xq27.1	
047	MAL	MAL	<i>MAL</i>		1	2q11.1	

Blood group systems. ISBT Science Series (2020) 15, 123–150 より引用

血液型の記載方法

- 抗原 数字は下付き、小文字は上付き

P_1 Le^a

- 遺伝子型 イタリック体、下付き文字は上付き文字で記載

A^1

- 表現型 “+” や “-” を用いる、上付き文字はカッコ内に記載

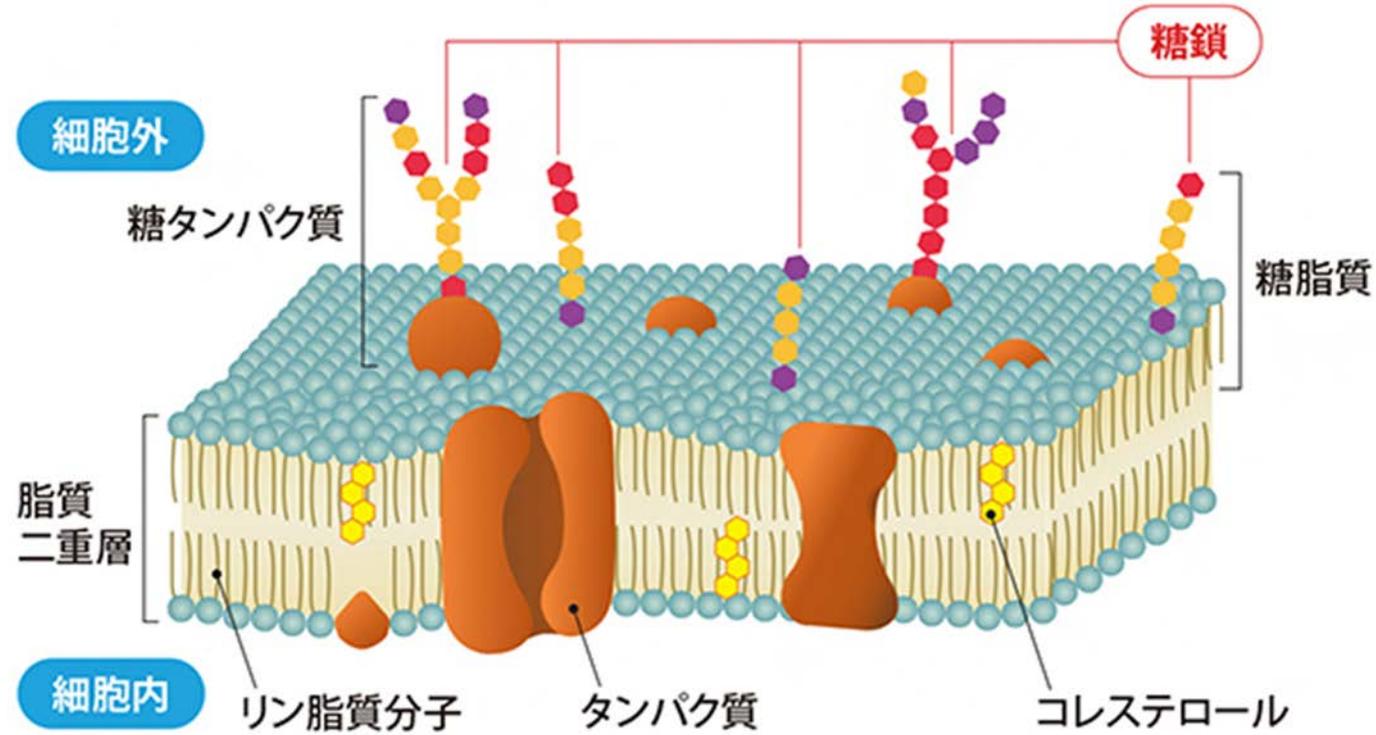
P_1+

- 抗体 抗原名の前に Anti- または (抗) を付ける

$Le(a+)$

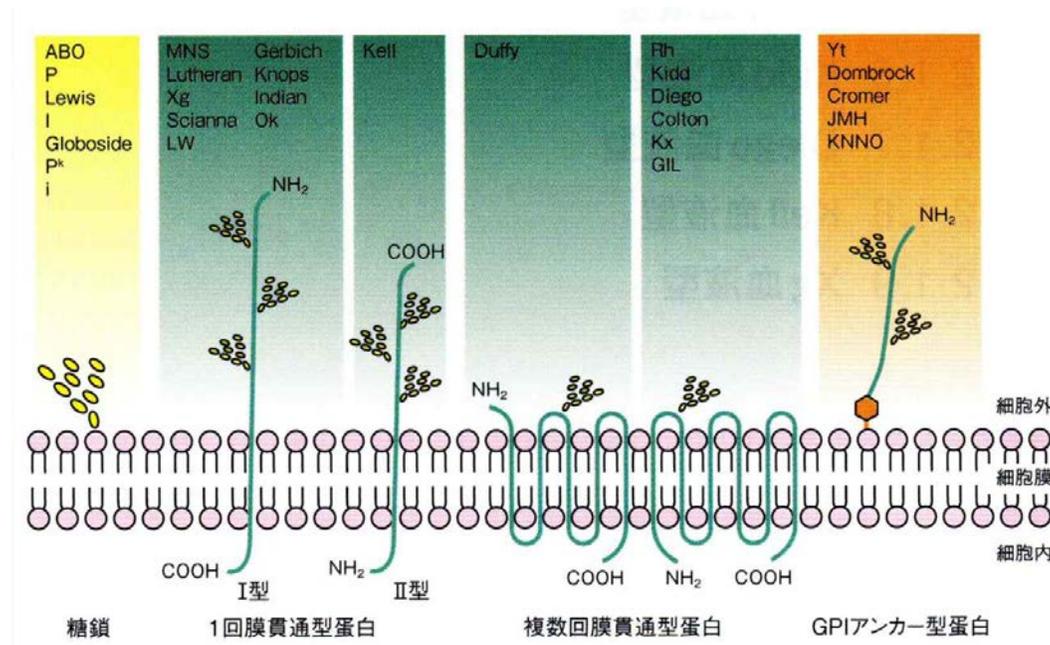
Anti-k 抗K

細胞膜の構造

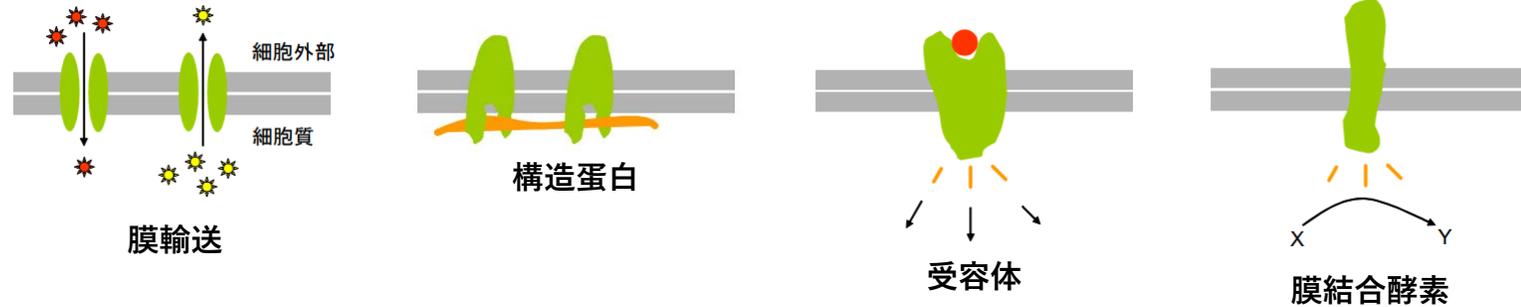


赤血球膜と血液型抗原

- 血液型抗原とは…赤血球膜上の糖鎖およびタンパク系抗原
 - 糖鎖系：ABO、Lewis(Le)など
 - タンパク系：Rh、MNS、Duffy(Fy)、Kidd(JK)、Diego(Di)など



血液型の役割



- 膜輸送
- 構造蛋白
- ケモカイン受容体
- 膜結合酵素
- 細胞接着分子
- 補体調節
- 細胞や組織の識別

Rh, Kidd, Diego, Colton, Jr, Lan, Aug, Kanno

MNX, Gerbich, Vel

Duffy

Kell, Yt, Dombrock

Lutheran, Landsteiner-Wiener, Xg

Cromer, Knops, CD59, Chido/Rodgers

ABO, H, I, P1, Lewis

血液型の発見 その1

1827年、ロンドン在住の産婦人科医ブランデル（J. Blundell）は弛緩出血で死に瀕している産婦10数名に対して独自に作製した輸血器を通して夫の血液を直接患者に投与することで若干の救命例を得ました。その当時は血液型は発見されておらず抗凝固剤や消毒法も開発されておらず、輸血の成功率は極めて低かったということです。



Fig. 1.

血液型の発見 その2

1900年、オーストリアのウィーン大学病理学者の
ランドシュタイナー（K. Landsteiner）は、ヒトの
血清の他人の血球に対する凝集反応の有無により、
ヒトには少なくとも三つの血液型が存在することを
発見し、翌年には、さらにAB型が追加されました。
1940年には、もう一つの重要な血液型である
Rh式血液型が同じグループにより発見されました。

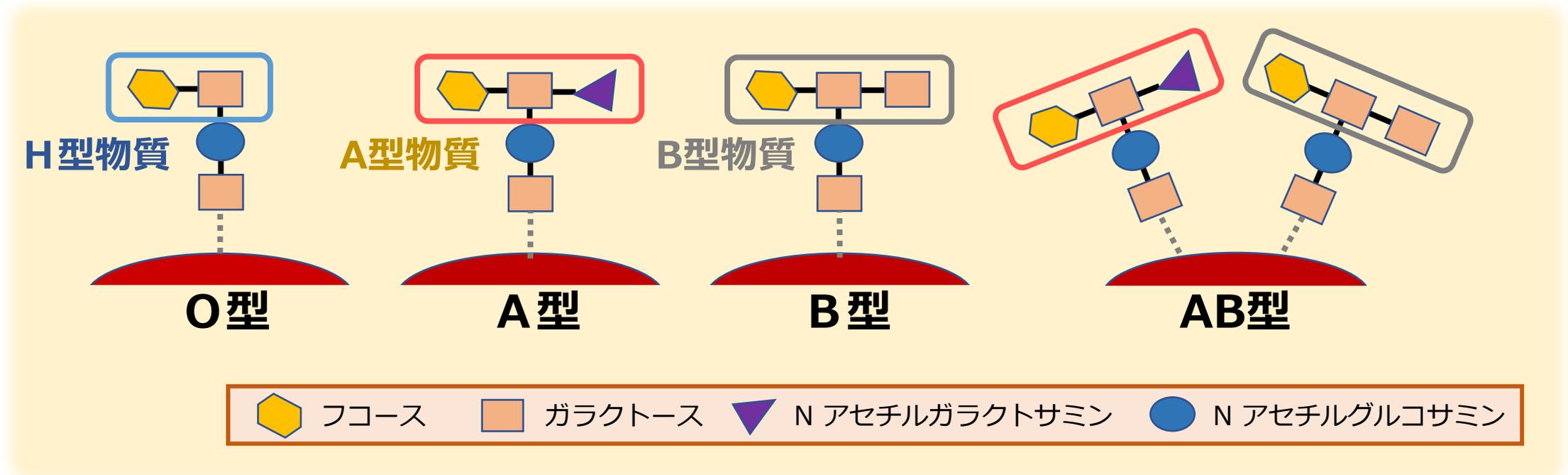


1. 総論

2. ABO血液型

ABO血液型システム

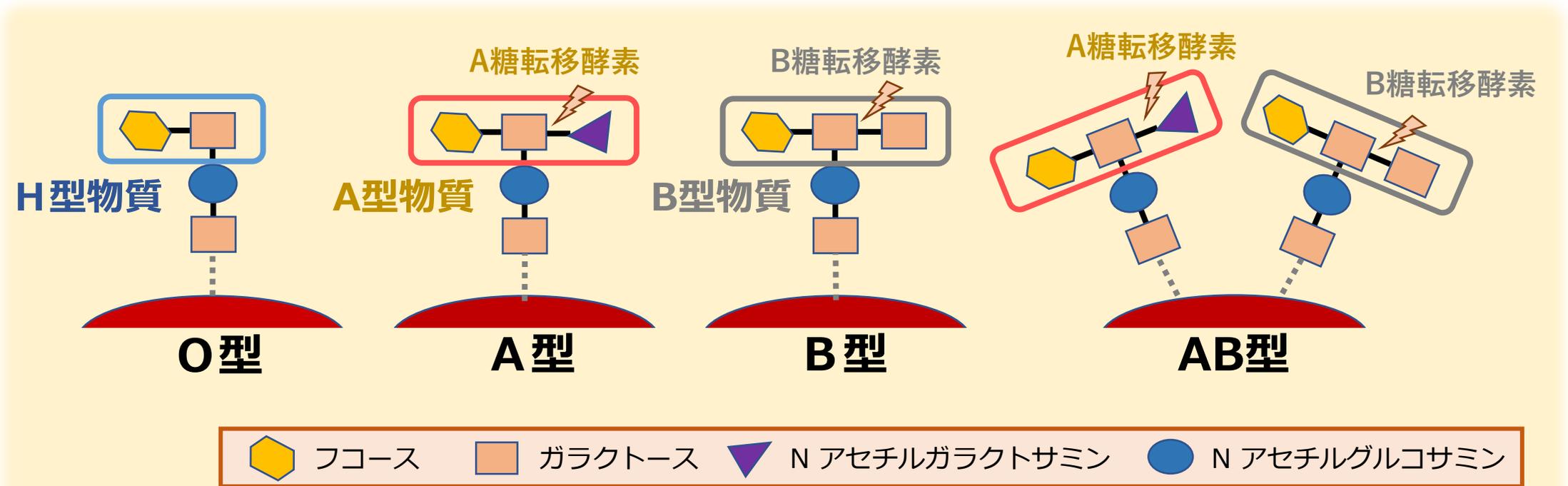
- ABO血液型は**糖鎖構造（A型物質とB型物質）の違い**によって決まる



- A型は A型物質、 B型はB型物質、 AB型はA型物質とB型物質の両方を有する

ABO血液型と糖転移酵素

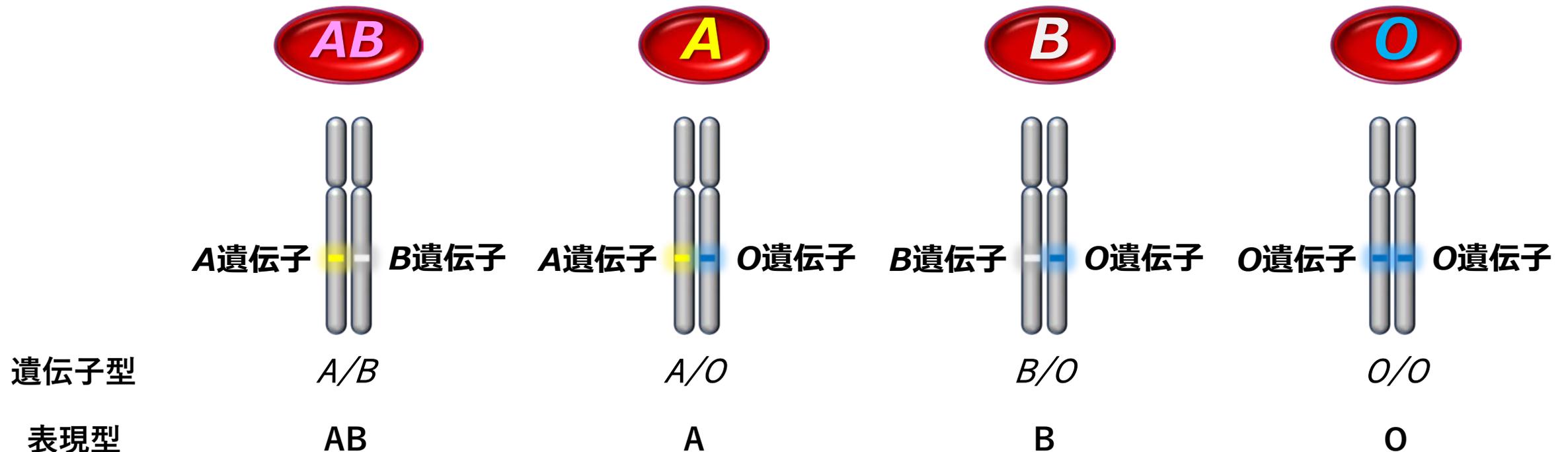
- A型物質とB型物質は、各々 A糖転移酵素、B糖転移酵素によって合成される



- A糖転移酵素はA遺伝子に、B糖転移酵素はB遺伝子にコードされている

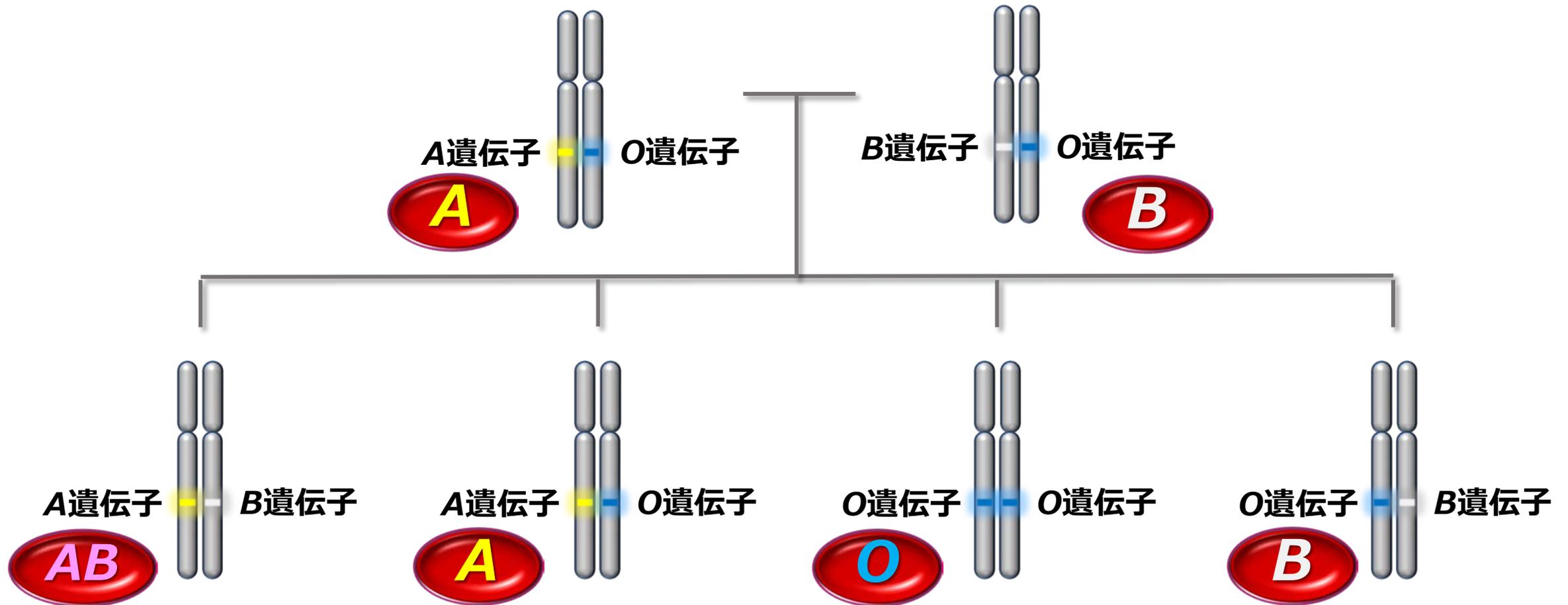
ABO血液型遺伝子

- ABO血液型はA 遺伝子、B 遺伝子、O 遺伝子の3つの遺伝子で決定される
- A 遺伝子とB 遺伝子はO 遺伝子に対して優性である
- A 遺伝子とB 遺伝子は共優性である



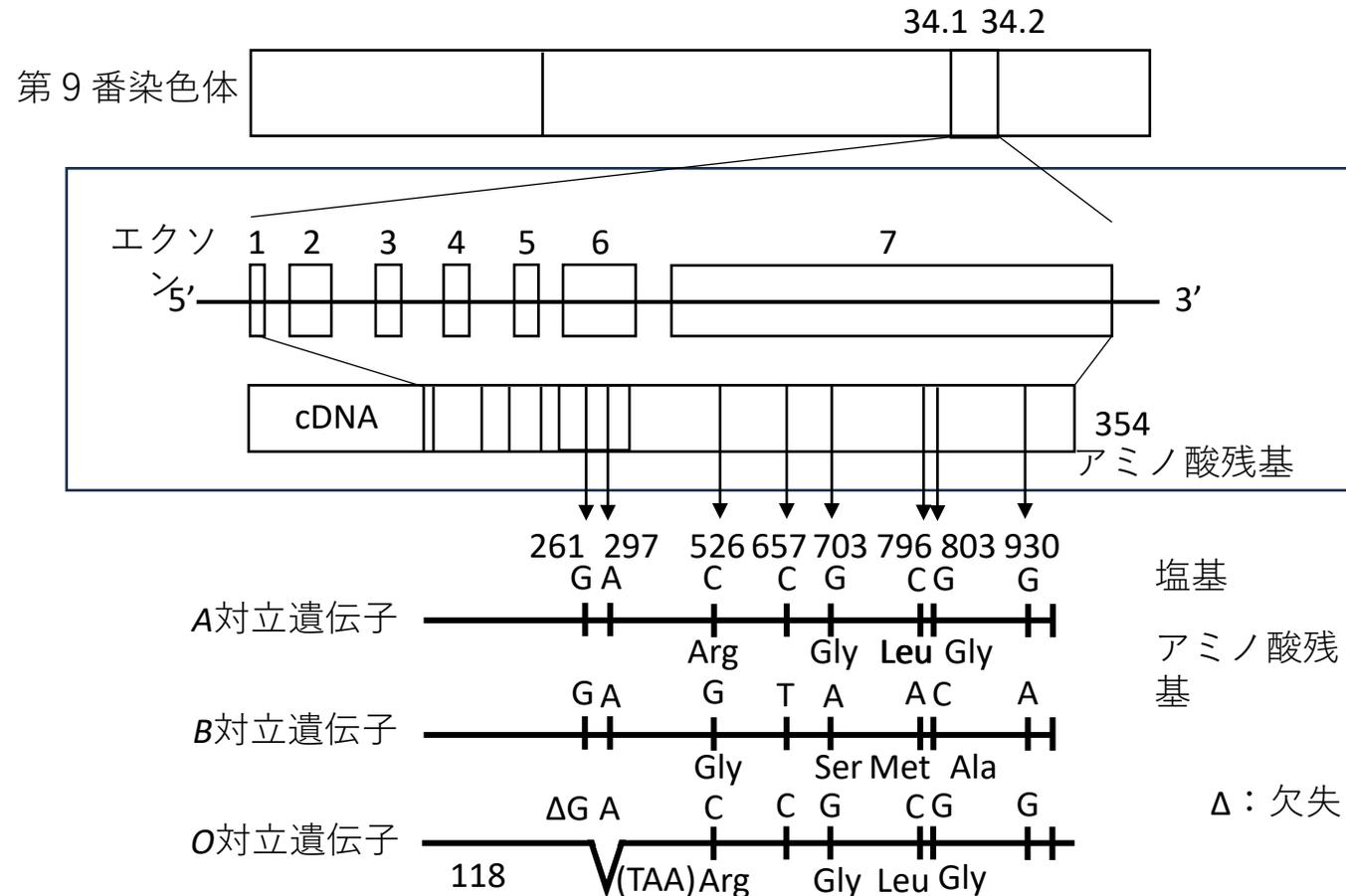
メンデルの法則

- ABO 遺伝子はメンデルの法則にしたがう



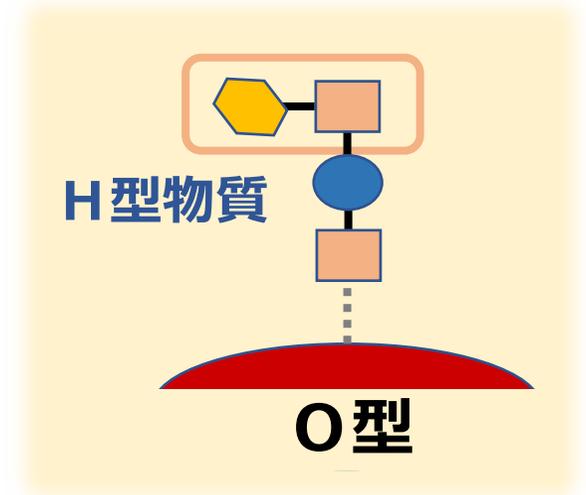
ABO 遺伝子配列

- ABO 遺伝子座は9番染色体長腕 (9q34.1-9q34.2) に存在する



H抗原

- A型物質やB型物質の土台となる基礎物質をH型物質という
- H型物質はH糖転移酵素によって合成される
- H糖転移酵素はH遺伝子(*FUT1*)にコードされている
- H遺伝子座は19番染色体長腕 (19q13.3) に位置する
- H抗原活性は、A型やB型と比べてO型が強い



亜型

亜型とは、遺伝的に抗原量が少ない個体のこと

- A遺伝子に関連した亜型
 - **A₂型**：A抗原の抗原量が少ない（20-30万） * A₁型は80-120万
 - **A₃型、A_x型**：A₂型より抗原量が少なく、抗A₁抗体を有する
- B遺伝子に関連した亜型
 - **B₃型**：B抗原の抗原量が少なく、時に抗B抗体を有する
- A遺伝子とB遺伝子がキメラ構造をとる亜型
 - **cisAB型（A₂B₃型、B(A)型）**：表現型はAB型

ABO血液型と抗原の発現量

血液型	発現量	
	成人	新生児
A型		
A ₁	100万	25万
A ₂	26万	14万
A ₁ B	60万	22万
A ₃	50,000	
A _x	5,000	
A _m	1,000	
A _{el}	600	
B型		
B	70万	25万
A ₁ B	45万	

A亜型の血清学的性状

表現型	赤血球の凝集			血清中 抗A	唾液中 型物質	血清中 B転移酵素
	抗A	抗A,B	抗H			
A ₁	+	+	(+)	なし	A,H	あり
A ₂	+	+	+	ときにあり	A,H	なし
A ₃	mf	mf	+	ときにあり	A,H	ときにあり
A _x	—/W	(+)	+	あり	H	なし
A _m	—/W	—/W	+	なし	A,H	あり
A _{el}	—	—	+	あり	H	なし

B亜型の血清学的性状

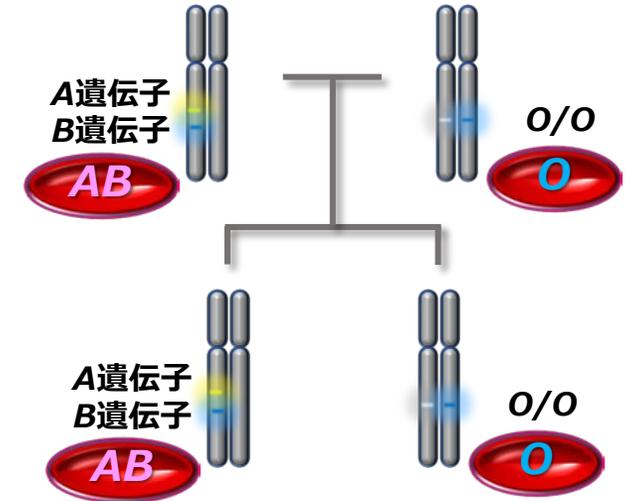
表現型	赤血球の凝集			血清中 抗B	唾液中 型物質	血清中 B転移酵素
	抗A	抗A,B	抗H			
B ₁	+	+	(+)	なし	B,H	あり
B ₃	mf	mf	+	ときにあり	B,H	ときにあり
B _x	—/W	(+)	+	あり	H	なし
B _m	—/W	—/W	+	なし	B,H	あり
B _{el}	—	—	+	あり	H	なし

cis AB型

- cisAB型とは、A 遺伝子と B 遺伝子が同一遺伝子上に存在する亜型
- A型物質とB型物質の反応は通常のAB型より弱い

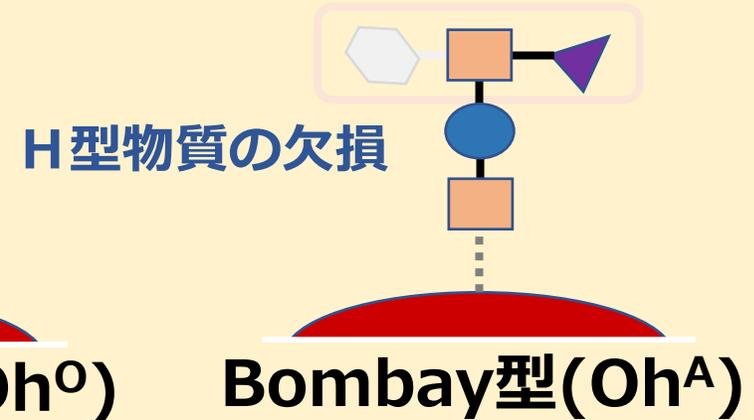
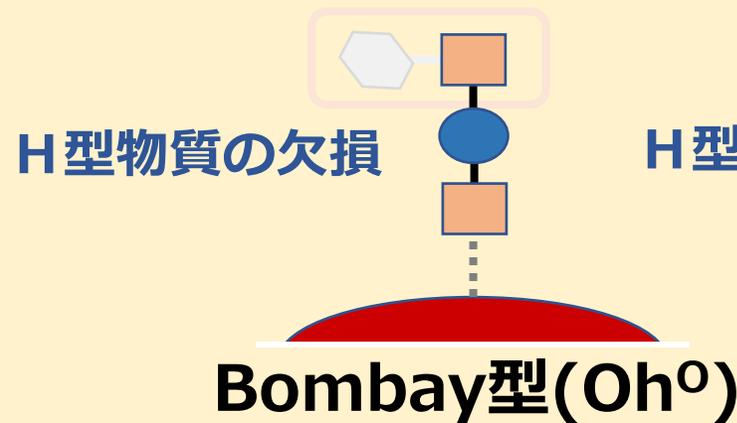
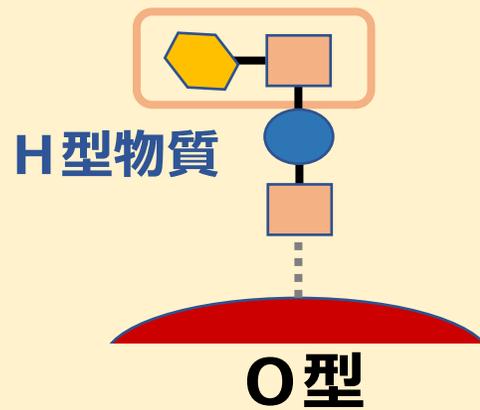
cis AB 型の血清学的性状

表現型	遺伝子型	赤血球の凝集			唾液		唾液中 型物質	血清中 糖転移酵素
		抗A	抗B	抗H	A1血球	B血球		
A ₂ B ₃	<i>cisAB/O</i>	+	mf	+	+/-	(+)	A,(B),H	検出されず
A ₁ B ₃	<i>cisAB/A</i>	+	W	+	-	(+)	A,(B),H	A
A ₂ B	<i>cisAB/B</i>	+	+	+	+/-	-	Bh	B



H抗原欠損型 (ボンベイ型、パラボンベイ型)

- H抗原の完全欠損型を ボンベイ型、抗原量が少ないものは パラボンベイ型
- ボンベイ型はA型物質やB型物質も欠損している
- 世界的にも稀な血液型 (インドのボンベイ地方では7600人に1人)



H亜型の血清学的性状

タイプ		表記	赤血球			唾液			血漿(血清)中 抗体
H	Se		A	B	H	A	B	H	
不活性型	非分泌型	Oh	—	—	—	—	—	—	抗H
活性低下	非分泌型	Ah	+ / W	—	W / —	—	—	—	抗H
		Bh	—	+ / W	W / —	—	—	—	抗H
		Omh	—	—	W / —	—	—	+	抗HI
活性低下	分泌型	Amh	+ / W	—	W / —	+	—	+	抗HI
		Bmh	—	+ / W	W / —	—	+	+	抗HI

- ボンベイ型は唾液中にもABH型物質を認めない（非分泌型）
- パラボンベイ型は非分泌型と分泌型とがある
- Oh型の場合、抗A、抗B、抗Hのいずれにも反応せず、血漿中に抗A、抗B、そして37°Cで反応する抗Hを有する

後天的な要因によるABO血液型の変化

- ABO血液型抗原の減少

要因：急性骨髄性白血病、骨髄異形成症候群

A抗原やB抗原が減弱し、治療によって寛解になるともとの状態に戻る

- ABO血液型抗原の増加 良く知られているのは 後天性B (Acquired B)

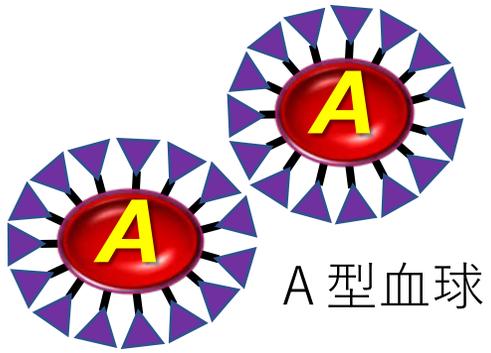
要因：結腸がん、大腸がん、細菌感染症など

例) 本来はA型であるが、抗Bに弱く凝集するようになる

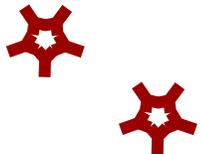
ランドシュタイナーの法則

A型は抗B、B型は抗A、O型は抗Aと抗B を自然抗体として保有している

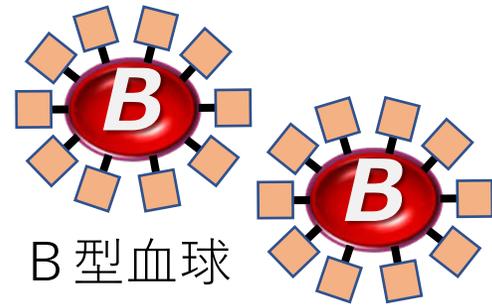
A型



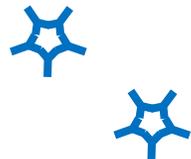
抗B抗体



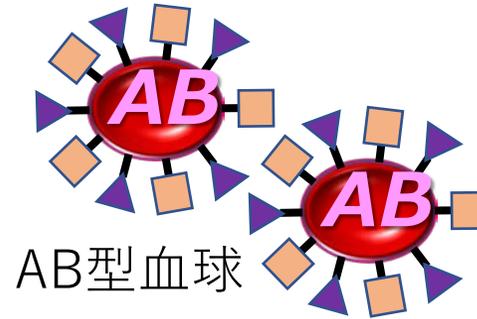
B型



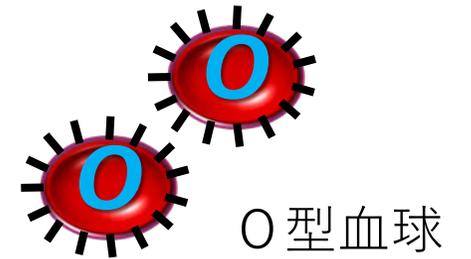
抗A抗体



AB型



O型



抗A抗体



抗B抗体

ABO血液型と保有する抗体との関係

血液型	A抗原	B抗原	抗A	抗B	日本人の頻度
O型	—	—	+	+	30% (29.4%)
A型	+	—	—	+	40% (39.1%)
B型	—	+	+	—	20% (20.5%)
AB型	+	+	—	—	10% (10.1%)

1. 総論

3. Rh血液型

Rh血液型システム

- 主要抗原は D、C、E、c、e の5つ
- D抗原と2種類の対立抗原 C/cとE/e の組み合わせで表現する
- ランドシュタイナーの法則に従わない
- D抗原陰性の場合、妊娠や輸血によってRhD抗原に感作されると抗Dが陽性化することがある

RhD血液型	RhD抗原	RhD抗体	日本人の頻度
+	+	-	99.5%
0	-	-	0.5%
0	-	+ ?	妊娠歴あり 輸血歴あり

命名法

- D抗原 あり：R なし：r
- C抗原 あり：『₁』 または『′』
- E抗原 あり：『₂』 または『″』
- D抗原ありでC抗原とE抗原はいずれもなし 『R⁰』
- 表現型のdCEとDCEは極めてまれ dCE：『r_y』 DCE：『R_z』
- Rho(D) + → RhD陽性

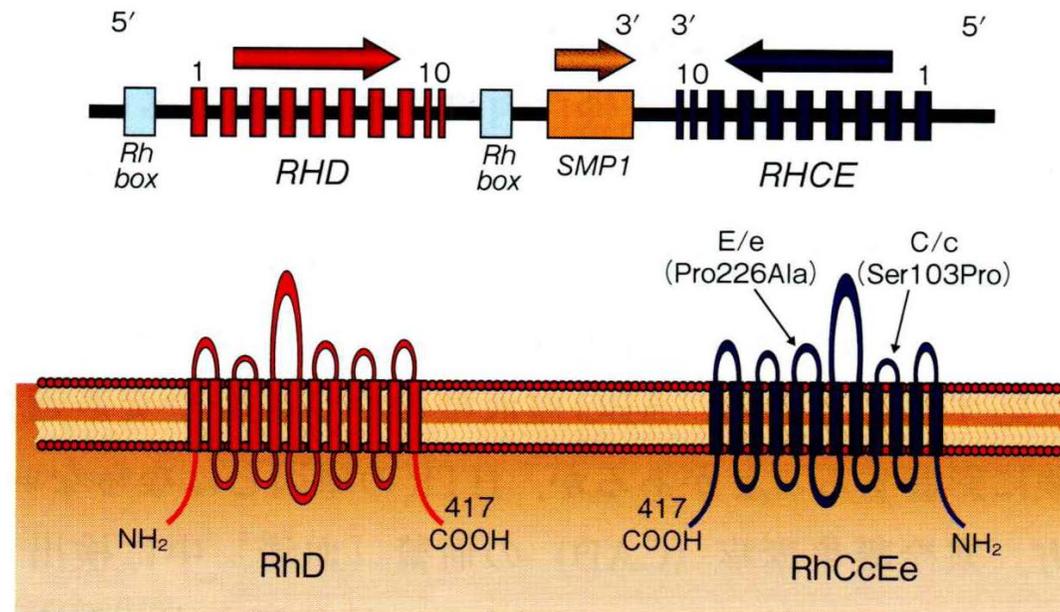
RhD陽性

抗原と表現型

	抗原					代表的な表記型			遺伝子型	頻度 (%)
	D	C	c	E	e	慣用表記	CDE表記	表現型表記		
D+	+	+	-	-	+	CCDee	Dce/Dce	R ₁ R ₁	<i>Dce/Dce</i>	42.98
	+	+	+	+	+	CcDEe	Dce/DcE	R ₁ R ₂	<i>Dce/DcE</i>	37.44
	+	-	+	+	-	ccDEE	DcE/DcE	R ₂ R ₂	<i>DcE/DcE</i>	9.06
	+	+	+	-	+	CcDee	Dce/dce	R ₁ r	<i>DCe/dce</i>	6.50
	+	-	+	+	+	ccDee	DcE/dce	R ₂ r	<i>DcE/dce</i>	3.06
	+	+	-	+	+	CCDEe	DCe/DCE	R ₁ R ₂	<i>DCe/DCE</i>	0.46
	+	+	+	+	-	CcDEE	DcE/DCE	R ₀ r	<i>Dce/Dce</i>	0.32
	+	+	+	+	+	ccDee	Dce/Dce	R ₂ R _z	<i>DcE/DCE</i>	0.12
	+	+	+	+	+	CCDEE	DCE/DCE	R _z R _z	<i>DCE/DCE</i>	0.05
D-	-	-	+	+	+	ccdEe	dcE/dce	r r	<i>dce/dce</i>	36.39
	-	-	+	-	+	ccdee	Dce/dce	r''r	<i>dcE/dce</i>	26.28
	-	-	+	+	-	ccdEE	dcE/dcE	r''r''	<i>dcE/dcE</i>	18.60
	-	+	+	-	+	Ccdee	dCe/dce	r'r	<i>dCe/dce</i>	8.96
	-	+	+	+	+	CcdEe	dCe/dcE	r'r''	<i>dCe/dcE</i>	7.48
	-	+	-	-	+	CCdee	dCe/dCe	r'r'	<i>dCe/dCe</i>	1.67
	-	+	+	+	-	CcdEE	dCE/dcE	r'r ^y	<i>dCe/dCE</i>	0.35
	-	+	-	+	+	CCdEe	dCE/dCe	r''r ^y	<i>dcE/DCE</i>	0.18
	-	+	-	+	CCdEE	dCE/dCE	r ^y r ^y	<i>dCE/dCE</i>	0.08	

遺伝子配列

- Rh血液型をコードする遺伝子は *RHD* 遺伝子と *RhCE* 遺伝子の 2 つ
- *RHD* 遺伝子と *RhCE* 遺伝子は第 1 染色体上に位置する
- *RHD* 遺伝子と *RhCE* 遺伝子はそれぞれRhD蛋白とRhCcEe蛋白をコードする



D抗原の変異型

weak D

- RhD抗原量が少ないRhDの亜型
- 供血者としてはD陽性として、受血者としてはD陰性として扱う

partial D

- RhD抗原の抗原決定基の一部が欠損したRhDの変異型
- 日本人の発生頻度は0.0007%と極めて低い
- 通常のD陽性または weak Dと判定される
- 一部の抗Dには反応しない
- D陰性や weak Dと比べて抗Dを産生する可能性は低い
- 輸血を行う場合はD陰性血を使用する

Rh血液型抗原に対する抗体

- Rh血液型は妊娠や輸血を契機に産生されるIgG免疫抗体
- 溶血性輸血副反応や胎児新生児溶血性疾患に関与する臨床的意義の高い抗体
- 抗体陽性の患者に輸血を行う場合は、対応する抗原陰性血を選択する
- 日本人はE抗原陽性率が50%であるため、抗Eの検出頻度が高い。

1. 総論

4. その他の血液型

MNS血液型

- M/NとS/sの2つの対立抗原があり、各々の対立遺伝子が強く連鎖している
 - M抗原とN抗原：赤血球膜の主要膜タンパクであるグリコフォリンAに存在
 - S抗原とs抗原： // グリコフォリンBに存在
- 抗M：低温反応性の自然抗体であるため臨床的意義は低い
 - 間接抗グロブリン試験で検出された抗Mは注意 → 抗原陰性血を使用
- 抗N：臨床的意義が低い
- 抗Sと抗s：溶血性輸血副反応や新生児溶血性疾患の原因となる
 - 抗原陰性血を使用

Duffy血液型

- 5種の抗原がある、臨床上重要なのはFy^aとFy^b
- 日本人ではFy^a抗原が99%陽性 →高頻度抗原として扱われている
- 抗Fy^aと抗Fy^b：溶血性輸血副反応や新生児溶血性疾患の原因となる
→抗原陰性血を使用

Kidd血液型

- Jk^a、Jk^b、Jk³の3抗原がある
- Jk^aとJk^bは対立抗原であり、日本人はいずれも70%陽性
- 抗Jk^aは陽性でも時間がたつと陰性化しやすいため見逃されやすい

Diego血液型

- Diego血液型は23抗原で構成されるが、臨床上問題となるのはDi^aとDi^b
- Di^aとDi^bは対立抗原であり、日本人ではDi(a+b+)が9%、Di(a+b-)が約0.2%
→Di(a+b-)は稀な血液型として扱われている
 - ※ Di^aは北米の先住民とその混血民族、蒙古系民族に限られる
- 抗Di^aの多くは温式IgG抗体であるが、自然抗体も存在する
- 抗Di^aと抗Di^b：溶血性輸血反応や新生児溶血性疾患の原因抗体である

稀な血液型

- 稀な血液型とは 血液型抗原陰性の検出頻度が低く（＝高頻度抗原）、輸血時の適合血が得られにくい血液型
- 日本赤十字社では、稀な血液型をⅠ群とⅡ群の分類している
Ⅱ群：検出頻度が 1/100~数千人、Ⅰ群：検出頻度が 1/数千人以下
- 日本赤十字社では、稀な血液型の患者さんが輸血を必要とする場合の備えて、製剤を凍結した凍結赤血球を保存し保管している
- 日本人のRhD陰性の頻度は0.5%と低いが、献血者に登録協力を依頼して必要時に確保できることから、稀な血液型には含まれていない

II. 血液型検査

1. 輸血検査とその留意点

輸血検査

一般検査

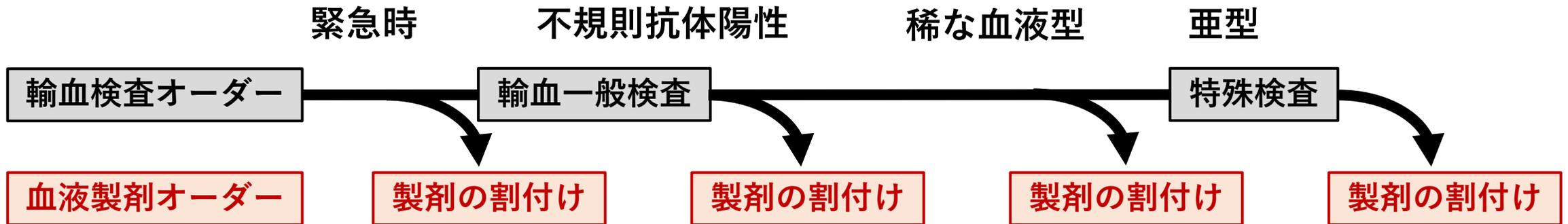
- 血液型検査：ABO（オモテ検査、ウラ検査）、RhD、Rh陰性確認試験
- 不規則抗体スクリーニング、不規則抗体同定検査
- 交差適合試験

特殊検査

- 赤血球系：直接抗グロブリン試験、亜型同定検査など
- 白血球系：HLA型検査、抗HLA抗体検査、リンパ球混合試験など
- 血小板系：血小板抗原（HPA）型検査、抗HPA抗体検査など

輸血検査の特徴

- 製剤の選択が検査の最終目的となる
- ※ 検体検査の目的：疾患の診断、重症度判定、臓器障害の有無、治療効果判定など



- 検査を行うだけでなく、製剤選択の能力も求められる
- 状況判断やメリット・デメリットを勘案する能力

輸血検査の留意点

- ①ABO血液型検査、②RhD血液型検査、③交差適合試験は、輸血を実施する医療機関で行うことを原則とする
- 採血管ラベルは1患者ずつ準備し、ラベリングした採血管は患者毎にまとめる
- 輸血前検査検体の保管期間は、4°C保管で採血から1週間を限度とする
- 検査に使用した残検体は検体の提出日から14日間冷蔵庫内に保管しておく
(輸血後に発症する可能性のある溶血性輸血反応の原因調査のため)
- ABO血液型検査は、異なる時点に採血された別検体で二重にチェックする
(採血時の患者誤認や採血管誤認など人為的誤りによる不適合輸血防止のため)

II. 血液型検査

2. ABO、RhD血液型検査

ABO血液型検査の留意点

- ABO血液型は、不適合輸血を防ぐために輸血前に行われる重要な検査である
- オモテ検査とウラ検査を実施する。ただし、生後1年未満の児はオモテ検査のみで血液型を暫定的に判定する
- 異なる時点に採血された別検体でABO血液型の二重チェックを行い、判定結果が一致した場合に血液型を確定する
(採血時の患者誤認や採血管誤認など人為的誤りによる不適合輸血防止の為)
- 同一検体を用いて2名の検査者の判定結果を照合確認し、二重にチェックする

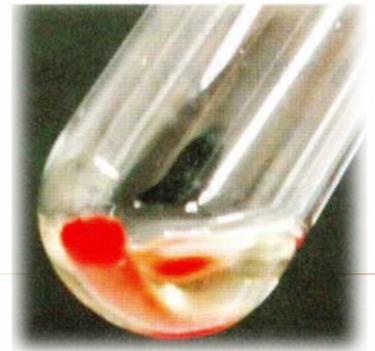
ABO、RhD血液型検査

- 用手法
 - ー 試験管法
 - ー スライド法
- 自動機器による検査法
 - ー カラム凝集法
 - ー 固相マイクロプレート法

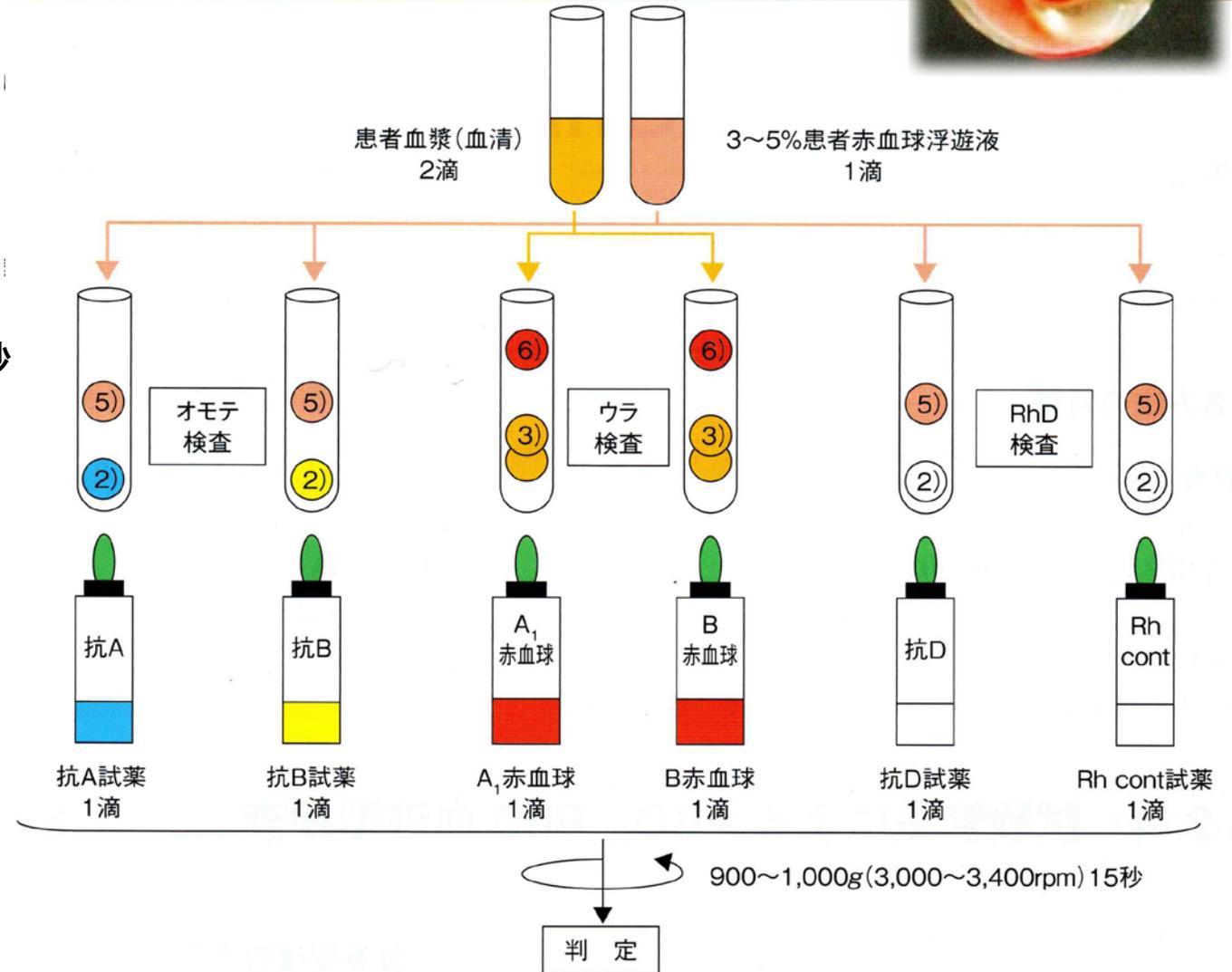
	ABO血液型		RhD血液型
	オモテ検査	ウラ検査	
試験管法	○	○	○
スライド法	○	×	△
カラム凝集法	○	○	○
固相マイクロプレート法	○	○	○

- 検査できる
- △ 一部の試薬で検査できる
- × 検査できない

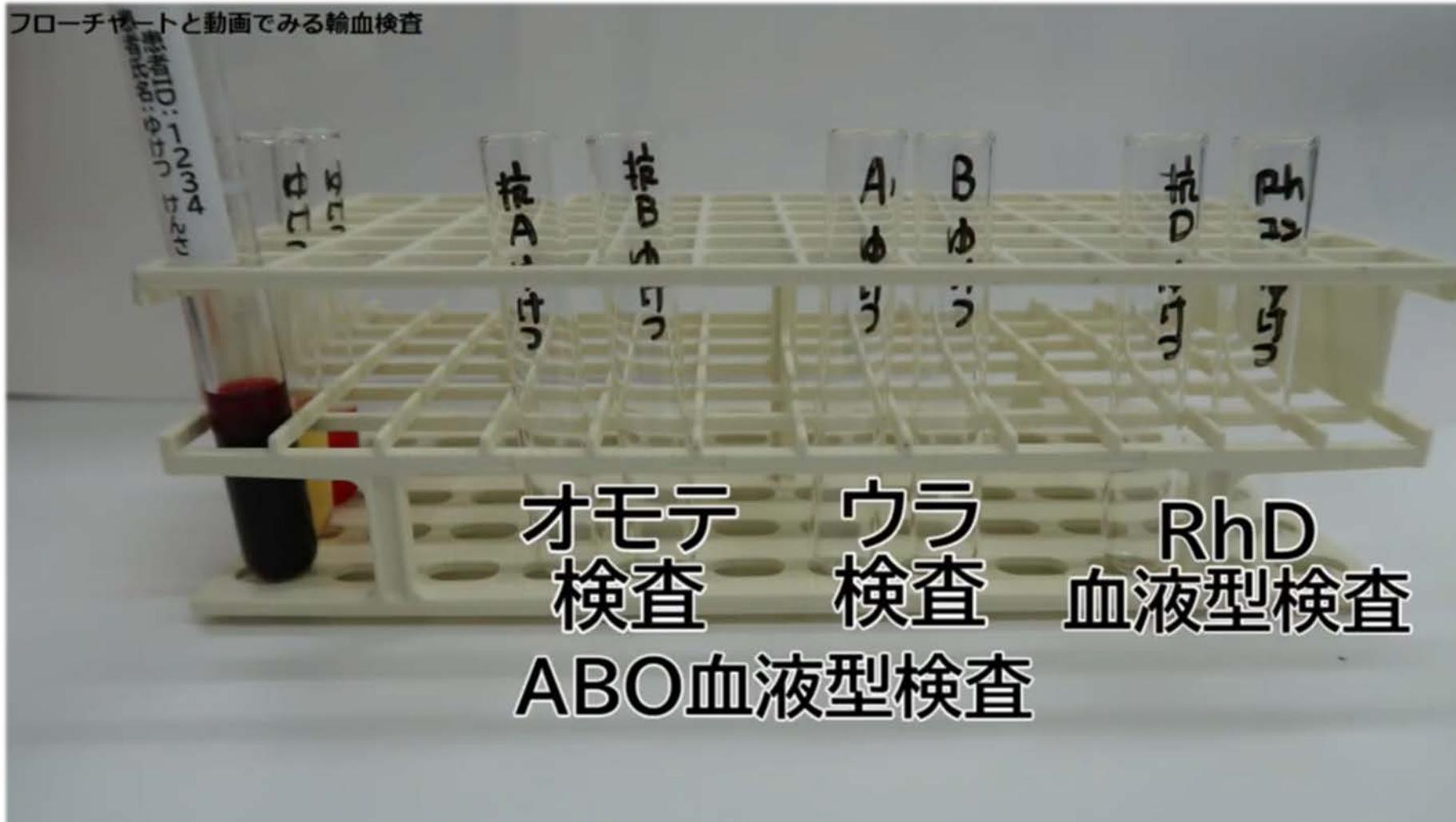
試験管法による凝集反応の手順



- ① 試験管を6本並べる
- ② 試験管に患者名や試薬名を明記する
- ③ まず、血漿や抗体試薬を入れる
- ④ 次に、赤血球試薬や赤血球浮遊液を入れる
- ⑤ 遠心分離する 900-1000g(3000-3400rpm)で15秒
- ⑥ 最初に溶血の有無と赤血球の量を確認する
- ⑦ セルボタンを上にして試験管を傾け、流れ出す際にみられる凝集塊の有無を観察する
(セルボタンを流すのは試験管の約2/3まで)
- ⑧ セルボタンがほぐれ、均一になるまで繰り返す
- ⑨ 凝集塊 (数や大きさ) と背景の色調をもとに反応強度を判定する

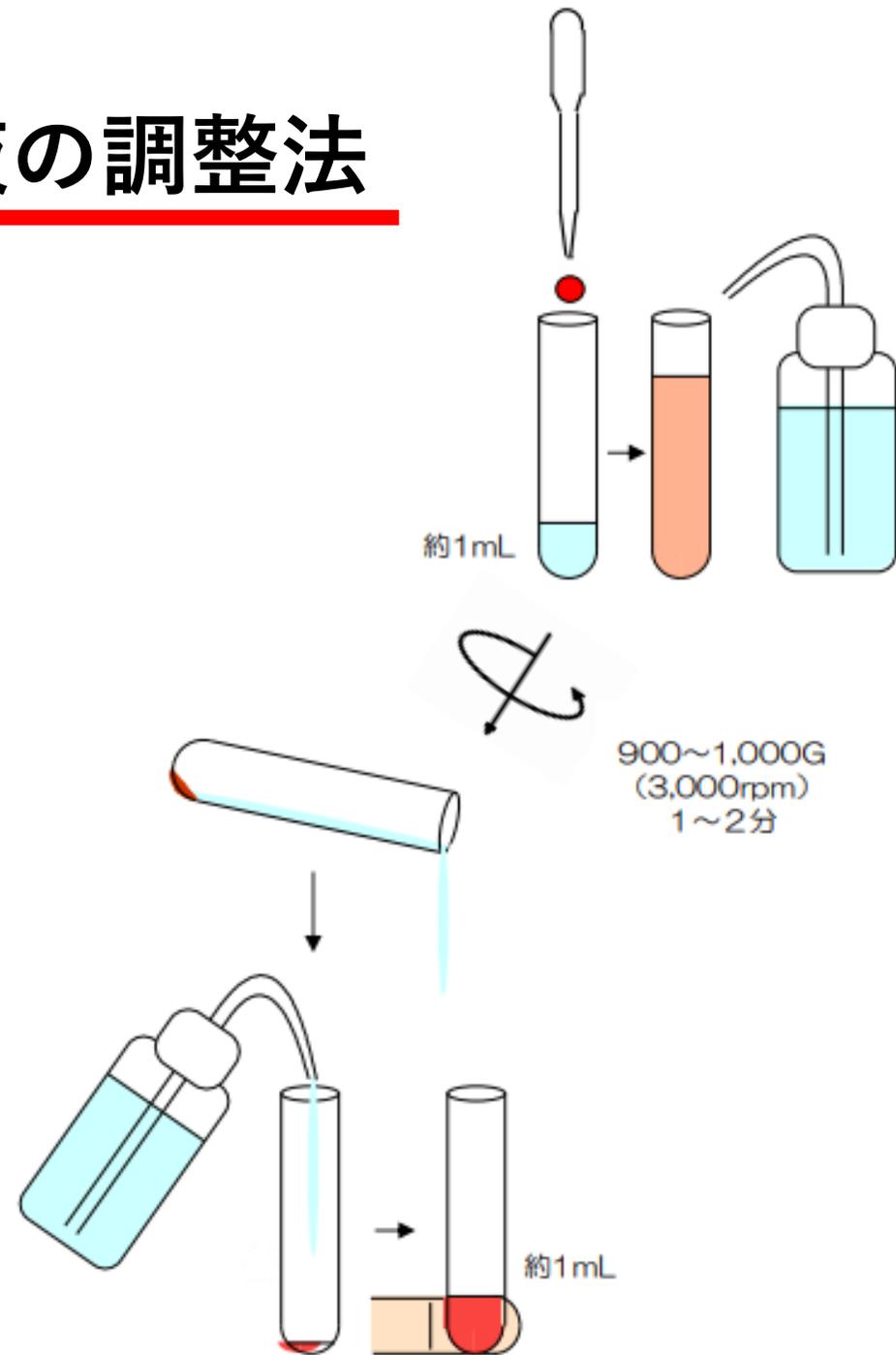


ポイント 1 : 試験管の並べ方



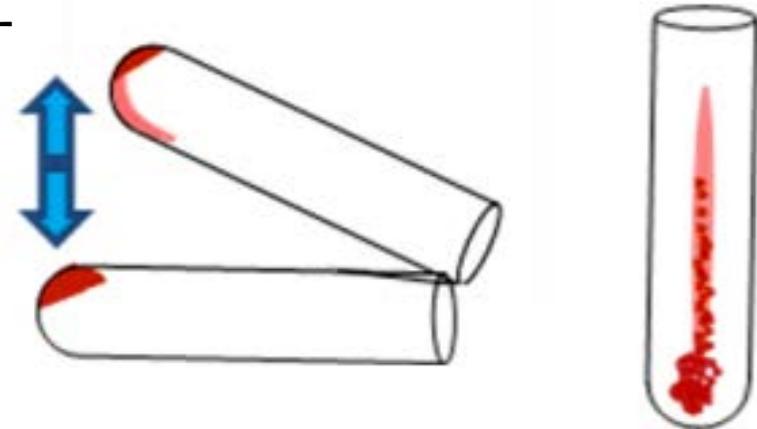
ポイント 2 2～5%赤血球浮遊液の調整法

- ① 赤血球浮遊液用試験管に患者氏名を明記する
- ② 検査用検体容器を遠心する 1,200G(3,000rpm)で5分
- ③ 血漿(血清)層を分取する
- ④ 赤血球浮遊液用試験管に生理食塩液約 1mL を入れる
- ⑤ スポイトで赤血球沈渣 1 滴(約 50 μ L)を垂直に入れる
(メーカーによってスポイト 1 滴の容量にはバラツキがある)
- ⑥ よく混和後、生理食塩液を 7～8 分目まで勢いよく入れる
(洗浄ビン、スポイト、マイクロピペット、分注器を用いる)
- ⑦ 遠心する 900～1,000G(3,000～3,400rpm)で 1～2 分
- ⑧ 試験管を傾けて生理食塩液を捨てる(スポイトを用いても可)
- ⑨ 生理食塩液を約 1mL 再添加する(2～5%赤血球浮遊液に調製)
(Φ 12 \times 75mm試験管の底から人差し指一横指 \div 10～15mm 濃度は色調やヘマトクリット値を参考にする)

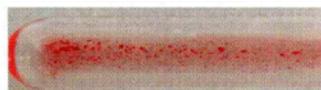


ポイント 3 凝集反応の観察方法

- ① 試験管は目の高さより低い位置で操作し、白色（光）を背景にして判定する
- ② セルボタンを上にして沈査を流し、試験管を傾けながら凝集の有無を観察する
- ③ セルボタンを流すのは試験管の約 2 / 3 までとする
- ④ 凝集塊の大きさや数から反応強度を判定する
- ⑤ セルボタンがほぐれ、均一に再浮遊するまで上記を繰り返す



凝集反応の判定基準

反応強度	スコア	特徴と外観	背景の色調	凝集反応
4+	12	1個の大きな凝集塊	透明	
3+	10	数個の大きな凝集塊	透明	
2+	8	中程度の凝集塊	透明	
1+	5	小さな凝集塊	赤く濁る	
w+	2	ごくわずかな凝集塊	赤く濁る	
0	0	凝集も溶血もみられない	赤く濁る	
Mf		部分凝集	赤く濁る	
H(PH)		完全溶血 (部分溶血)	赤く透明 (濁る)	

ABO血液型の判定

オモテ試験			ウラ試験			判定
抗A試薬	抗B試薬	結果	A ₁ 赤血球	B赤血球	結果	
+	0	A型	0	+	A型 →	A型
0	+	B型	+	0	B型 →	B型
0	0	O型	+	+	O型 →	O型
+	+	AB型	0	0	AB型 →	AB型

- オモテ検査とウラ検査が一致した場合に判定する！

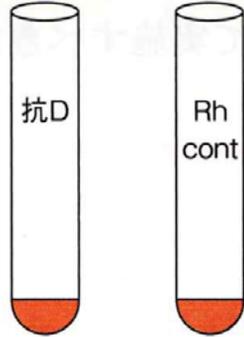
RhD血液型の判定

抗D試薬	Rh control 試薬	判定
+	0	➔ RhD陽性
0	0	➔ 判定保留*
+	+	➔ 判定保留**

* 判定保留を確定するためには、D陰性確認試験を行う

** Rhコントロールが陽性となった場合は、原因を精査する

RhD陰性確認試験



抗D試薬、Rh cont試薬を1滴ずつ滴下した試験管に3~5%患者赤血球浮遊液を1滴ずつ滴下し、37°C 15~60分加温

↓
生理食塩液で3~4回洗浄

↓
抗ヒトグロブリン試薬を2滴ずつ滴下する

↓
900~1,000g(3,000~3,400rpm)
15秒

↓
判定

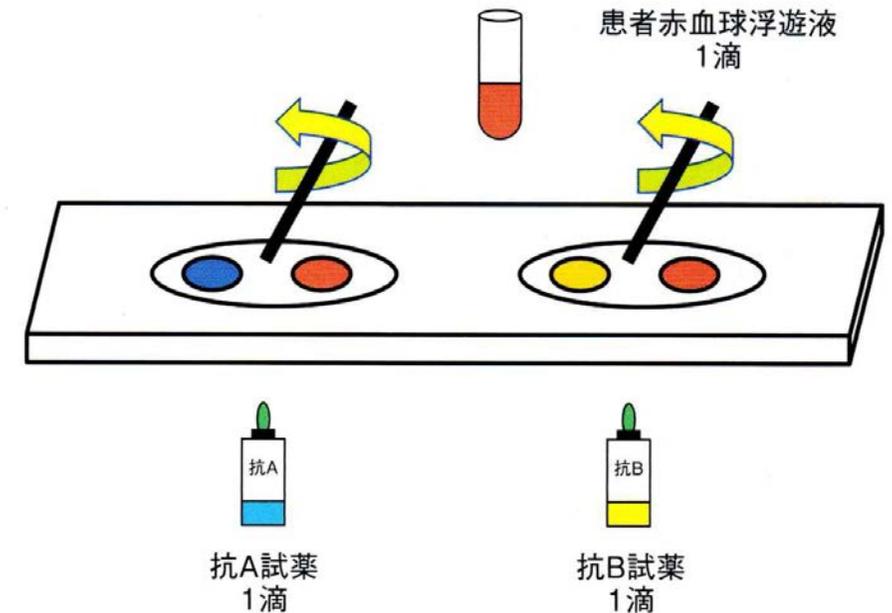
↓
陰性の場合、IgG感作赤血球を1滴加えて再遠心し、凝集することを確認する。

D陰性確認試験には、IgG型抗Dを含む試薬を用いる

抗D試薬	Rh control 試薬	判定
0	0	➡ RhD陰性
+	0	➡ Week D

スライド法によるABO血液型検査

- ① スライド板に患者氏名、2つのホールに試薬名を明記する
- ② ホールに試薬を1滴ずつ滴下する
(試薬はホールの中央ではなく外側部分に滴下)
- ③ 患者の赤血球浮遊液を2つのホールに1滴ずつ滴下する
(赤血球浮遊液は試薬と混ざらないよう離れた位置に滴下)
- ④ 試薬と患者赤血球浮遊液を円を描くように混和する
(竹串やプラスチック棒でホール内全体に広げるように混和)
- ⑤ スライド版を前後左右に回転させるように揺り動かす
- ⑥ 穏やかに攪拌を続けながら、混和後2分以内に判定する
(試薬や赤血球浮遊液の濃度によって凝集反応の見え方が異なるため、慣れていない場合は陽性対照や陰性対照を準備する)



自動輸血検査装置のメリット・デメリット

- メリット：**
- 準備や判定に要する時間や労力が少ない（労力省略化）
 - 検体や試薬の使用量が一定（安定性）
 - 検査判定が一定（客観性と再現性）
 - カラム凝集法では抗グロブリン試験において洗浄操作が不要
 - 反応像を画像データとして保存できる（結果保存）
 - 手技が簡単（技術や経験が不要）
- デメリット：**
- 検査コストが高い（ハイコスト）
 - 専用の機器と試薬が必要（設備投資が必要）
 - 検査時間が長いため緊急輸血への対応が困難

機器による輸血検査の普及



図1 ABO・Rh 血液型検査における各検査法の推移

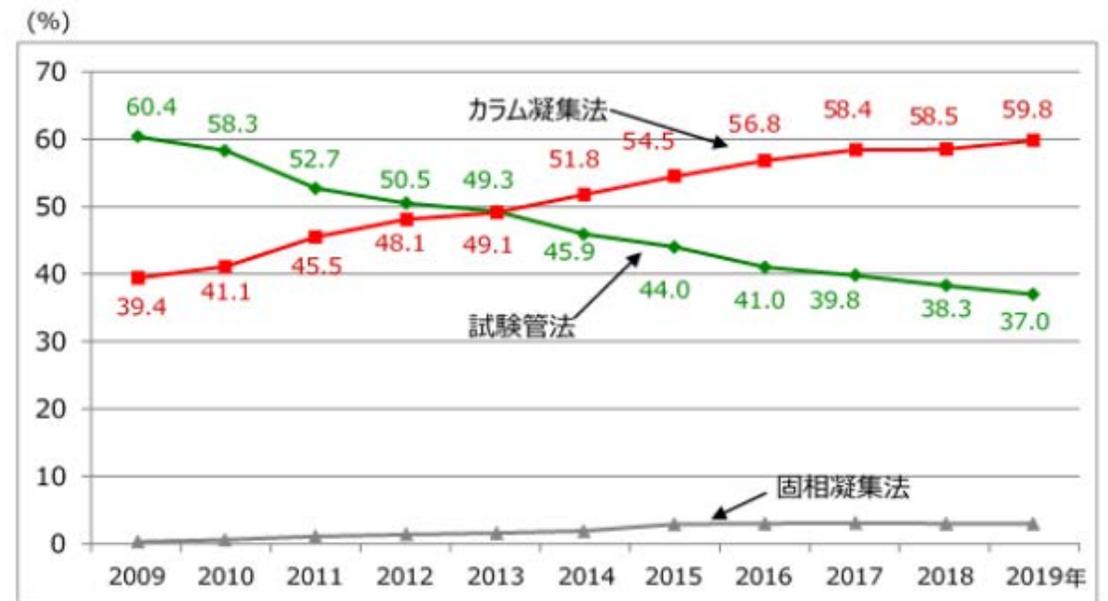
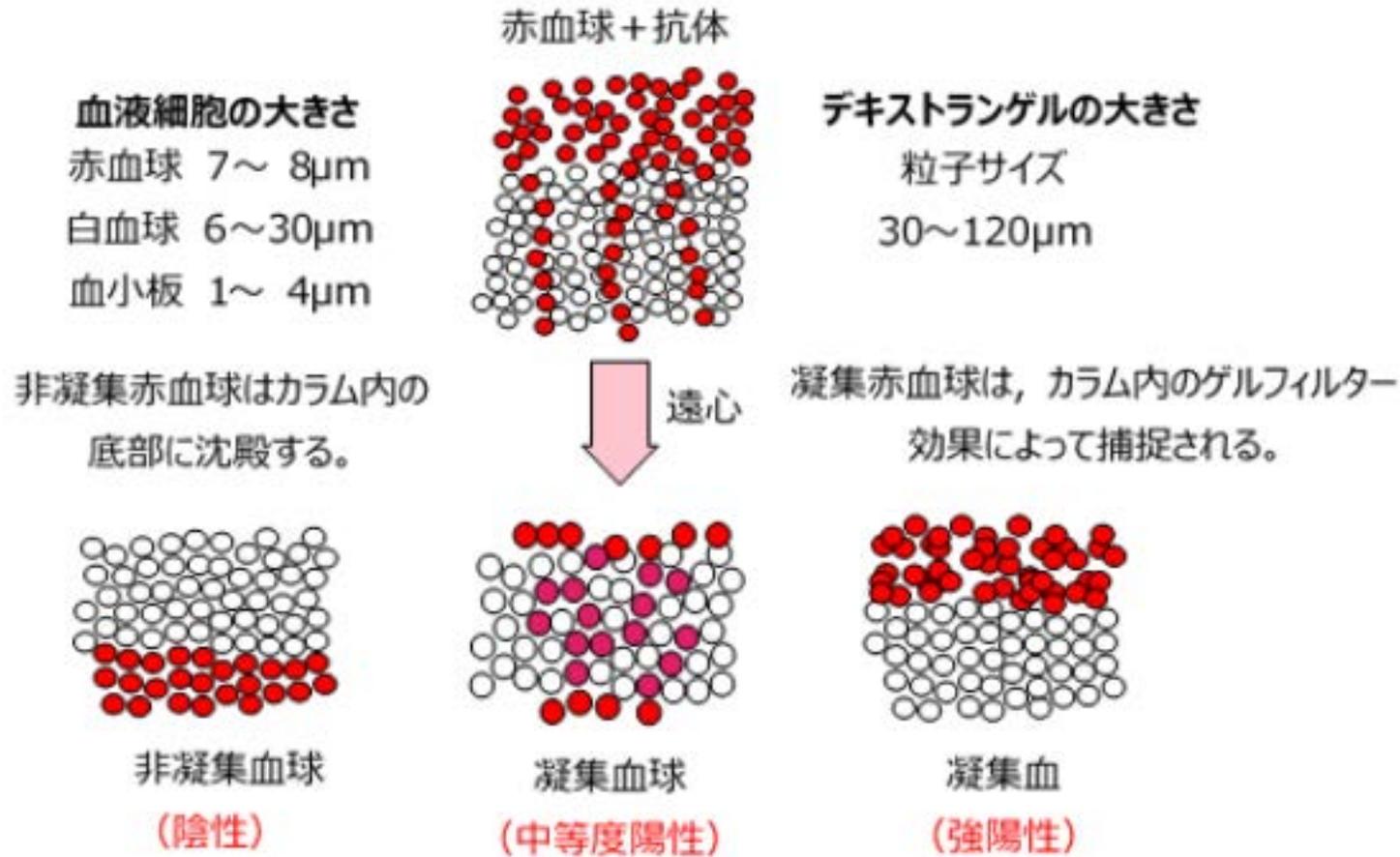
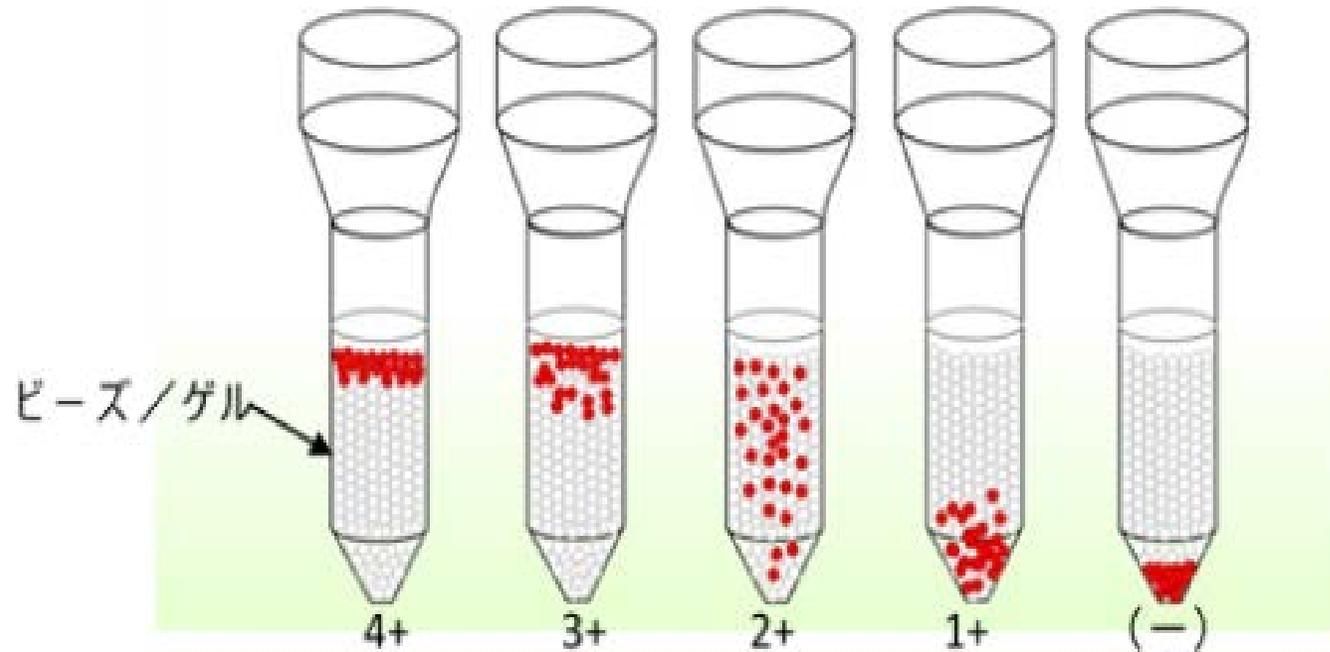


図2 不規則抗体スクリーニング検査における各検査法の推移

カラム凝集法の原理

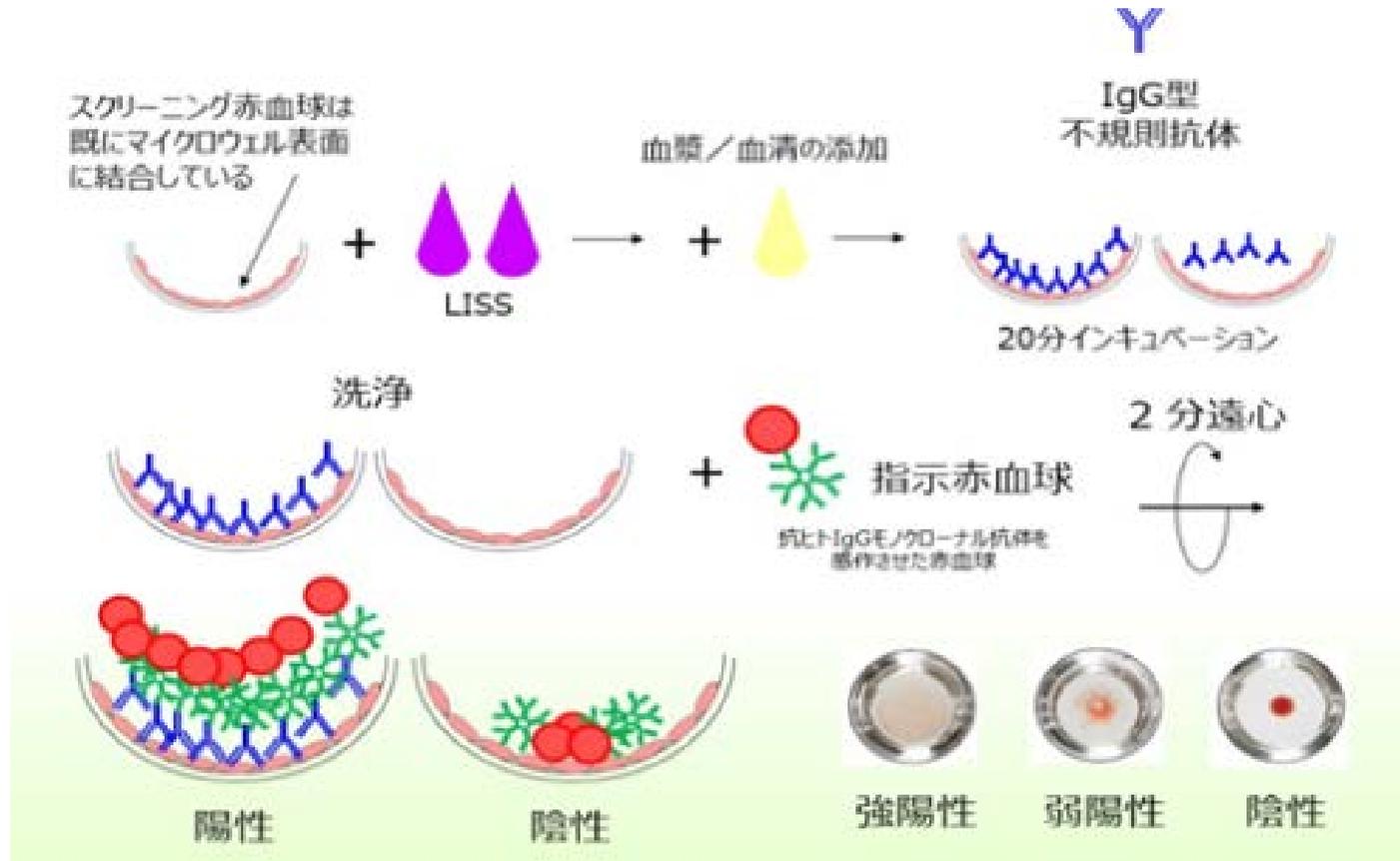


カラム凝集法の実際



- 血漿（血清）と試薬に混入起こらない
- 洗浄操作が不要
- 試験管法と判定が異なる

マイクロプレート法の原理



II. 血液型検査

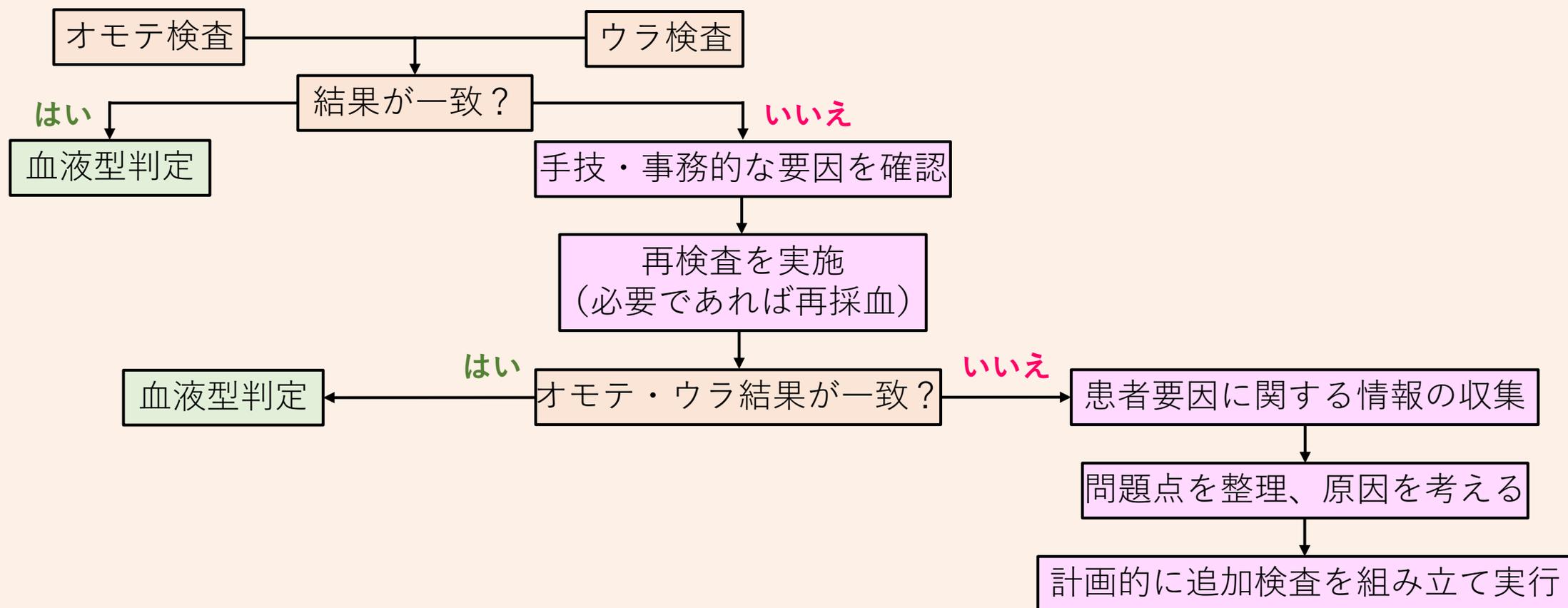
4. 血液型検査あれこれ

血液型検査で予期せぬ反応がみられる要因

- 技術的要因（検体誤認、試薬誤認、試薬混合比や遠心速度の誤り）
- 事務的要因（判定や記録の誤り）
- 患者要因（不適合輸血後、溶血性貧血、免疫不全、連鎖形成、治療薬）
- その他（亜型、新生児・乳幼児、造血幹細胞移植後、不規則抗体陽性など）

👉 緊急輸血が必要であれば 赤血球製剤はO型、血漿製剤はAB型 を選択

ABO血液型検査で予期せぬ反応がみられた場合



ABO血液型の主な予期せぬ反応

ABO血液型検査で予期せぬ反応

オモテ検査
(赤血球上のA抗原、B抗原検査)

ウラ検査
(血漿中の抗A/抗B検査)

反応がない、弱い

部分凝集

異常な凝集

反応がない、弱い

異常な凝集

- ・ 抗原未発達の新生児 (低出生体重児など)
- ・ 亜型
- ・ 疾患による一時的な抗原量の低下
- ・ 型物質の異常増加による試薬中の抗体中和

- ・ 抗原未発達の新生児 (低出生体重児など)
- ・ 亜型
- ・ キメラ・モザイク
- ・ 異型輸血後
- ・ ABO不適合造血幹細胞移植後
- ・ 胎児母体間輸血症候群

- ・ 寒冷凝集素や自己抗体による感作
- ・ 後天性B (acquired B)

- ・ 新生児・高齢者
- ・ 低・無ガンマグロブリン血症
- ・ 異型輸血後
- ・ ABO不適合造血幹細胞移植後
- ・ 亜型

- ・ 低温反応性不規則抗体
- ・ 寒冷凝集素
- ・ 連鎖形成
- ・ 高分子製剤輸注後
- ・ 造影剤投与後
- ・ 試薬に含まれる保存液の成分に反応する抗体
- ・ 母体から移行した抗A/抗B

症例 1 ABO血液型の予期せぬ反応

症例 70歳女性、変形性膝関節症手術予定。造血幹細胞移植歴なし。

オモテ検査			ウラ検査			判定
抗A試薬	抗B試薬	結果	A ₁ 赤血球	B赤血球	結果	判定保留
4+	0	A型	0	0	AB型	

- 問題点の整理
- (1) オモテ検査で凝集反応がない・弱い
→ 亜型、疾患による一時的な抗原量の低下など
 - (2) ウラ検査で凝集反応がない・弱い
→ 免疫グロブリン量の低下、造血幹細胞移植後など

抗B吸着解離試験

	A ₁ 赤血球	B赤血球	O赤血球
解離液	0	3+	0

AB亜型の可能性

症例 2 ABO血液型の予期せぬ反応

症例 70歳女性、変形性膝関節症のため整形外科を受診。

オモテ検査			ウラ検査		
抗A試薬	抗B試薬	抗D試薬	Cont	A ₁ 赤血球	B赤血球
4+	0	4+	0	2+	4+

問題点の整理 オモテ検査はA型、ウラ検査はO型、ABO血液型判定保留

間接グロブリン試験による不規則抗体スクリーニング：陽性

抗体同定検査：自己対照陰性、抗Mが推定

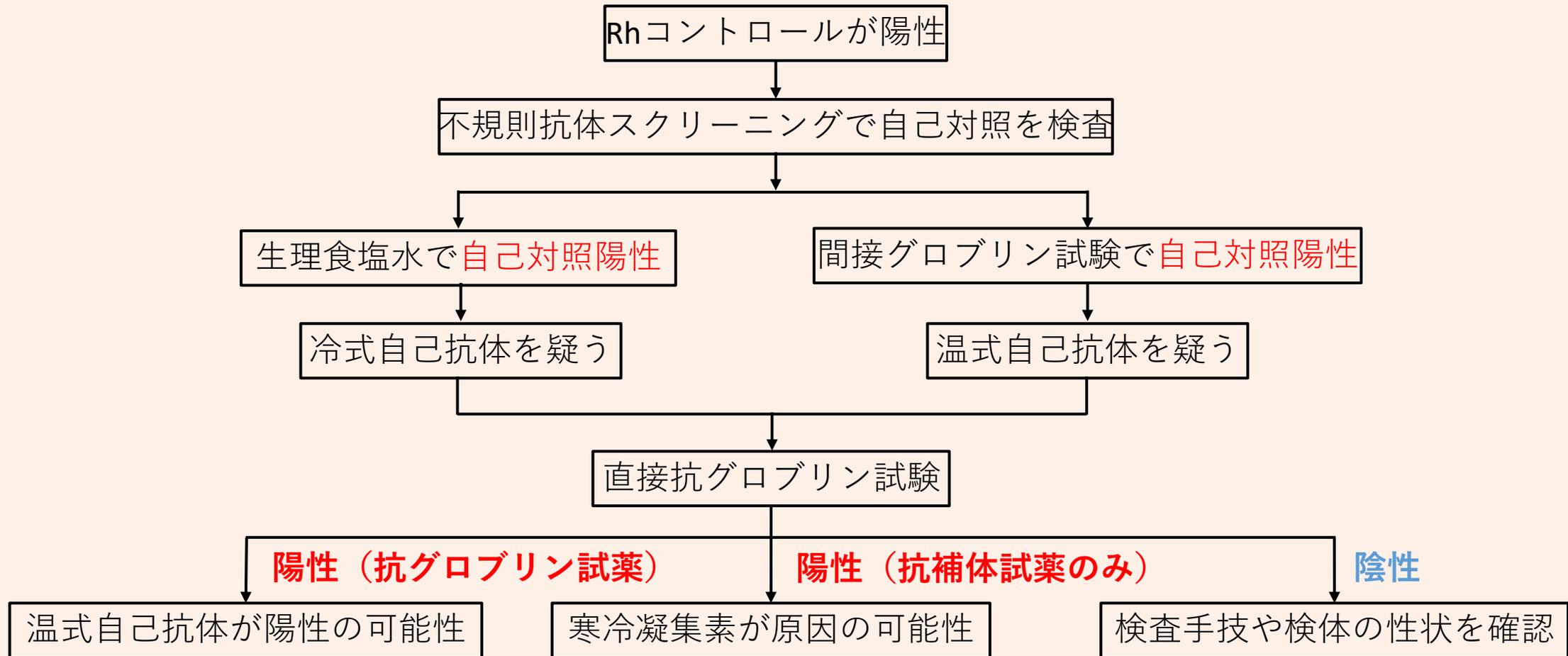
患者赤血球のMN血液型検査：抗Mとの反応は陰性→M抗原陰性

M抗原陰性の赤血球試薬を用いてウラ試験を実施

M抗原陽性O型赤血球で血漿中の抗Mを吸着後、再検査を行う

不規則抗体による
オモテ・ウラ不一致

RhD血液型の主な予期せぬ反応



症例 3 RhD血液型の予期せぬ反応

症例 65歳男性、胃がん手術のため外科を受診。溶血所見はなし。

オモテ検査			ウラ検査		
抗A試薬	抗B試薬	抗D試薬	Cont	A ₁ 赤血球	B赤血球
4+	0	4+	1+	0	4+

問題点の整理 Rhコントロールが陽性のため、Rh血液型判定保留

直接抗グロブリン試験

抗IgG試薬	抗補体試薬	対照
3+	0	0

温式自己抗体による非特異反応

ご清聴ありがとうございました