


輸血関連業務の基礎知識

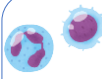
岐阜大学医学部附属病院 輸血部
浅野 栄太

血液中の成分




赤血球

末梢組織への酸素の供給



白血球

免疫機能



血小板

止血・出血の防止

血漿中にはアルブミン・グロブリン・凝固因子等の蛋白質や無機塩類が含まれている。

血中成分の体内分布と生産量

成分名	体内分布 (リザーブ)		生産量	
	血管内	血管外	寿命	1日生産量
赤血球	98.5%	1.5%	120日	0.83%
血小板	70.0%	30%	10日	12.8%
白血球	10~30%	70~90%	14hr	—
アルブミン	40%	60%	40日	3.75%
凝固因子	—	—	1日	100%

血液型とは？



赤血球型

ABO式、Rh式
MNS式、Lewis式
Kell式、Duffy式
Kidd式、P式、H
Diego式、JM^a式 etc.
・・・200種類以上



白血球型

HLA (Human Leukocyte Antigen)
Class I (全ての有核細胞に発現)
HLA A,B,C
Class II (抗原提示細胞に発現)
HLA DR,DQ,DP
Class III (補体)



血小板型

HLA Class I
HPA (Human Platelet Antigen)
HPA- I, II, III, IV, V

ABO血液型

- 1900年 Landsteinerにより発見された血液型。
- 異なる個人の血液を混ぜ合わせた際に、凝集するものとしいないものがあることから発見された。

ABO型	オモテ検査		赤血球の抗原	ウラ検査		血漿(血清)中の抗体	日本人の頻度 (%)
	抗A	抗B		A血球	B血球		
A	+	0	A	0	+	抗B	39.1
O	0	0	なし	+	+	抗A、抗B	29.4
B	0	+	B	+	0	抗A	21.5
AB	+	+	AB	0	0	なし	10.0

Rh血液型

C

c

D

E

e

上記5種類の型があり、通常はDの有無のみを検査する。

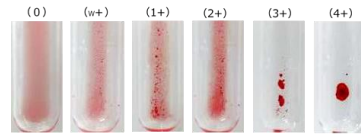
直後判定			D陰性確認試験		
抗D試験	Rh ₀ (D)-ル	判定	抗D試験	Rh ₀ (D)-ル	判定
+	0	D陽性	不要		
0	0	判定保留	0	0	D陰性
+	+	判定保留	+	0	weak D

輸血検査の方法

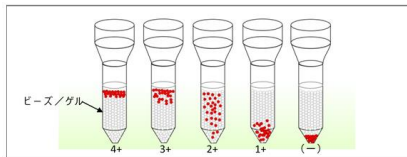
- 試験管法
 - 一般的 経済的 主観的判定 煩雑な操作
- カラム凝集法
 - 自動化対応 高価 客観的判定
- マイクロプレート法
 - 自動化対応 高価 客観的判定
- スライド法
 - 簡便 部分凝集の判定には有効



試験管法の判定



カラム法の判定



各検査法の内容

		直接凝集	間接凝集試験	乳血球	微粒子凝集	温度	その他
ABO	オモテ	○		○		室温	
	ウラ		○		○	室温	
RhD	本試験	○		○		室温	
	反試験		○	△		室温	
不規則抗体検査	生理食塩液法	本試験		○	○	室温	
		反試験	○			室温	
	酵素法	本試験		○	○	37℃	酵素試験
		反試験	○			37℃	
	間接クームス法	本試験		○	○	37℃	反応増強剤
		反試験	○			37℃	
交差適合試験	生理食塩液法	主試験		○	製剤血球	室温	
		副試験	○		製剤血球	室温	
	酵素法	主試験		○	製剤血球	37℃	酵素試験
		副試験	○		製剤血球	37℃	
	間接クームス法	主試験		○	製剤血球	37℃	反応増強剤
		副試験	○		製剤血球	37℃	

ABO・RhD血液型

血液型検査（ABO血液型）

- 安全な輸血のためには正確なABO血液型の判定は極めて重要である。
- ABO血液型検査は、赤血球膜上のA、B抗原を検査する【オモテ検査】と血清（血清）中の抗A、抗Bを検査する【ウラ検査】を行う。
- 【オモテ検査】と【ウラ検査】の血液型が一致したときに、初めて血液型を判定することができる。
- オモテ・ウラ検査不一致や弱反応、部分凝集などの異常反応に遭遇することがあり、血液型判定に苦慮する場合がある。

ABO血液型判定

オモテ検査
患者赤血球上のA抗原、B抗原の有無を確認する検査

ウラ検査
患者血漿（血清）中の抗A、抗Bの有無を確認する検査

オモテ検査		ウラ検査		判定	報告形態
抗A	抗B	A1赤血球	B赤血球		
+	0	AS	0	A型	A型
0	+	0	BS	B型	B型
0	0	OS	+	O型	O型
+	+	ASB	0	AB型	AB型

※ 原則としてオモテ検査とウラ検査の結果が一致している場合にABO血液型を確定します。

反応パターン

ABO血液型

オモテ検査			ウラ検査		判定	報告形態
抗A	抗B	判定	A1赤血球	B赤血球		
(+)	(-)	A型	(-)	(+)	A型	A型
(-)	(-)	O型	(+)	(+)	O型	O型
(-)	(+)	B型	(+)	(-)	B型	B型
(+)	(+)	AB型	(-)	(-)	AB型	AB型

オモテ・ウラ不一致への対応

◆赤血球側の原因

- ・抗原減弱
- ・亜型との鑑別、臨床側へ疾患名/病態の問い合わせ
- ・非特異的凝集
- ・寒冷凝集素
- ・潜在/修飾抗原
- ・部分凝集

オモテ・ウラ不一致への対応

◆血清（血漿）側の原因

- ・反応性の減弱/消失
- ・過剰な型物質
- ・免疫寛容状態
- ・連鎖形成
- ・抗A1
- ・不規則抗体
- ・寒冷凝集素

血液型検査（RhD血液型）

- ・D抗原は抗原性が強いので、RhD陰性患者にRhDが陽性である血液製剤の輸血が行われた際に抗Dを産生することがある。
- ・抗Dは輸血副作用の原因となるため、RhD検査を正しい手技で検査することが重要である。
- ・Rh不適合妊娠は、胎児・新生児用血性疾患（HDFN）の原因になる。

RhD血液型判定

直後判定			D陰性確認試験		
抗D試薬	RhD ⁺ 0- ₁	判定	抗D試薬	RhD ⁺ 0- ₁	判定
+	0	D陽性	不要		
0	0	判定保留	0	0	D陰性
+	+	判定保留	+	0	weak D

輸血の対応において、直後判定が陰性の患者はD陰性と同様に行う

不規則抗体検査・交差適合試験

不規則抗体検査

- まずは「不規則抗体スクリーニング検査」を実施し、患者血清（血漿）中に抗体が存在するかどうかを確認する。
- 可能な限り、不規則抗体スクリーニング検査は交差適合試験に先立って実施する。
- 間接抗グロブリン試験（IAT）を必須とする。
- **臨床的意義のある抗体の検出を目的とする。**



臨床的に意義がある抗体とは

- ① 臨床的に意義がある抗体とは、対応した抗原を有する赤血球を生体内で破壊し、溶血性輸血反応の原因となる赤血球抗体（以下、抗体）である。
- ② 規則抗体の抗A、抗B、抗A,Bは、いかなる場合でも臨床的に意義がある抗体である。
- ③ 臨床的に意義のある不規則抗体は、ほぼ例外なく、37°C反応相からの間接抗グロブリン試験で陽性となる。
- ④ 緊急時、特に大量輸血を必要とする患者では、救命のため、不規則抗体が存在していても輸血せざるを得ない場合がある。

赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン（改訂3版）より

各抗原・抗体の特徴

- 低温でよく反応（IgM抗体）
ABO、Lewis、P（抗原量に個人差）、MN、I etc.
- 酵素処理により抗原破壊、反応消失
MNS、Duffy、Xga etc.
- 酵素処理により反応増強
Rh、Lewis、P、I etc.
- 37°C間接抗グロブリン法でよく反応（IgG抗体）
Rh、Kell、Kidd、Ss、Diego etc.

量的効果（dosage effect）

- ある種の血液型では、対立遺伝子がホモ接合体（例： E/E ）の赤血球にはヘテロ接合体（例： E/e ）の赤血球の約2倍量の抗原が発言している。
- ホモ接合体の赤血球ではヘテロ接合体の赤血球より強く凝集反応が起こる場合がある。
- 赤血球に発現している抗原量の違いによって、抗原抗体反応の強さが異なる現象を「量的効果」という。

量的効果（dosage effect）

量的効果を示す血液型
Rh、Kidd、Duffy、MNS
etc.

消去法

Cell No.	Rhc-rr					Duffy		JAT
	D	C	E	e	s	Fy ^a	Fy ^b	
1	+	+	0	0	+	0	+	1+
2	+	+	0	0	+	+	0	0
3	+	0	+	+	0	+	+	4+
4	+	0	0	+	+	+	0	0
5	0	+	0	+	+	0	+	1+
6	0	0	+	+	+	+	0	2+
7	0	0	0	+	+	0	+	1+
8	0	0	0	+	+	+	+	0
Auto (RB)								

- “+”の上に『×』（除外）または『/』（保留）を、以下のルールに従って表記する。
- 量的効果のあるホモ接合体の抗原や量的効果を考慮しなくてよい抗原の“+”には『×』を付記する。
 - 量的効果のあるヘテロ接合体の抗原の“+”には『/』を付記する。
 - 最終的に『×』が1つ以上あった抗原についてのみ、その抗体を除外する意味で、抗原表の抗原名に『×』を付記する（無印や『/』のみ付された抗原名はそのままとし、抗体特異性の候補として考慮する）。

消去法

Cell No.	Rhc-rr					Duffy		JAT
	D	C	E	e	s	Fy ^a	Fy ^b	
1	+	+	0	0	+	0	+	1+
2	+	+	0	0	+	+	0	0
3	+	0	+	+	0	+	+	4+
4	+	0	0	+	+	+	0	0
5	0	+	0	+	+	0	+	1+
6	0	0	+	+	+	+	0	2+
7	0	0	0	+	+	0	+	1+
8	0	0	0	+	+	+	+	0
Auto (RB)								

- “+”の上に『×』（除外）または『/』（保留）を、以下のルールに従って表記する。
- 量的効果のあるホモ接合体の抗原や量的効果を考慮しなくてよい抗原の“+”には『×』を付記する。
 - 量的効果のあるヘテロ接合体の抗原の“+”には『/』を付記する。
 - 最終的に『×』が1つ以上あった抗原についてのみ、その抗体を除外する意味で、抗原表の抗原名に『×』を付記する（無印や『/』のみ付された抗原名はそのままとし、抗体特異性の候補として考慮する）。

交差適合試験

- 交差適合試験は受血者と供血者間の血液型不適合輸血を防止するために行う。
- 生理食塩液法（主・副試験）はABO血液型の不一致、間接抗グロブリン試験（主試験）は37°Cで反応する臨床的意義のある抗体や低頻度抗原に対する抗体を検出する。
- より安全な輸血のためには、あらかじめ不規則抗体スクリーニングを行うことが望ましい。

交差適合試験

- 検体取り違いによるABO不適合輸血を防止するため、交差適合試験には血液型検査とは別の時点で採血された検体を用いる。
- 新たな輸血、妊娠は同種抗体の産生を促すことがあるため、過去3か月以内に輸血歴または妊娠歴がある患者あるいはこれらが不明な患者においては、輸血予定日に先立って3日以内に採血した検体を用いて実施する。

交差適合試験（結果の解釈）

- 原則として主試験が間接抗グロブリン試験で「陰性」の場合のみを適合とする。
 - ※交差適合試験では以下の場合に生じる患者と供血者の不適合を検出できないことがある。
- 患者が量的効果を示す抗原に対する抗体を保有し、供血者赤血球の当該抗原がヘテロ抗原であるとき、抗体価が低い場合には結果が陰性となる可能性がある。
 - 患者または供血者のRhD誤判定や事務的なミス

異常反応時の輸血用血液製剤の選択

異常反応時のチェックポイント

- 特異的 or 非特異的
自己対照での反応の有無
- 抗原 or 抗体
血球側に問題? 血清(血漿)側に問題?
- 反応態度
室温相 or 加温相
生理食塩水法 酵素法 間接クームス法
凝集の強弱の有無



輸血用血液製剤の選択について

- 臨床的意義のある抗体の検出および過去に保有歴のある患者への輸血に際しては、必ず対応抗原陰性の血液を選択する。
- 抗体産生防止等を目的とした抗原陰性血の使用は、輸血用血液製剤の有効利用を妨げることから原則として控えるべきである。
- 適合血(抗原陰性血)の選択に関しては、血液センターに確認をとり、準備にどれくらい時間がかかりそうかを確認する。

輸血用血液製剤の選択について

選択の必要性がある抗体群	これらの血液型に対する抗体を保有している場合は、必ず抗原陰性血液を選択する Rh, Duffy, Kidd, Diego, S, s, Kell
選択の必要性が少ない抗体群	これらの抗原に対する抗体を保有していても、抗原陰性血液を選択することは少ない Le ^a (ほとんどLe ^a ⁻)、P ₁ 、A ₁ 、N、Xen ^a 、Ben ^a 、高頻度抗原に対する抗体 (JMH, Knops, Cost, Chido/Rodgers)
反応性によって選択の必要性あり	間接抗グロブリン試験が陽性 (37°Cで1時間加温後)、または試験管内で溶血を示す場合は抗原陰性血液を選択する Le ^a 、M
抗原陰性血が望ましい抗体	Jr ^a
専門機関に相談	その他高頻度、または低頻度抗原に対する抗体

JAMT輸血・移植検査技術教本より

ABOが確定できない患者

異常反応により決定できない場合

患者血液型	赤血球	血漿 血小板
?	O	AB

緊急時の場合

患者血液型	赤血球	血漿 血小板
A型	A>O	A>AB>B
B型	B>O	B>AB>A
AB型	AB>A=B>O	AB>A=B
O型	O	全て

緊急時・時間外の輸血への対応

- 医療の現場では、救急車で搬送される大量出血の患者や、病棟や手術室などで大量出血をきたす患者など、緊急に輸血を行わなくてはならない場合がある。
- 臨床検査技師には、適切な検査を素早く実施し、安全な輸血用血液製剤を迅速に供給することが求められる。
- 時間外の輸血検査は、緊急性が高い場合が多い。
- 輸血用血液製剤の在庫の状況を確認する。
- 各施設の対応マニュアルをしっかりと理解しておく。

ポイント

- 不規則抗体陽性患者への輸血は、保有する抗体の種類、反応性に応じて対応する抗原陰性血を選択する。
- D陰性 (D陰性疑い) の患者への輸血はD陰性血を用いる。
- 緊急時を含めABO血液型を決定できない患者には、まずはO型赤血球製剤、AB型血漿製剤、血小板製剤を選択する。

輸血用血液製剤

赤血球液 RBC-LR



保存温度	2~6℃
有効期間	採血後24 ⁺ 28日
目的	末梢への酸素運搬能力の改善
効果	2単位 1バッグ輸血により Hb 1.4~1.7g/dl改善
放射線照射	必要
内容量	1単位 約 140ml 2単位 約 280ml

濃厚血小板 PC-LR



保存温度	20~24℃ 振盪保管
有効期間	採血後 4日
目的	血小板成分の補充
効果	10単位 1バッグ輸血により 約 $3 \times 10^4 / \text{mm}^3$ 改善
放射線照射	必要
内容量	通常 約200ml 10単位 1バッグ中に 約 2×10^{11} 個の血小板含む

新鮮凍結血漿 FFP-LR



保存温度	-20℃以下
有効期間	採血後1年 溶解後は3時間
目的	凝固因子の補充 血漿交換
効果	4単位 輸血により 凝固因子 約20%改善
放射線照射	不要
内容量	120 約 120ml 240 約 240ml 480 約 480ml

製剤管理

- 血液製剤の保管場所は輸血部門に限定し、各診療科（病棟）などで保管しない。
- 保冷庫の条件
 - 自記温度記録計並びに警報装置付きの冷蔵庫および冷凍庫を使用し、血液製剤以外は保管しない。
 - 冷蔵庫および冷凍庫は自家発電装置付き電源に接続することが望ましい。
- 保存温度
 - 全血製剤、赤血球製剤 2~6℃
 - 血小板製剤 20~24℃で水平振盪
 - 新鮮凍結血漿 -20℃以下



血液製剤準備の手法

Type & Screen (T&S) とは

目的

- 手術用血液製剤の有効利用
- 輸血検査業務の省力化、合理化
- 医療費の削減



適応

Rh陽性で不規則抗体がない中で稀中輸血の可能性が30%以下・予測出血量が600mL以下の待機的手術患者輸血時

- 術前の交差適合試験は行わない
- 必要時に血液を準備する
- ABOの適合性のみ確認（血液型または生食法による簡便な適合性）

T&Sは、血液の有効利用対策においてMSBOS（最大手術用血液消費量）と不離一体をなすものですが、個別科手術領域においては手術前40%T&Sで済ませています。

T&S導入による 医療機関各部門でのメリット

【臨床】

- 事前検査による溶血性副反応に対する安全性向上
- 余裕ある血液確保、血液オーダー後迅速な血液の到着
- 治療、手術スケジュールの変更なし

【検査室】

- 臨床側の至急の血液オーダーに対応
- 検査結果への信頼性向上
- 余分な検査の省略、余裕のある検査時間

【血液管理部門】

- 事前の適合血確保
- 血液管理本数が減少
- 保管血液の有効活用
- 返品、廃棄血の減少
- スムーズな血液製剤払い出し



コンピュータクロスマッチ

待機的手術例を含めて、直ちに輸血する可能性が少ないと予測される場合、受血者のABO血液型、RhD抗原及び、臨床的に意義のある不規則抗体の有無をあらかじめ検査し、RhD陽性で不規則抗体が陰性の場合には事前に交差適合試験を行わない。

緊急に輸血用血液が必要になった場合には、輸血用血液のオモテ検査によりABO同型血であることを確認して輸血するか、あるいは生理食塩液法（迅速法、室温）による主試験が適合の血液を輸血する。又は、予めオモテ検査により確認されている血液製剤の血液型と患者の血液型とをコンピュータを用いて照合・確認して輸血を行う。

副反応管理

副反応管理

- 副反応が発生した場合、事務的・人為的過誤も含めて原因を調査し、再発を防止するための対策を講じる必要がある。
- 輸血副反応の発生状況の把握、臨床側への報告ならびに赤十字血液センターや厚生労働省への届け出は輸血管理部門の重要な業務である。
- 院内手順書の作成が望ましい。
- 発生した場合には、迅速に患者様体、原因製剤の回収を行うと同時に、情報収集を行い、赤十字血液センターへ調査協力を要請する。

輸血に伴う副反応・合併症

即時型＜開始直後～数時間以内に発生＞

1. **溶血反応** 赤血球型不適合による
背部痛・呼吸困難・嘔吐・循環不全・血圧低下
2. **非溶血性反応** 白血球・血漿蛋白による
発熱：白血球抗体、尋麻疹：血漿蛋白抗体、
アナフィラキシー：IgA抗体、Hb抗体、Tf抗体
TRALI（急性肺障害）：好中球抗体(供血者由来)
3. **急速大量輸血**
クエン酸中毒、高カリウム血症、循環負荷拡大
4. 不適切な血液保存
細菌汚染 *Staphylococcus MSSA, Yersinia enterocolitica*

輸血に伴う副反応・合併症

遅発型＜輸血数日後～数年後に発生＞

1. 感染症 ウイルス・微生物による
 HBV, HCV, HTLV-I, HIV, 梅毒, ハルガB19, CMV, マラリア, V.C, J.D, WNV (西ナイルウイルス) etc.
2. 血小板不応状態 HLA抗体・HPA抗体による
3. 輸血後GVHD 供血者リンパ球による
4. 鉄過剰 頻回のRBC輸血による
5. 遅延性溶血 赤血球抗原に対する既往抗体

輸血副反応への予防と対策

輸血全般

適正輸血 十分な説明と同意 自己血輸血

溶血性副作用

血液型 交差適合試験 不規則抗体検査

非溶血性副作用

アレルギー症状：抗ヒスタミン剤、ステロイドの前投与

GVHD：放射線照射

感染性副作用

ウイルス検査 献血者問診の強化 適切な保管

副作用を100%予防することは困難
異常時の早期発見・対応が重要

まとめ

- 輸血はあくまでも**補充療法**であり**臓器移植**である。
- **ABO血液型不適合**は絶対に起こさない。
- 取り扱い不備などで**献血者の善意を無駄にしない**。
- 輸血検査はあくまでも**赤血球型不適合による溶血性副作用防止の目的**である。
- 今回の輸血で問題なくても、**次回も安全とは言えない**
- 日当直で、**異常反応が見られた場合、まず再検**。
- 可能な限り**患者情報（疾患・性別・年齢・緊急性・輸血の可能性の有無）を収集**した上で、**担当者に問い合わせること**。