

輸血検査



輸血検査室の紹介

- 輸血検査

血液型、不規則抗体、交差適合試験、検体保管

- 血液製剤の発注、保管管理

- 血液製剤の払出

- 輸血副反応の対応

- 輸血療法管理委員会の開催

使用状況、副反応、適正使用などを報告

医師、看護師、薬剤師、事務など他職種が参加





講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
 - 血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで
 - 輸血検査の目的、原理、方法、判定
1. 血液型検査
 2. 不規則抗体
 3. 交差適合試験
- 輸血に伴う副反応・合併症
 - まとめ



講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
- 血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで
- 輸血検査の目的、原理、方法、判定
 1. 血液型検査
 2. 不規則抗体
 3. 交差適合試験
- 輸血に伴う副反応・合併症
- まとめ





輸血とは？

- 輸血とは患者の不足している血液成分（赤血球、血小板、凝固因子など）を、献血者由来の成分で補充する移植療法的一种である。
- 十分な血液を作れない場合や、出血が大量なために、生命に危険が生ずる場合や、凝固因子が不足する場合に、状況に応じた血液製剤を選択して輸血する。



輸血のはじまり

動物からヒトへの輸血



- 古代：エジプトでは、王侯・貴族は治療の為捕虜より採った血液の浴槽につかり、ローマでは若返りの妙薬と称して血液を飲んだ
- 17世紀：フランスで仔羊血を貧血や高熱のある患者に輸血。4人目の患者が激烈副反応により死亡し、以後輸血は禁止された。
- 18世紀には輸血に関する記録は皆無。



輸血の成功第一例

ヒトからヒトへの輸血

- 19世紀：ロンドン在住産科医が、瀕死の産婦10数名に対し、枕元で夫の血液を患者に直接投与した。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いないことから、輸血の成功率は極めて低かった（40%がABO不適合）。



血液型・抗凝固剤の発見

- 血液型の発見

1900年：Landsteiner ABO式血液型の発見

1940年：Landsteiner ,Wiener,Levine

Rh式血液型の発見

- クエン酸ナトリウムの発見



血液の保存が可能となった、第一次世界大戦

- 1936年：血液銀行設立、第二次世界大戦



日本における輸血の歴史

- **1930年：浜口雄幸首相が東京駅で拳銃で狙撃されるが、秘書官（首相の次男）の血液を輸血し救命される。**
- **1952年：日本赤十字社東京血液銀行が開設。それまでは注射器に入れた血液をそのまま輸血、売血供血者からの梅毒の問題**
- **1955年：民間供血業者が興隆 献血者減**



日本における輸血の歴史

血液銀行開設以降も売血による問題。職業売血者は貧血に陥り、社会の底辺層が多く覚せい剤の回し打ちのため、輸血後肝炎も問題に

- 1956年：採血及び供血斡旋業取締法
- 1962年：黄色い血 追放キャンペーン



日本における輸血の歴史

- 1964年：ライシャワー事件

駐日米国大使Edwin Reishauerが刺される。手術時輸血し救命したが、輸血が原因で急性肝炎を発症。公務に復帰したが後に肝硬変から肝臓を発症し、事件から約25年後に死亡された。国の大恥



輸血は売血でなく献血により確保する方針
HIVや肝炎ウイルスのスクリーニング法が
献血に導入され、安全性が格段に向上！

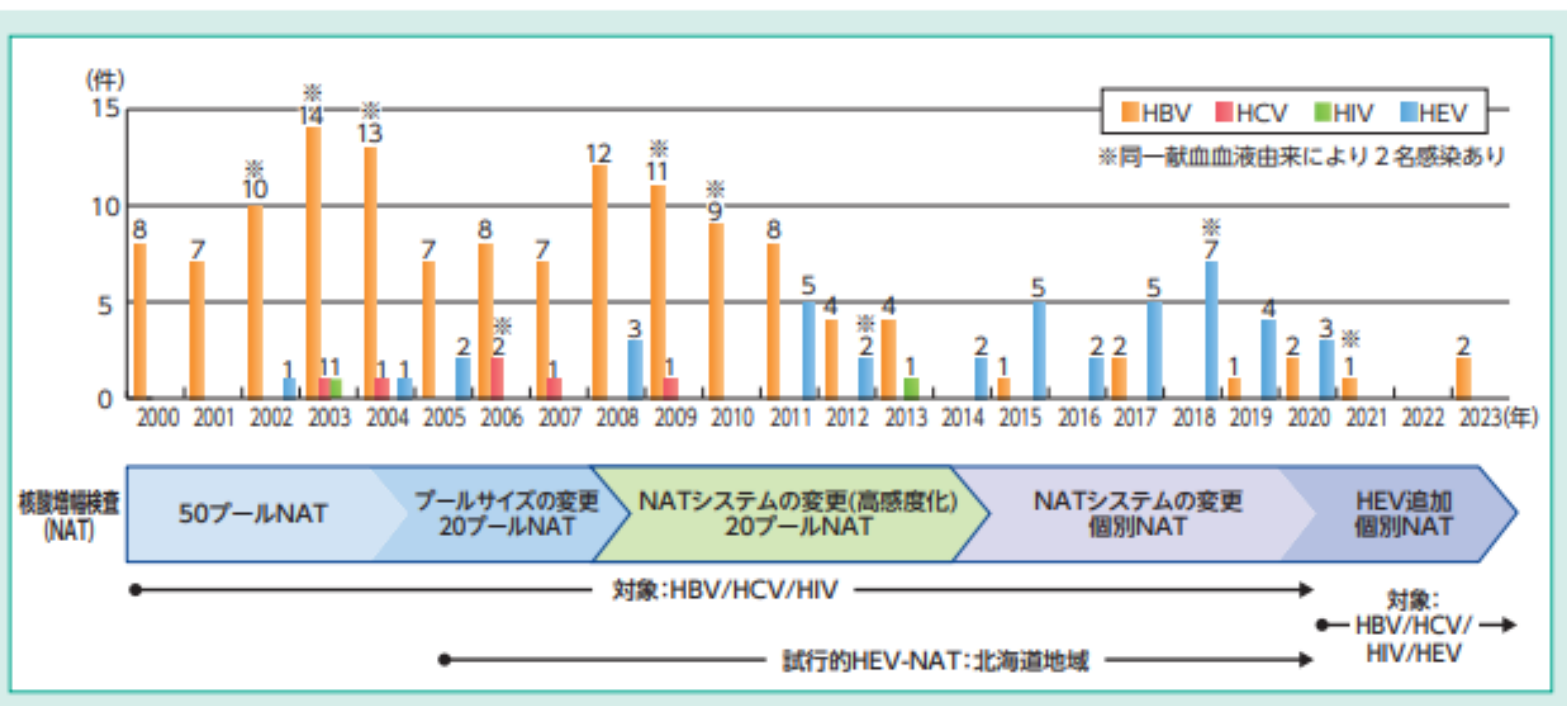


輸血後肝炎に対する対策

■輸血後HBV、HCV、HIV、HEV感染症原因血液の採血年別件数と安全対策の推移

個別NAT導入後は10件の輸血後HBV感染が確認されており、2023年は2件確認された。

輸血後HEV感染は2020年8月よりHEV-NATを導入してからは確認されていない。



日本赤十字社輸血情報
2408-182より抜粋



輸血に関する法律・指針・マニュアルなど①

- 法律

「安全な血液製剤の安定供給の確保等に関する法律」

- 厚生労働省指針

「輸血療法実践ガイド」

旧 輸血療法の実施に関する指針、血液製剤の使用指針

「血液製剤等に係る遡及調査ガイドライン」



輸血に関する法律・指針・マニュアルなど②

- 学会ガイドライン

「赤血球型検査（赤血球系検査）ガイドライン」

「輸血のための検査マニュアル」

「危機的出血への対応ガイドライン」

「産科危機的出血への対応指針」

など

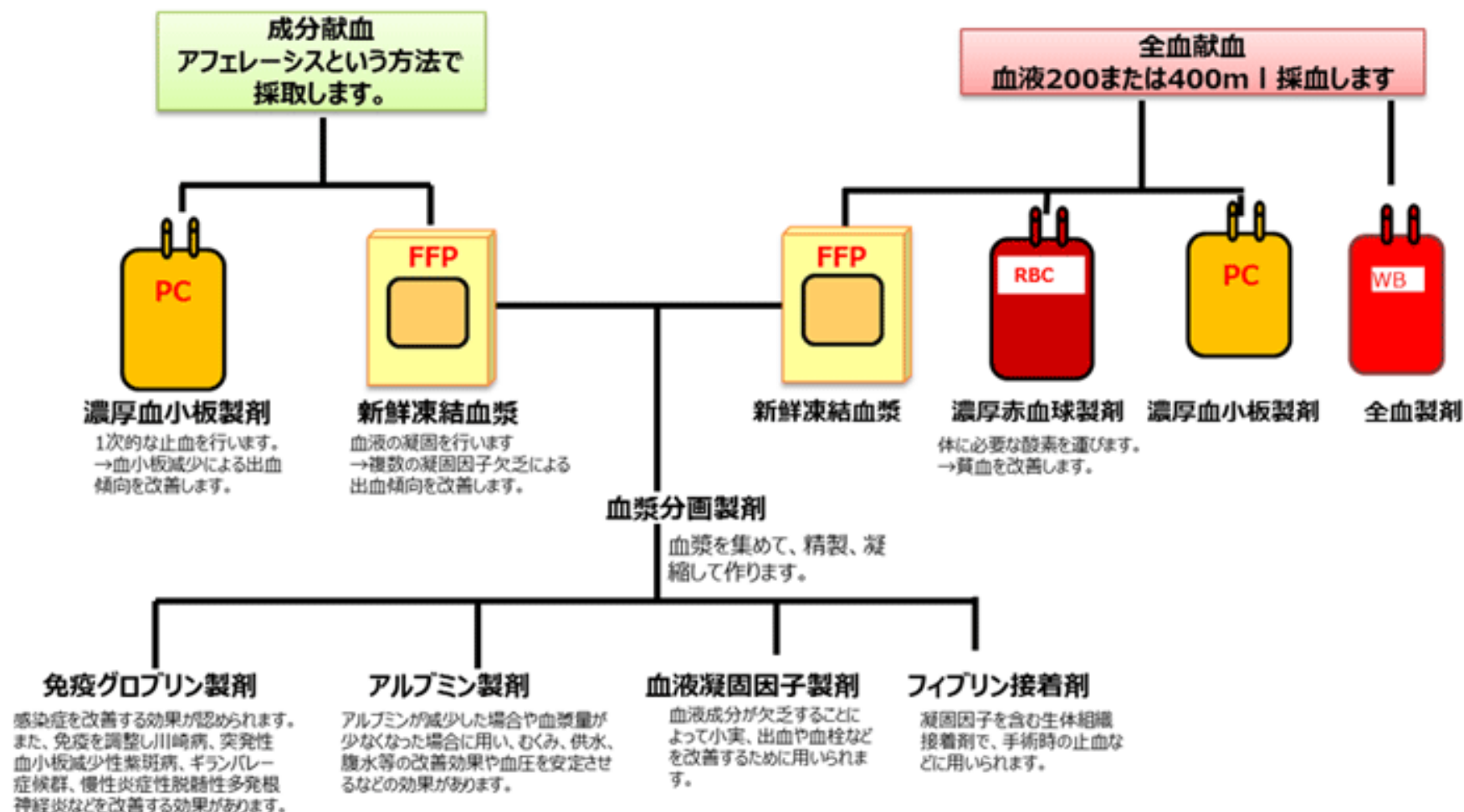


講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
- **血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで**
- 輸血検査の目的、原理、方法、判定
- 1. 血液型検査
- 2. 不規則抗体
- 3. 交差適合試験
- 輸血に伴う副反応・合併症
- まとめ

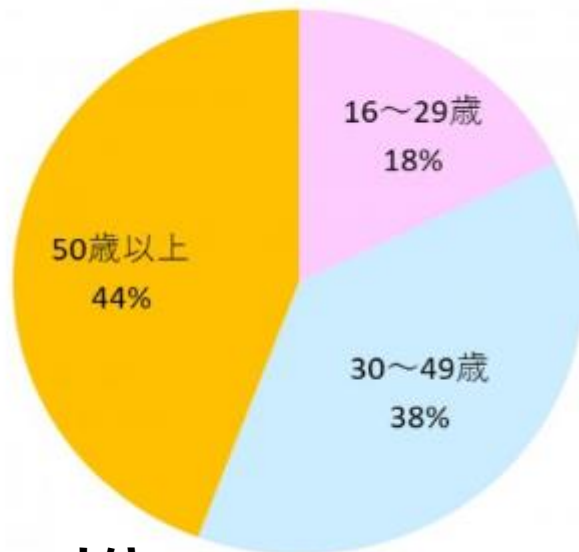


献血から血液製剤ができるまで



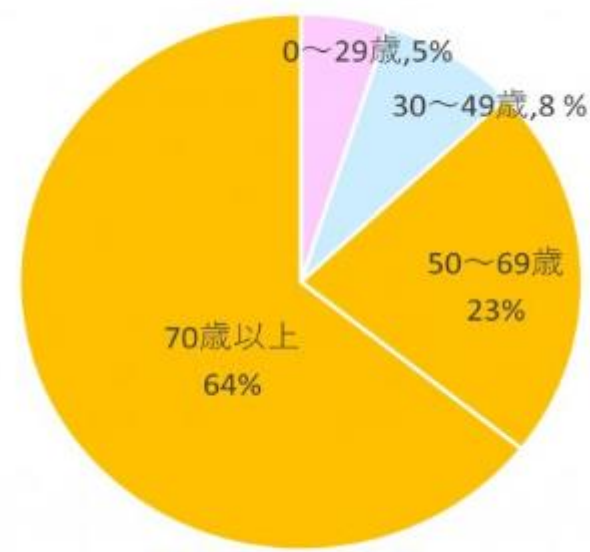
どんな患者さんに使われているの？

年代別献血状況



日本赤十字社HPより (令和5年全国)

年代別輸血状況



(令和4年東京都)

輸血用血液製剤を使用する方の約87%は50歳以上である。輸血をする人の多くは、不慮の事故等に伴うものではなく、がん(悪性新生物)の患者さんの治療に使用されている



献血から血液製剤の供給



製造、検査

供給
午前・午後の
定期便、緊急便

検査、輸血

茨城県の献血は埼玉県東松山市にある関東甲信越ブロック血液センター埼玉製造所へ

茨城県赤十字血液センター（茨城町）、つくば供給出張所（つくば市）





赤血球製剤

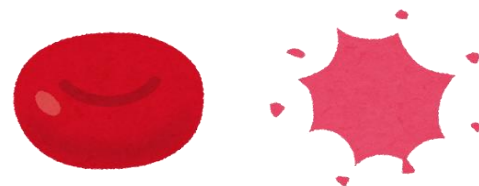
照射赤血球液-LR-2 (Ir-RBC-LR-2)

- 血液を白血球除去後、遠心分離して血漿を除去し、赤血球保存液 (MAP) を添加した製剤
- 照射：放射線照射で白血球による副反応を予防
- LR：白血球をフィルターで除去
- 2：2単位 (400 mL献血由来)
- 貧血や出血している患者に赤血球を補充

赤血球液の容量と金額

2単位 (全血400mL由来) 280mL

金額 18,132円





赤血球製剤

照射赤血球液-LR-2 (Ir-RBC-LR-2)

- 保管温度：2℃～6℃
 - 有効期間：採血後28日間
 - 血液製剤用冷蔵庫に保管
 - 冷凍庫保存禁止・室温放置禁止
- 溶血が起こる可能性あり¹

50kgの患者に対する予測輸血効果
・ ・ ・ 2単位で約1.5g/dL上昇





新鮮凍結血漿

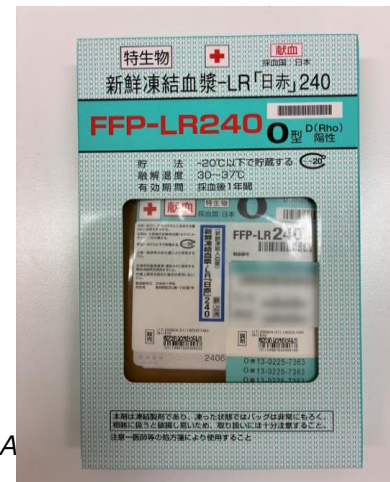
新鮮凍結血漿-LR-240（FFP-LR-240）

- 血漿を凍結したもの、**有効期間は採血後1年間**
- 120：1単位、240：2単位、480：4単位
- 出血や疾患などで凝固因子（血を固める成分）が不足している患者に使用する

新鮮凍結血漿の容量と金額

FFP-LR240 240m l
(¥18,322)

FFP-LR480 480m l
(¥24,210)





新鮮凍結血漿

新鮮凍結血漿-LR-240（FFP-LR-240）

- 保管温度：-20℃以下
- 血液製剤用冷凍庫に保管
- 使用前にFFP融解装置や恒温槽を用いて30℃～37℃で十分融解する。40℃以上は変性。
- 融解後直ちに使用できない場合は、2～6℃で保存し、融解後24時間以内に輸血する
- Na 150-175 mEq/lと高い→Na負荷に注意





血小板製剤

照射濃厚血小板-LRBS-10 (Ir-PC-LRBS-10)

- 血漿成分献血による血小板が含まれる
- 10 : 10単位 (2×10^{11} 個の血小板)
- BS : 令和7年7月30日から、すべての血小板に細菌スクリーニングを導入
- 血小板が不足している患者に使用する

血小板製剤の容量と金額
Ir-PC-LRBS-10
約200mL、¥86,859





血小板製剤

照射濃厚血小板-LRBS-10(Ir-PC-LRBS-10)

- 保管温度：20℃～24℃（室温）
- 有効期間：採血後6日間
- 振とう バッグ内の二酸化炭素放出によりpHを保つため¹
- アレルギーを予防目的で洗浄血小板（WPC）
- HLA抗体を保有する患者ではHLA-PC

50kgの患者に対する予測輸血効果
・ ・ 10単位で約4万/ μ L上昇



使用指針



使用目的	赤血球液(RBC)	濃厚血小板(PC)
目的	組織・臓器への酸素供給 循環血液量の維持	止血 出血の防止
適応の目安	- 急性出血 - 周術期：Hb7-8 g / d L - 慢性貧血：Hb7 g/dL前後	- 活動性出血：5万/μL以上に維持 - 周術期：5万/μL以上に維持（術式・症例によっては5～10万、それ以上） - DIC：5万未満で出血症状があるときは輸血を考慮 - 造血器腫瘍：1～2万未満で輸血 - 固形腫瘍の化学療法：1万以上を維持
注意	輸血後鉄過剰症など	輸血後のアレルギー反応（蕁麻疹、発熱、呼吸困難、など）比較的多い



講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
- 血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで
- **輸血検査の目的、原理、方法、判定**
 - 1. 血液型検査**
 - 2. 不規則抗体**
 - 3. 交差適合試験**
- 輸血に伴う副反応・合併症
- まとめ



輸血検査

- **ABO・RhD血液型：血液型について、検査法、判定**
- 不規則抗体：
- 交差適合試験：





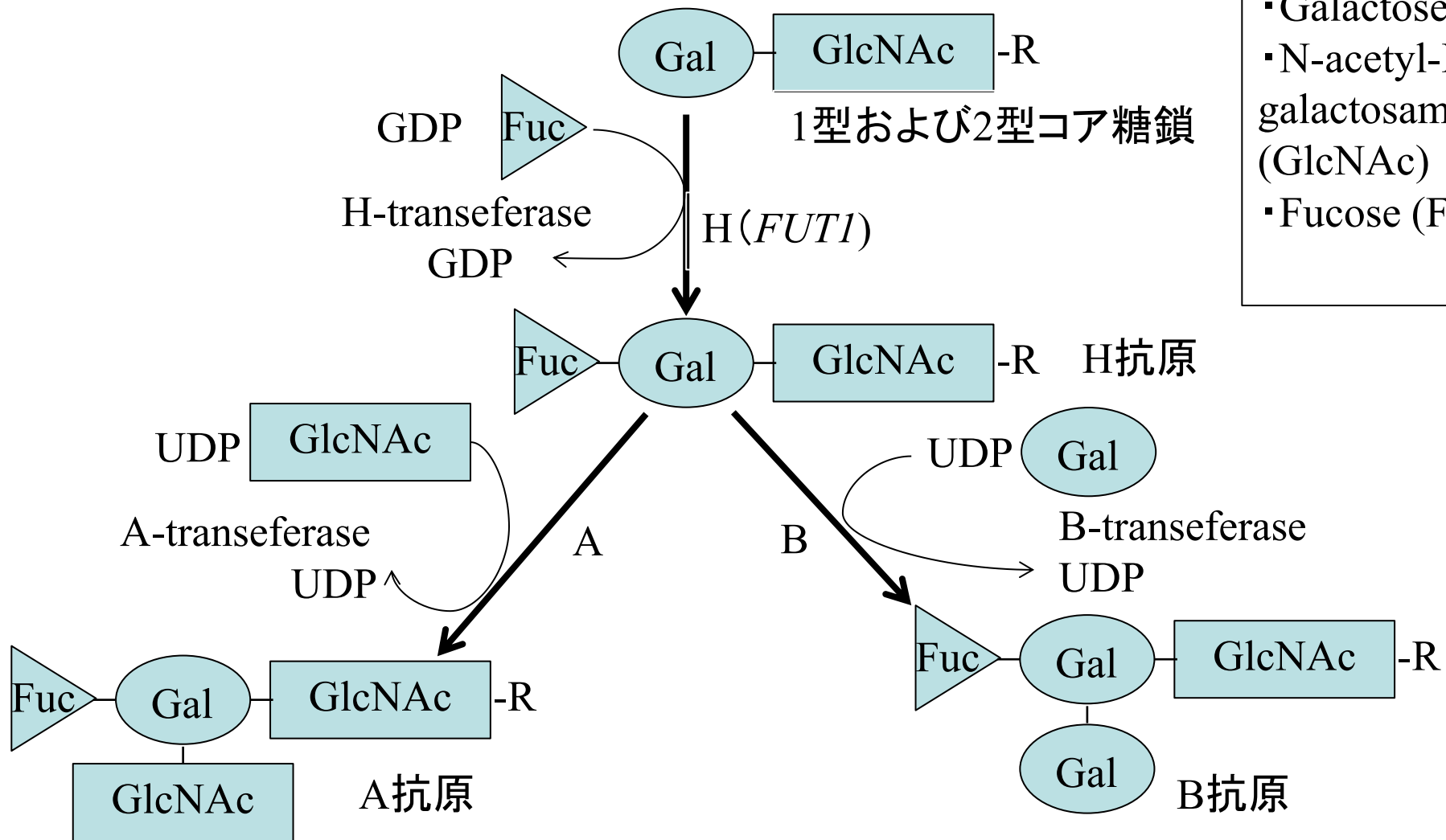
ABO血液型

- 1900年 Landsteinerにより発見
- 赤血球上の糖鎖抗原（A抗原、B抗原）
および血漿中の抗A、抗Bが存在する
- ABO遺伝子は、**第9染色体の長腕**
（9 q 34.1- q 34.2）に存在する
- **日本人の頻度は約**
A:40%、O:30%、
B:20%、AB:10%

ABO 型	赤血球 の抗原	血漿（血清） 中の抗体
A	A	抗B
B	B	抗A
O	なし	抗A, 抗B, 抗A,B
AB	A, B	なし



A, B, H糖鎖抗原の生合成



cisAB型の遺伝子型と血清学的性状

- A型、B型、O型の形質はメンデルの法則にしたがい、両親の遺伝子の一方を受け継ぐかたちで遺伝する（A/O、O/Oの親からはA型、O型の子）
- 通常、AB型の遺伝子はA/Bで、遺伝子の位置関係がトランスであるが、1つの遺伝子上にA型とB型の基質が存在するシスの位置関係であるcisABがある。cisABはA,B,Oすべての遺伝子との組み合わせが存在する



cisAB型の遺伝子型と血清学的性状

遺伝子型	表現型	赤血球		血漿		唾液中型物質	血漿(血清)中糖転移酵素
		抗A	抗B	A ₁ 血球	B血球		
cisAB/O	cisAB A ₂ B ₃	+	mf	+ / 0*	+	A, (B), H	検出されず
cisAB/A	cisAB A ₁ B ₃	+	mf	0	+	A, (B), H	A
cisAB/B	cisAB A ₂ B	+	+	+ / 0*	0	A, B, H	B

+: 強い凝集、mf: 部分凝集 (mixed field agglutination)

*: 抗A₁をもつ場合がある





ABO血液型検査

オモテ検査

赤血球上の**A抗原**、**B抗原**の有無を調べる

ウラ検査

血漿中の**抗A**、**抗B**の有無を調べる

※ランドシュタイナーの法則を利用



Rh血液型



- Rh血液型は多様に富む血液型で、ABO血液型の次に重要である
- アカゲザル（*Macacus rhesus*）の赤血球由来の抗体から発見され、Rh抗原と命名
- Rh血液型の遺伝子は第1染色体に存在する
- 通常の血液型検査ではRh血液型のD抗原を検査している





Rh血液型

- ABO血液型と異なり、血漿中の抗体は輸血や妊娠による免疫がない限り存在しない
- 日本人における頻度はRhD陽性99.5%、RhD陰性0.5%である
(日本人以外のRhD陰性の比率は白人16.8%、黒人8.4%)



Rh血液型

D抗原の変異型

①weak D:

D抗原量が少なく、直後判定で陰性、D陰性確認試験で陽性となる

②partial D

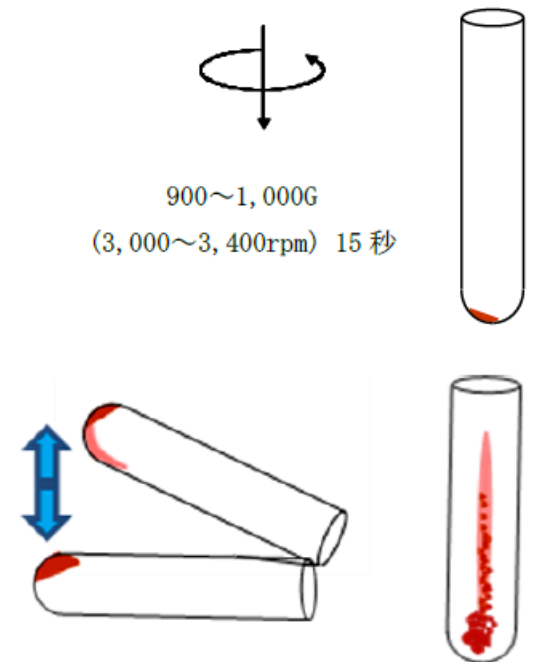
RhD蛋白には30程度のエпитープが存在し、その一部が欠損している。ポリクローナル抗Dで陽性、単一のモノクローナル抗Dで陰性～弱陽性を呈する場合がある



血液型検査の検査法：試験管法

試薬と検体分注後、遠心し、試験管を傾けながら赤血球の沈査（セルボタン）の凝集反応を観察する

反応強度は
（0～4+）で判定する



凝集の判定：試験管法



試験管を傾けながら赤血球の沈査（セルボタン）の凝集反応を観察する

【表 1. 凝集反応の分類】

反応強度	スコア	特徴と外観	背景の色調
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	ごくわずかな微小凝集	赤く濁る
0	0	凝集も溶血も見られない	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)

mf : mixed field agglutination、H : hemolysis、PH : partial hemolysis

*Technical Manual 16th. AABBから一部改変して引用



血液型検査の検査法：スライド法

- スライド法：スライドガラス上で血球と抗血清試薬を反応させる
- 亜型検査や部分凝集等の検出に適している
- 用手法では試験管法が主流であり、本法は再検査・追加検査で 사용되는ことが多い



血液型検査の検査法：カラム凝集法

- カラム凝集法：カセット内の抗血清試薬と反応させた血球を遠心することにより、カラムによるフィルター（ふるい）効果で血球の凝集を検出する
- 主に全自動輸血検査装置で使用する





ABOとRhD血液型検査の手順

- ABO血液型

- オモテ検査

- 患者血球 + 抗血清試薬

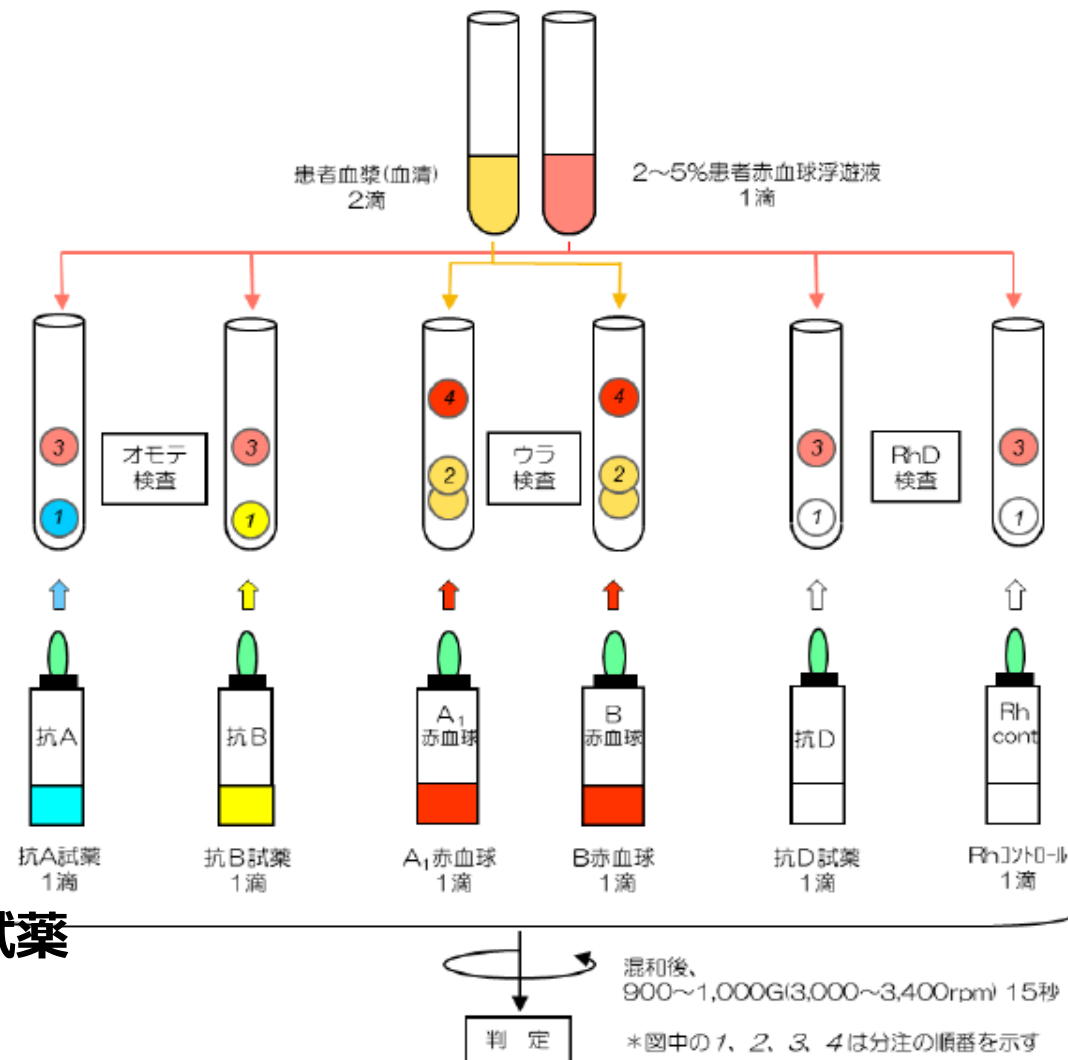
- ウラ検査

- 患者血漿 + 血球試薬

- RhD血液型

- 患者血球

- + 抗D、陰性対照の血清試薬





ABOとRhD血液型の判定

【表 2. ABO 血液型判定表】

オモテ検査			ウラ検査			判定
抗A	抗B	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

【表 3. RhD 血液型判定表】

直後判定			D陰性確認試験		
抗D試薬	Rhコントロール	判定	抗D試薬	Rhコントロール	判定
+	0	D陽性	不要		
0	0	判定保留 ^{※1}	0	0	D陰性
			+	0	weak D
+	+	判定保留 ^{※2}			





予期せぬ反応に対する考え方 オモテ・ウラ不一致への対応

- ・ 病態が ABO 血液型検査に与える影響と対処法
ABO 血液型検査では、様々な原因によりオモテ・ウラ不一致が観察される。ABO 亜型などの先天性の原因の他にも、ある種の疾患や患者の病態などが ABO 血液型検査に影響を与えることがある。
そのため、患者情報の収集がオモテ・ウラ不一致の原因究明にしばしば役立つことがある。
したがって、オモテ・ウラ不一致が観察された場合には、常に患者の病態をふまえた対応が必要となる。



【表 7. 患者情報と血液型検査への影響】

患者情報	検査への影響 (原因)	追加確認事項
1. 血液疾患 1) 白血病 2) 骨髄異形成症候群 3) Hodgkin 病	・オモテ検査の凝集減弱 ・被凝集値の低下 (糖転移酵素活性の低下など)	・各種レクチン (抗 A1、抗 H など) との反応性をみる ・糖転移酵素活性を測定する ・被凝集値を測定する
2. 寒冷凝集素症	・オモテ検査の非特異的凝集 (寒冷凝集素による感作) ・ウラ検査の非特異的凝集 (寒冷凝集素による凝集)	・検体は 37℃以下にならないように保温して搬送する ・検体は遠心時も 37℃以下にならないよう保温する ・オモテ検査用の赤血球浮遊液は、非特異的凝集がなく なるまで患者赤血球を 37℃温生理食塩液で洗浄して 調製する ・ウラ検査用の血漿 (血清) は患者赤血球と 4℃、1 時間 放置し、寒冷凝集素を吸着除去する ・不規則抗体検査も上記と同様に患者赤血球と 4℃、1 時 間放置した吸着上清を用いる
3. 悪性腫瘍による型物質過剰	型物質によるオモテ検査の凝集減弱 (患者赤血球の洗浄が不十分な場合)	・生理食塩液で 3 回洗浄した患者赤血球浮遊液を用いて 再検査する
4. 重症感染症 1) 敗血症	・汎血球凝集反応 [細菌の酵素により露出した赤血球膜の潜在抗 原 (T など) と一部の抗 A や抗 B 試薬が交差反応を示す。] ・Acquired B (細菌の酵素により脱アセチル化された修飾抗原と 一部の抗 B 試薬が交差反応を示す。)	・現在使用しているモノクローナル抗体試薬では潜在抗 原や修飾抗原と交差反応しない (抗体試薬の反応性については添付文書を参照する)
5. 一過性のキメラ状態 1) ABO 不適合輸血 2) ABO 不適合造血幹細胞移植	・オモテ検査の部分凝集像 (型違い赤血球の混合) ・ウラ検査の凝集減弱や陰性化 (型違い赤血球による抗体消費や移植後の産生能の消失)	・輸血や移植の有無について確認する ・混合赤血球は抗体試薬による分別凝集によって分離 し、非凝集赤血球の血液型を再検査する
6. 抗 A1、抗 B の減弱または欠損 1) 低または無 γ グロブリン血症 2) 新生児 3) 高齢者	・ウラ検査の凝集減弱 (抗体産生能の低下、消失または未発達)	・ウラ検査の反応時間の延長、血漿 (血清) の増量を行 う ・免疫グロブリン (特に IgM 型) を確認する
7. 不規則抗体 (低温反応性) 1) 抗 M、抗 N、抗 Le ^a 、抗 Le ^b 、 抗 P1 等	・ウラ検査の予期せぬ凝集 (不規則抗体による A ₁ や B 赤血球の凝集)	・不規則抗体スクリーニングを実施する
8. その他 1) 骨髄腫 2) 高分子血漿増量剤 3) 造影剤 4) 試薬中の添加物と反応する 抗体	・ウラ検査の予期せぬ凝集 (高 γ グロブリン血症時の連鎖形成や薬剤抗体による A ₁ や B 赤 血球の凝集など) ・オモテ検査の予期せぬ凝集 (患者赤血球の洗浄が不十分な場合)	・連鎖形成は生理食塩液の添加 (1 滴) で消失する また、抗薬物抗体と反応する赤血球試薬中の添加物を 除去するためには、生理食塩液で 3 回洗浄した赤血球 浮遊液でウラ検査を行う ・抗体試薬中の添加物 (色素など) と反応する抗体を除 去するためには、生理食塩液で 3 回洗浄した患者赤血 球浮遊液でオモテ検査を行う





輸血用血液の選択



1) ABO 血液型が確定できない患者への輸血

ABO 血液型のオモテ検査とウラ検査の結果が一致しない場合にはその原因を精査する必要があるが、血液型を確定する前に輸血が必要になった時は、**赤血球製剤は O 型、血漿/血小板製剤は AB 型を選択する**

また、**緊急輸血**のため時間的余裕がなく ABO 血液型検査や交差適合試験が実施できない場合にも同様に、**赤血球製剤は O 型、血漿/血小板製剤は AB 型を選択し輸血する**

※ABO 血液型が患者と異なるが適合する輸血用血液製剤の選択については、『危機的出血への対応ガイドライン』を参照する。



輸血用血液の選択

2) ABO 亜型患者への輸血

ABO 亜型患者への輸血で問題となるのは 37℃反応性の抗 A₁、抗 B や抗 H の有無である。そのため、ウラ検査で抗体が検出されても間接抗グロブリン試験で陰性であれば、通常の A 型、B 型や A B 型の赤血球製剤を、陽性であれば O 型の赤血球製剤を選択し輸血する。ただし、稀な Bombay(O_h)型の患者には 37℃反応性の抗 H が自然抗体として存在するため、O 型の赤血球製剤を輸血することはできない。Bombay(O_h)型の患者には、Bombay(O_h)型の赤血球製剤（解凍赤血球）を選択し輸血する。



輸血用血液の選択

【表 5. ABO 亜型患者への輸血用血液製剤の選択】

分類	オモテ検査		吸着解離試験	ウラ検査 (間接抗グロブリン試験)	血液製剤の血液型	
	抗A	抗B			赤血球製剤	血漿/血小板製剤
A亜型	+	○		A ₁ 赤血球 (+)	○	A
				A ₁ 赤血球 (○)	A	
	○	○	A抗原あり	A ₁ 赤血球 (+)	○	
				A ₁ 赤血球 (○)	A	
B亜型	○	+		B赤血球 (+)	○	B
				B赤血球 (○)	B	
	○	○	B抗原あり	B赤血球 (+)	○	
				B赤血球 (○)	B	
AB亜型	+	+		A ₁ 赤血球 (+)	B	AB
				B赤血球 (+)	A	
				A ₁ 赤血球 (+) B赤血球 (+)	○	
				A ₁ 赤血球 (○) B赤血球 (○)	AB	
	○	+	A抗原あり	A ₁ 赤血球 (+)	B	
				A ₁ 赤血球 (○)	AB	
	+	○	B抗原あり	B赤血球 (+)	A	
				B赤血球 (○)	AB	





輸血用血液の選択

3) RhD陰性 および weak D患者への輸血

以下の表に従って判定と血液製剤を選択する。「D陰性（D陰性疑い）」や「weakD」の患者はD陰性として扱い、輸血にはD陰性血を用いる。なお、**D陽性患者にはD陰性血も輸血できる**

【表 6. RhD 陰性(D 陰性疑い)および weak D 患者への輸血用血液製剤の選択】

分類	直後判定	D陰性確認試験	血液製剤の血液型
D陽性	+	不要	D陽性（D陰性も可）
D陰性（D陰性疑い）	0	0	D陰性
weak D	0	+	





血液型の確定

- **同一患者の二重チェック**
- 輸血前に異なる時点で採血された検体で血液型を確定する
- 別に新しく採血することで、血液型の二重チェックが可能となり、検体取り違いを防止できる
- 厚生労働省指針



輸血検査

- ABO・RhD血液型：
- **不規則抗体検査：不規則抗体について、
間接抗グロブリン試験、検査方法、判定**
- 交差適合試験：





不規則抗体とは

- ABO血液型の抗A,抗Bを**規則抗体**といい、それ以外の血液型の抗原に対する抗体を**不規則抗体**という
- 不規則抗体は低温で反応する**IgM型**と、37℃で反応する**IgG型**があり、不規則抗体検査では37℃で反応する臨床的意義のある抗体が重要である



不規則抗体で使用する検体、試薬

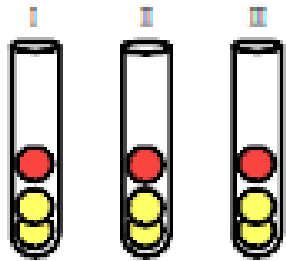
- 患者検体：血漿（血清）、血球
- 試薬：
 - ①スクリーニング用赤血球
 - ②パネル赤血球
 - ③反応増強剤：ポリエチレングリコール（PEG）または低イオン強度溶液（LISS）
 - ④抗ヒトグロブリン試薬
 - ⑤IgG感作赤血球



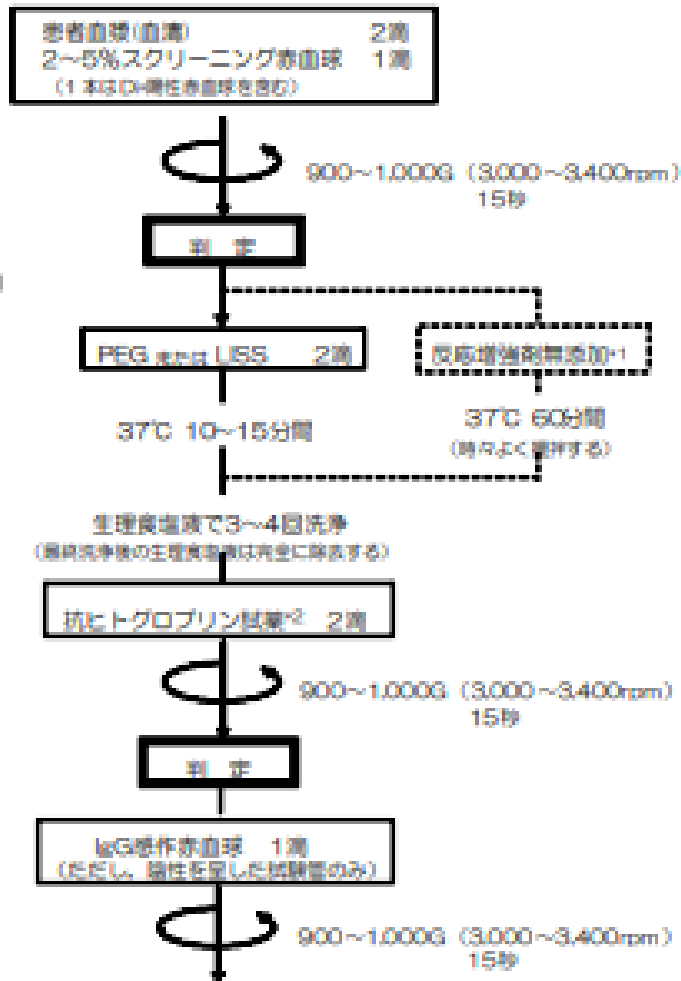
間接抗グロブリン試験（IAT）

- 37℃で臨床的意義のある抗体はIgG（一量体）であるため、赤血球同士が架橋できず凝集として観察できない。抗ヒトIgG抗体（またはクームス血清）を添加することで架橋し凝集を観察できる





不規則抗体検査



凝集を確認する(凝集しない場合は無効)

- スクリーニング血球は抗原の組み合わせの異なるものを用いる
- 反応増強剤としてPEG（ポリエチレングリコール）、LISS（低イオン強度液）を使用する

輸血のための検査マニュアル Ver.1.4から



不規則抗体検査の同定

Cell No.	D	C	E	c	e	f	F	F ^a	F ^b	Jk ^a	Jk ^b	L ^a	L ^b	I ^a	M	N	S	s	P1	Di ^a	Sal	IAT	IgG 感作赤血球
I	+	+	0	0	+	+	+	0	+	0	+	0	+	+	0	+	+	+	0	0	0	0	+
II	+	0	+	+	0	0	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	0	+	+	0	0	2+	N.T.
III	0	0	0	+	+	0	+	+	0	+	+	+	0	+	+	0	+	0	+	+	0	0	+

注：IgG 感作赤血球の表記は凝集の強さに関係なく「+」で表記する。IgG 感作赤血球を用いる目的は間接抗グロブリン試験が適切に行われたかを確認するためであり、凝集判定に用いる表記法に従う必要がないため。

【図 14. 消去法の実際】

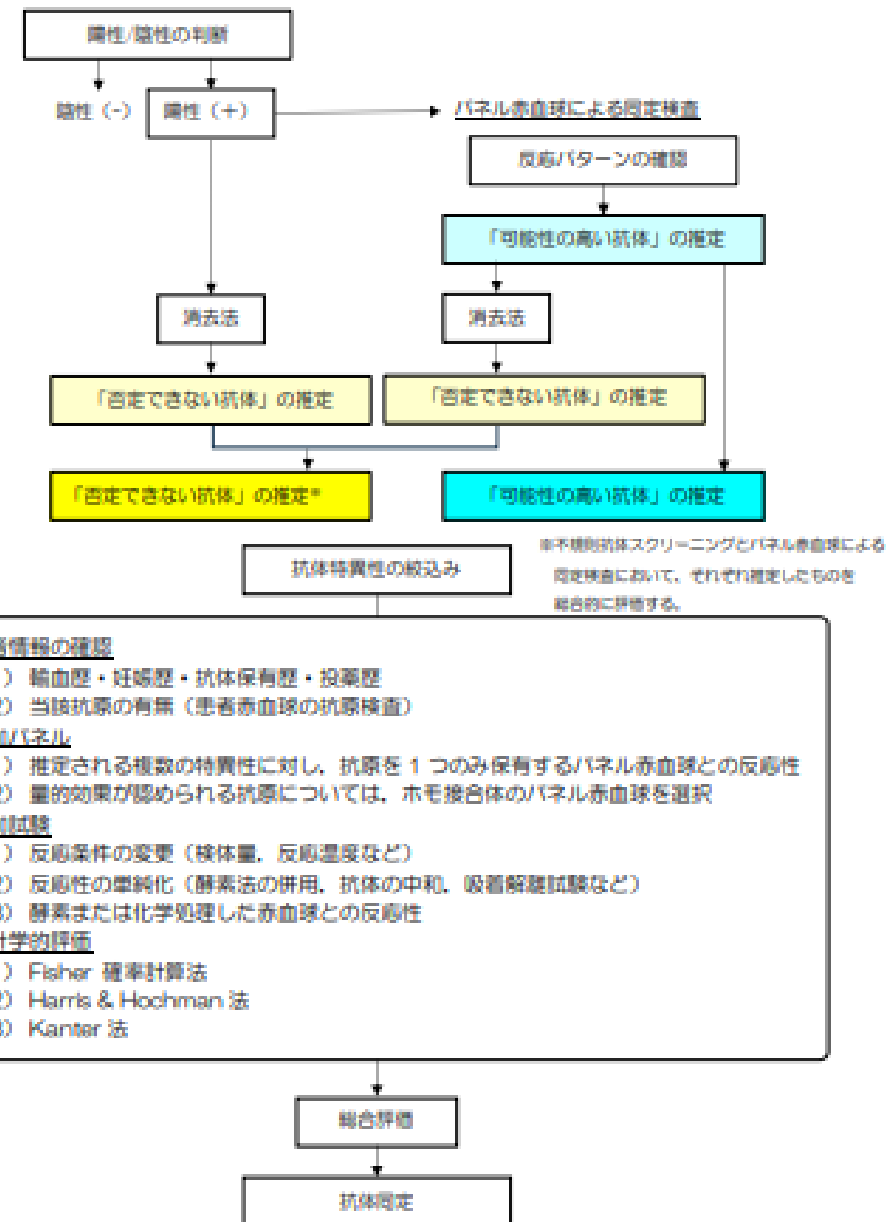
- 消去法とは、間接抗グロブリン試験で陰性反応を呈したパネル赤血球のもつ主要抗原に対する抗体を1つずつ除外して、患者が保有する抗体の特異性を推定する方法をいう

量的効果について

- Rh、Kidd、Duffy、MNS の各血液型 抗原については、抗原量がホモ接合に対しヘテロ接合で少ない
- そのため、上記の血液型抗原に対する抗体を同定する場合は、ヘテロ接合の抗原で陰性となることを考慮して、消去法を実施する



不規則抗体スクリーニング(5.6)の判定



輸血検査

- ABO・RhD血液型：
- 不規則抗体：
- 交差適合試験：目的、方法、判定、血液製剤の選択





交差適合試験の目的

- 交差適合試験（クロスマッチ）は受血者（患者）と供血者（献血者、血液製剤）間の血液型不適合輸血を防止するために行う
- 交差適合試験は**赤血球（RBC）製剤**で実施し、**新鮮凍結血漿（FFP）**、**血小板（PC）製剤**は日本赤十字血液センターで血液型と不規則抗体陰性が確認されているため省略してよい





交差適合試験

- 主試験と副試験がある

主試験：患者血漿と血液製剤の赤血球

副試験：患者赤血球と血液製剤の血漿

- 検出方法

生理食塩液法(主・副)：ABO 血液型の不一致

間接抗グロブリン試験(主)：37℃で反応する臨床的意義のある抗体を検出する

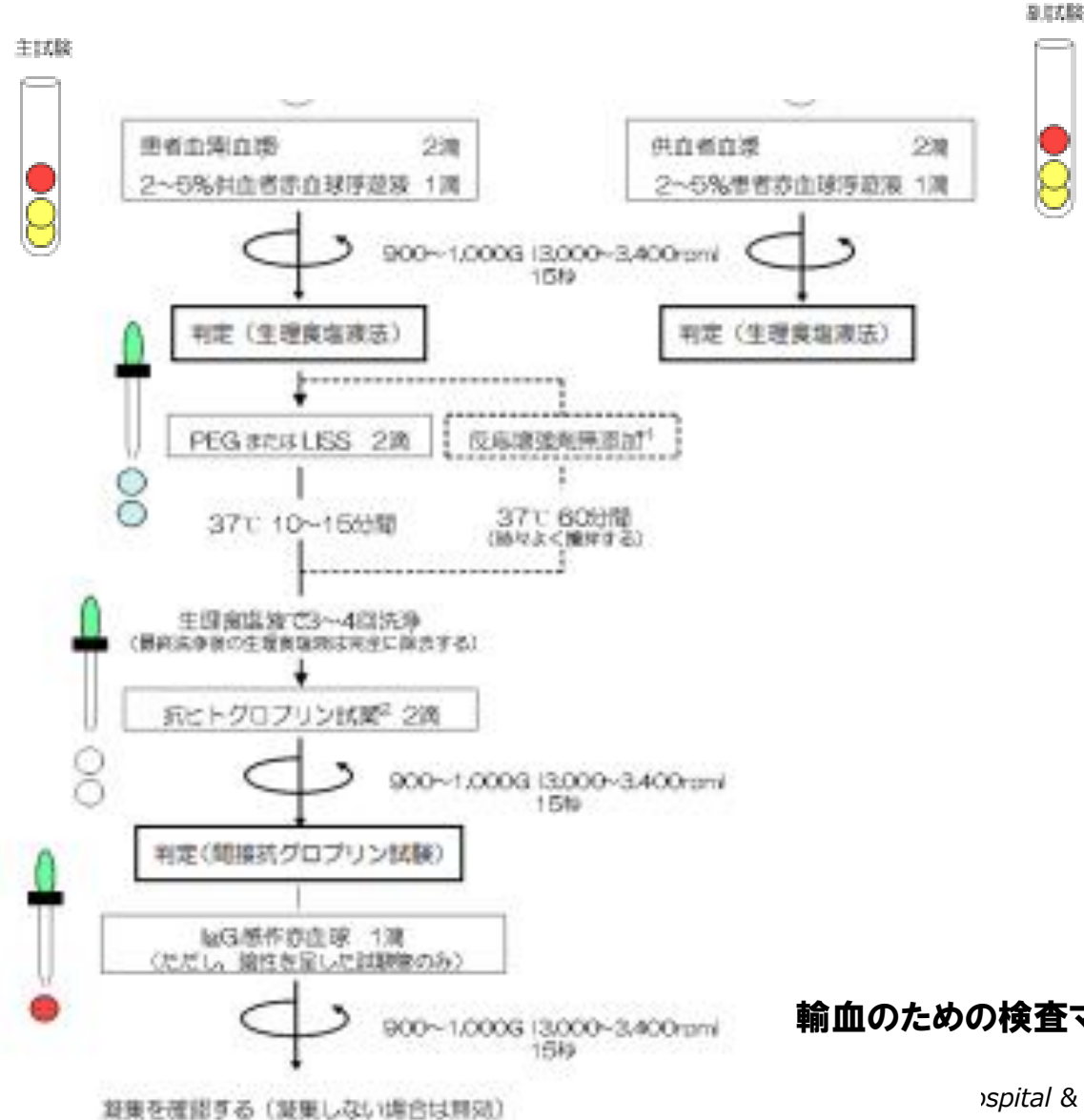


交差適合試験で使用する検体、試薬

- 患者検体：血漿（血清）、血球
- 赤血球製剤セグメント
- 試薬：
 - ①反応増強剤：ポリエチレングリコール（PEG）または低イオン強度溶液（LISS）
 - ②抗ヒトグロブリン試薬
 - ③IgG感作赤血球



交差適合試験の方法



輸血のための検査マニュアル Ver.1.4から





交差適合試験の判定

- 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
- 日本赤十字血液センターの製剤を用いる場合には、患者の血液型が 2 回以上異なる時点で採血した検体で二重チェックされ、確認されていれば副試験は省略可能





輸血する血液製剤の選択

- 1) 原則として、患者と ABO 血液型が同型の輸血用血液製剤を用いる
- 2) RhD 陰性患者には RhD 陰性の輸血用血液製剤を用いる
- 3) 患者が 37℃反応性の臨床的意義のある同種抗体を保有している場合には、対応抗原陰性血を用いる



**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。**

1) 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接合体であると、抗体価が低い場合には結果が陰性となることがある。

2) 患者または供血者の RhD 誤判定や事務的ミス。*

*RhD陰性患者は、輸血・妊娠により抗Dを保有している場合以外は、抗Dを保有しない。そのため、RhD陰性患者とRhD陽性血球の交差適合試験は適合と判定される。



コンピュータクロスマッチ

既に ABO 血液型が確定し不規則抗体がなく、コンピュータクロスマッチによって適合性や安全性が確認された場合は、交差適合試験を省略して出庫できる。その際、以下の条件を必須とする

- 1) 検査結果の不一致や血液製剤の選択が誤っている際には警告される。
- 2) 患者のABOおよびRhD血液型が2回以上異なる時点で採血された検体により確認されている。
- 3) 不規則抗体スクリーニングにおいては、輸血に先立つ3日以内に採血された検体で検査が施行されている。
- 4) 赤血球製剤のABO血液型が、オモテ検査により施設で確認されている。
- 5) 生後 4 か月未満の児においては、児または母親の血漿（血清）中に臨床的意義のある不規則抗体がない。また、児血漿（血清）について、間接抗グロブリン試験による ABO 血液型ウラ検査等を行うことで、母親由来の IgG 型抗 A/抗 B を保有していないことが確認されている。





緊急時の血液製剤の選択

緊急時の適合血の選択

輸血製剤 患者血液型	赤血球液 (RBC)	新鮮凍結血漿 (FFP)	血小板濃厚液 (PC)
A	A>O	A>AB>B	A>AB>B
B	B>O	B>AB>A	B>AB>A
AB	AB>A=B>O	AB>A=B	AB>A=B
O	Oのみ	全型適合	全型適合

出典元:産科危機的出血への 対応指針 2022



講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
- 血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで
- 輸血検査の目的、原理、方法、判定
- 1. 血液型検査
- 2. 不規則抗体
- 3. 交差適合試験
- **輸血に伴う副反応・合併症**
- まとめ



輸血に伴う副反応・合併症

	溶血性輸血副反応	非溶血性輸血副反応
即時型（急性型） 数分～数時間	血液型ABO不適合 (急性溶血性輸血副反応)	アナフィラキシーショック 菌血症・エンドトキシンショック (細菌汚染血) 輸血関連急性肺障害 (TRALI) 輸血関連循環負荷 (TACO)
遅延型 1～数日	遅発型溶血性副反応	輸血後感染症 (ウイルス性肝炎、HIVなど)

即時型（急性型）副作用出現時の対応

- ・直ちに輸血中止
- ・ラインごと交換（針は残す！）
- ・生理食塩水または乳酸リンゲル（ソルラクトなど）の点滴
- ・医師に報告





輸血時の患者観察



輸血前	輸血中	輸血後
バイタルの測定 ・ 体温 ・ 血圧 ・ SpO₂（望ましい） ※副作用発現時も測定	意識のある患者への赤血球輸血 ⇒穏やかに開始。 5分間はベッドサイドで状態を観察する ABO型不適合輸血 開始直後から血管痛、不快感、胸痛、腹痛などが見られる 輸血開始後15分程度で再度観察 発熱、じんましんなど即時型アレルギーがないか その後も適宜観察	副反応観察 ・ TRALI ・ 細菌感染症 ・ アナフィラキシー 即時型アレルギー反応などは輸血終了後生じることがある 継続的に観察

輸血療法の実施に関する指針（改訂版）から



輸血副反応の症状項目

1.発熱（38℃以上、輸血前から1℃以上）	10.頭重感・頭痛
2.悪寒・戦りつ	11. 血圧低下（収縮期血圧が30 mmHg以上低下）
3.熱感・ほてり	12.血圧上昇（収縮期血圧が30 mmHg以上上昇）
4.そうよう感・かゆみ	13.動悸・頻脈（成人100回/分以上、小児は年齢による頻脈の定義に従う）
5.発赤・顔面紅潮（膨隆を伴わない）	14.血管痛
6.発疹・じんま疹（膨隆を伴う）	15.意識障害（意識低下・意識消失）
7.呼吸困難（チアノーゼ、喘鳴、呼吸状態悪化等）	16.赤褐色尿（血色素尿）
8.嘔気・嘔吐	17.その他
9.胸痛・腹痛・腰背部痛	

赤字項目は重症副反応の可能性が高く、詳細を確認する



非溶血性輸血副作用(2024年)

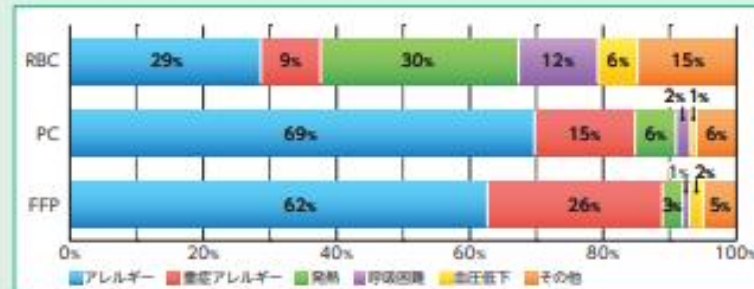
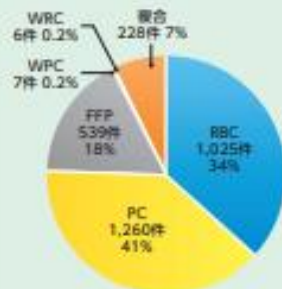
■非溶血性輸血副作用の報告件数について

「アレルギー」が最も多く1,643件(54%)報告されています。
重症アレルギーを含め、副作用報告の約7割がアレルギーでした。
呼吸困難には、TRALI、TACOが含まれており、内訳はTRALIが11件、TACOが80件、呼吸困難が94件となっています。



■使用製剤の種類及び製剤毎の副作用(症例別)報告内訳

赤血球製剤および血小板製剤による副作用が多く報告されています。
赤血球製剤では他製剤と比べて発熱と呼吸困難が、血漿製剤、血小板製剤ではアレルギー、重症アレルギーの報告割合が特に多くなっています。



割合については、四捨五入をしているため、合計が100%になっておりません。

■使用製剤・症状別副作用報告数(対供給本数に対する頻度)(2024年)

製剤	血小板製剤*	赤血球製剤*	血漿製剤
供給本数	825,299	3,343,792	894,101
アレルギー	873件(約1/1,000)	295件(約1/11,000)	336件(約1/2,700)
重症アレルギー	195件(約1/4,200)	91件(約1/37,000)	141件(約1/6,300)
発熱	70件(約1/12,000)	309件(約1/11,000)	14件(約1/64,000)
呼吸困難	20件(約1/41,000)	60件(約1/56,000)	3件(約1/300,000)
血圧低下	17件(約1/49,000)	57件(約1/59,000)	12件(約1/75,000)
TACO	7件(約1/120,000)	57件(約1/59,000)	3件(約1/300,000)
TRALI	2件(約1/410,000)	2件(約1/1,700,000)	1件(約1/890,000)
その他	76件(約1/11,000)	154件(約1/22,000)	29件(約1/31,000)
合計	1,260件(約1/700)	1,025件(約1/3,300)	539件(約1/1,700)

上記製剤には、放射線照射製剤及び未照射製剤の両方が含まれます。また2種類以上の製剤が使用された症例は除外しました。

日本赤十字社
輸血情報2509-189
より抜粋



血小板不応状態（PTR）

- 血小板製剤を輸血したにもかかわらず、患者の血小板数が回復しないことを血小板不応状態（platelet transfusion refractori- ness ; PTR）という
- PTRは免疫学的要因と非免疫学的要因に分類される



血小板不応状態（PTR）

非免疫学的要因	免疫学的要因
出血 発熱 感染症、敗血症 脾腫 播種性血管内凝固（DIC） 薬剤（アムホテリシンBなど）	HLA抗体 HPA抗体 自己抗体

- 補正血小板増加数（CCI）で評価する
- 免疫学的要因の場合は、輸血後速やかに破壊されるためCCI-1時間値の上昇を認めない



血小板不応状態（PTR）

- 頻回輸血や妊娠によって血小板上の抗原であるHLAクラスI、HPAに対する抗体が産生されることがある
- 患者がHLA抗体を保有する場合は、HLA適合血小板を輸血する



 献血する	 献血いただく方へ	 血液のゆくえ	 ありがとうの声	 献血を広げよう	 スペシャル	 施設案内
---	---	---	---	--	--	---

[ホーム](#) > [献血する](#) > [献血ルーム紹介](#)



献血ルーム紹介

献血ルームMEET



〒310-0015
水戸市宮町1-7-31
水戸駅ビルエクセルみなみ6F

献血ルームMEET

つくば献血ルーム



〒305-0031
茨城県つくば市吾妻1丁目10-1
つくばセンタービル2F

つくば献血ルーム

献血する

- ▶ [献血ルーム紹介](#)
- ▶ [献血ルームMEET](#)
- ▶ [つくば献血ルーム](#)
- ▶ [最寄りの献血ルームを探す](#)
- ▶ [献血バス運行スケジュール](#)
- ▶ [献血の予約について](#)
- ▶ [近都県の献血施設](#)
- ▶ [献血Web会員サービス「ラブラッド」](#) 
- ▶ [初めての方](#) 
- ▶ [会員の方](#) 



講義内容

- 輸血とは、輸血の歴史
- 血液製剤の紹介、血液製剤ができるまで
- 輸血検査の目的、原理、方法、判定
- 1. 血液型検査
- 2. 不規則抗体
- 3. 交差適合試験
- 輸血に伴う副反応・合併症
- **まとめ**





まとめ



- ABO血液型はオモテ検査、ウラ検査を実施する
- ABO血液型は異なる時点で採血された2検体で確定する
- 不規則抗体検査では37℃で臨床的意義のある抗体の検出が重要である
- 交差適合試験は主試験と副試験があり、日本赤十字血液センターの製剤を用いる場合には副試験を省略できる
- 輸血の実践→「輸血用血液製剤取り扱いマニュアル」を参照



お疲れさまでした

