

第3章 体液と血液

教科書

メヂカルフレンド社
新体系看護学全書
人体の構造と機能①
解剖生理学

体液

体液中の物質の濃度の単位

- 1) **モルとモル濃度**
モル(mol): 分子量にグラムを付けた値。
モル濃度 (溶液 1Lあたりのモル数) (mol/L M(モラー))
- 2) **等量 (Eq: イクイバレント)**: 原子量を原子価 (電荷数) で割った値。
等量濃度 (Eq/L) 体液の電解質濃度は等量濃度で表現される。
血漿ナトリウムイオン濃度: $140\text{mEq/L} = 0.14\text{ Eq/L}$

微量な物質の濃度単位

生体内の物質は低濃度で存在するものが多い。特にホルモンは血中に非常に微量しか存在しない。低濃度の物質の重量を表す単位は、g (グラム), mg (ミリグラム), μg (マイクログラム), ng (ナノグラム), pg (ピコグラム) があり、それぞれが前者の 1/1000 の値となる (たとえば $1\text{g}=1000\text{mg}$, $1\text{mg}=1000\mu\text{g}$)。

溶液量 (体積) の場合は、L (リットル), mL (ミリリットル), μL (マイクロリットル), nL (ナノリットル), pL (ピコリットル) となり、重量と同じようにそれぞれが前者の 1/1000 の値となる。

体液

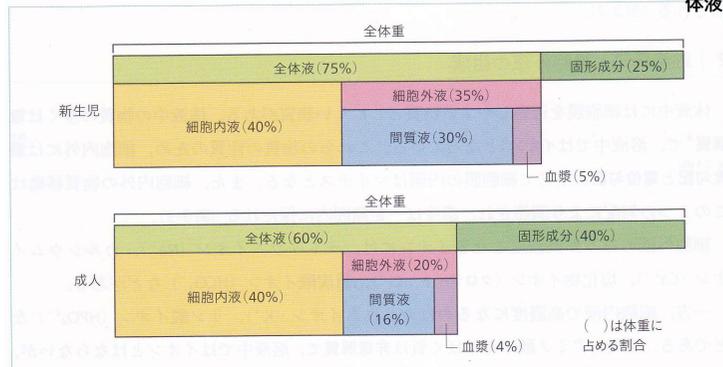


図3-1 体重に対する体液の割合

成人と新生児では、細胞内液の**体重に占める割合**は同等であるが、新生児では細胞外液の割合が高い。
ただし、**体重への割合**であり、実際の細胞内液量は、当然、成人の方が大きい。

体液

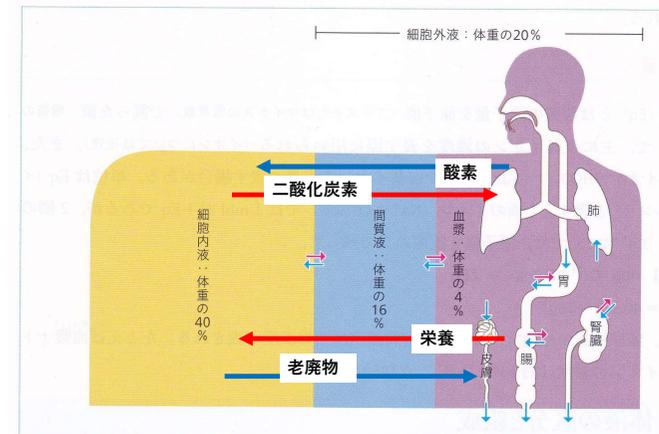


図3-2 体液の割合と移動

体液

表 3-1 体内水分の出納量 (1日当たり) 健康人であれば、5Lの尿の排泄が可能。

摂取 (L)		排泄 (L)	
飲水	1.5	尿	1.3
食物中の水分	0.5	不感蒸泄	1.0
代謝水	0.5	便	0.2
計	2.5	計	2.5

体液の調節

体液の移動

- 拡散**：溶液や気体中の物質は、一様の濃度になるまで広がる現象。
- 濾過**：多孔質膜に溶液を圧をかけて移動させ、通過できない物質を分離すること。血漿から間質液に移動する時に、血球等が通過できない。この時の毛細血管での圧を、**静水圧** (流入量 x 血管の直径) という。
- 浸透**：浸透膜を介して水が移動して、浸透膜の両側の粒子密度を等しくする現象。浸透圧を規定するのは粒子の数で、オスモル (Osm) で表現され、モルと同様に、1 Osmには、 6×10^{23} 個の粒子が含まれる。また、単位体積や単位重量当たりのオスモル数はオスモル濃度 (浸透圧濃度: Osm/L Osm/kg)。

図 3-4 浸透圧による水の移動

体液の調節

体液のオスモル濃度 (=張度) : 290mOsm/kg

低張 (ハイポトニック) ・等張 (アイソトニック) ・高張 (ハイパートニック)

図 3-5 細胞外液のオスモル濃度変化に対する赤血球の反応

Column 浸透圧と浸透圧濃度

日本では慣用的にオスモル濃度 (浸透圧濃度) を単に「浸透圧」とよぶことが多く、時に混同されてしまう。単位を確認し、単位が Osm/L や Osm/kg の場合は、オスモル濃度を指していることを理解すること。真の浸透圧は2つの異なるオスモル濃度の溶液の間に生じる「圧」のことなので、単位は mmHg となる。

体液の調節

毛細血管での、濾過で血球は毛細血管内に留まり、その浸透膜の性格が血漿と間質液での Na^+ 、 Cl^- 、 HO_3^- (炭酸イオン) をほぼ等しくしている。

細胞膜の $\text{Na}^+ \text{K}^+$ ポンプ機能で、細胞外液と細胞内液での Na^+ と K^+ の濃度差が生じる。

図 3-3 細胞外液 (血漿、間質液) と細胞内液の電解質組成

体液の調節

Column

膠質浸透圧と浮腫

浸透圧は通常、水分のみを通す膜（たとえば細胞膜）を隔てた物質の移動に関与する。毛細血管の内皮細胞間にもすき間があるが、十分に大きいため、電解質は自由に通過できる。一方、アルブミンなどのたんぱく質は分子が大きく、内皮細胞間のすき間を通過できないので、通過できない物質の濃度差により間質液と血漿との間に浸透圧が生じる。これを膠質浸透圧とよぶ。肝機能障害によってアルブミンがつかれなくなったり、腎機能障害によりアルブミンが多量に排泄されたりした場合、血漿から間質に体液が移動し、浮腫を生じる。

体液の調節

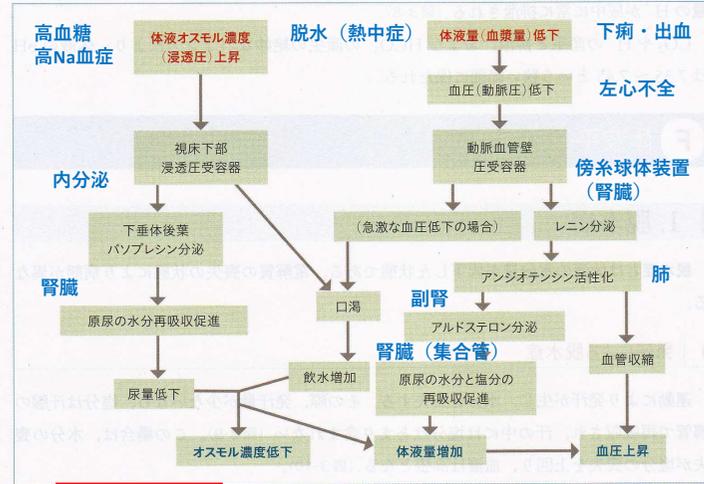


図 3-7 体液量調節の全体像

体液の調節

高張性性脱水

+ 水分摂取 ⇒ 低張性脱水
等張性脱水

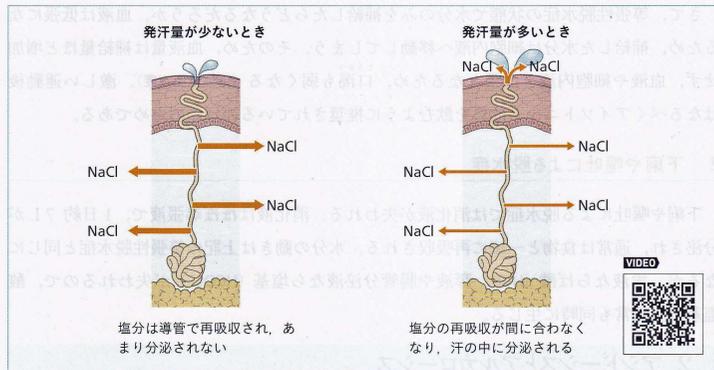


図 3-9 発汗と塩分喪失の関係

体液の調節

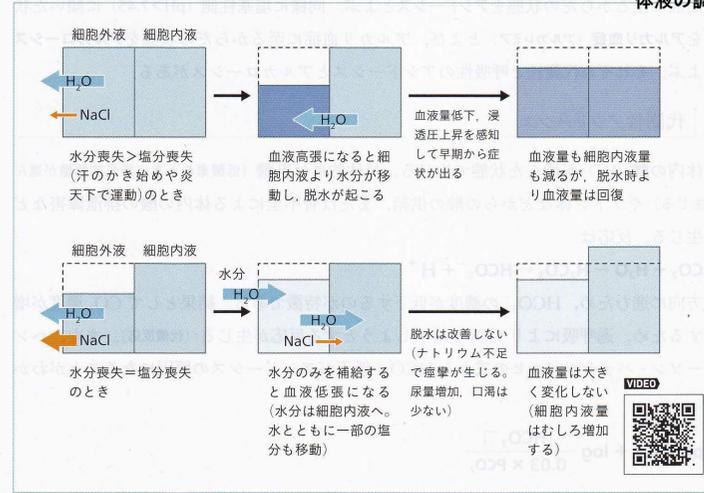


図 3-10 水分の移動と脱水症

酸塩基平衡の調節 体液の緩衝作用

酸: H^+ (プロトン) を放出できる物質 (HCl (塩酸) $\rightarrow H^+ + Cl^-$)
 塩基: H^+ を受け取れる物質 ($NaOH$ (水酸化ナトリウム) $\rightarrow Na^+ + OH^-$)

アンモニア (NH_3) + $H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
 アンモニイオン (NH_4^+) $\rightleftharpoons NH_3 + H^+$

pH(ペーハー/ピーエッチ: ドイツ語・英語発音、国際規格は、英語発音)
 H^+ 濃度 $[H^+]$ のマイナス対数 = $-\log_{10} [H^+]$

10^{-1} mol/L : pH 1
 10^{-2} mol/L : pH 2
 10^{-7} mol/L : pH 7

強酸は溶液中で完全に解離するが、弱酸は一部は解離しないまま溶液中に存在する

図 3-6 弱酸と強酸

体液のpH: ヘンダーソン-ハッセルバルヒの式 体液の緩衝作用

$pH = 6.1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{0.03 \times PCO_2}$

$[HCO_3^-]$ 炭酸イオンのモル濃度
 $0.03 \times PCO_2$ 二酸化炭素の分圧 (mmHg)からモル濃度に変換

炭水化物の分解など
 たんぱく質の分解など

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

肺より排泄
 腎臓より排泄

図 3-8 体内の酸塩基平衡の模式図

体液の緩衝作用

酸塩基平衡

pH < 7.35: アシドーシス
 初期反応: CO_2 増加, HCO_3^- 低下
 代償反応: 呼吸性アシドーシス (HCO_3^- 増加), 代謝性アシドーシス (CO_2 低下)

pH > 7.45: アルカローシス
 初期反応: CO_2 低下, HCO_3^- 増加
 代償反応: 呼吸性アルカローシス (HCO_3^- 低下), 代謝性アルカローシス (CO_2 増加)

代償反応が十分であればpHは正常に戻る

図 3-11 アシドーシスとアルカローシスで生じる CO_2 と HCO_3^- の変化

血液

リンパ球
 好中球

血漿
 バッフィコート (白血球+血小板)
 濃縮赤血球
 抗凝固薬を加え
 遠心分離

採血した血液(全血)
 しばらく放置
 血清 (血漿からフィブリノゲンを除いたもの)
 血餅 (フィブリノゲン+血球)

血液

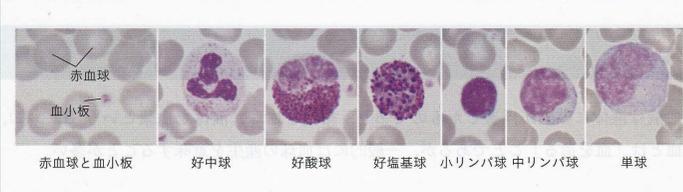
- 水(91%)
- 電解質(0.9%)
- その他
 - たんぱく質(7%)
 - アルブミン
 - グロブリン
 - フィブリノゲン
 - 糖質(0.1%)
 - 脂質(1%)
 - 老廃物(尿素, 尿酸など)

細胞成分(45%)

- 血小板 15万~35万/ μ L
- 赤血球 男性 440万~560万/ μ L, 女性 390万~490万/ μ L
- 白血球 3500~8500/ μ L

図 3-12 血液の成分

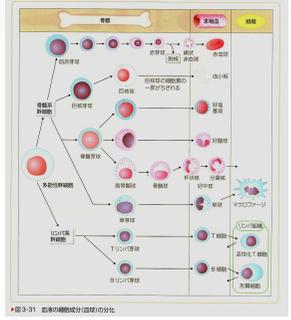
血液



赤血球と血小板 好中球 好酸球 好塩基球 小リンパ球 中リンパ球 単球

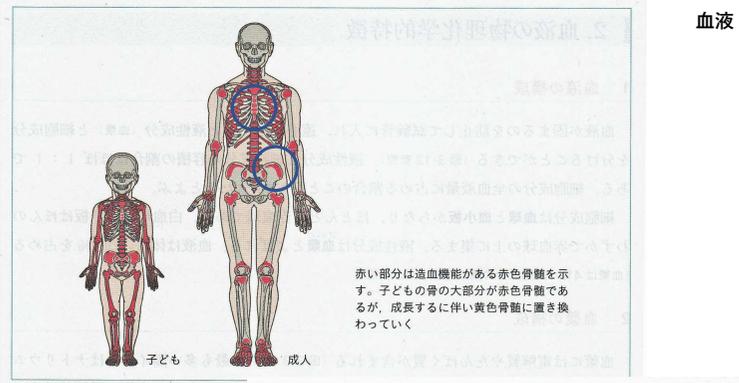
図3-13 各血球（塗沫標本）

血球は、骨髄で、**多能性幹細胞**から**骨髄性幹細胞**と**リンパ球性幹細胞**に分化し、更に、**骨髄性幹細胞**から**赤血球**に分化する**赤芽球系**、細胞質から**血小板**が分離してくる**巨核球系**、**好中球**、**好酸球**、**好塩基球**に分化する**骨髄球系**、**単球**や**マクロファージ**・**樹状細胞**に分化する**単球系**に分化する。リンパ球系幹細胞から**Tリンパ球**と**Bリンパ球**等に分化する。



*図3-11 血液の細胞成分(図例)の分化

血液



子ども 成人

赤い部分は造血機能がある**赤色骨髄**を示す。子どもの骨の大部分が赤色骨髄であるが、成長するに伴い黄色骨髄に置き換わっていく

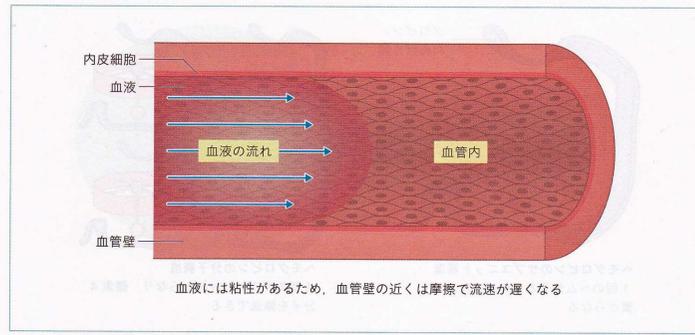
図3-14 子どもと成人の赤色骨髄

Column 骨髄

骨髄検査で骨髄を採取するときには、胸骨から採取することが多いが、骨髄移植のために大量に採取するときには寛骨から採取する。

骨髄の支質である**細胞組織**には、神経細胞や骨細胞や筋細胞など様々な種類の細胞に分化する能力をもった細胞があり、これが**骨髄間葉系幹細胞**とよばれる。この細胞を取り出して試験管内で分化させ、移植治療に用いようという再生医療の試みがなされている。

血液



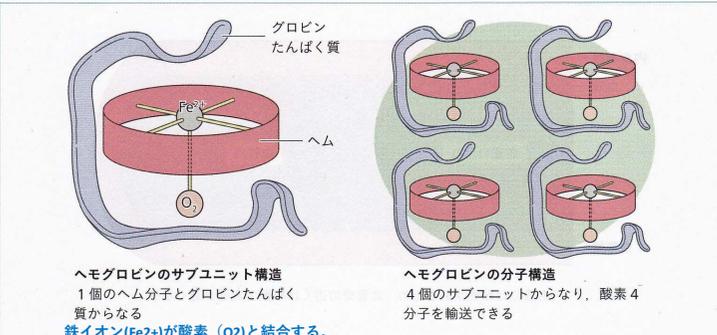
血液の流れ 血管内

血液には粘性があるため、血管壁の近くは摩擦で流速が遅くなる

図3-15 血液粘度と流速

血液粘度（粘稠度：ネンシュウド）は、血液の流れ易さの指標。
赤血球の増加、血漿タンパク質の濃度の増加、血漿水分量の低下などで血液と血管壁の間の摩擦が増加し、血液粘度は高くなる。
血中脂質（脂肪）の増加やコレステロールの増加でも、血液粘度は高くなる。

赤血球の機能



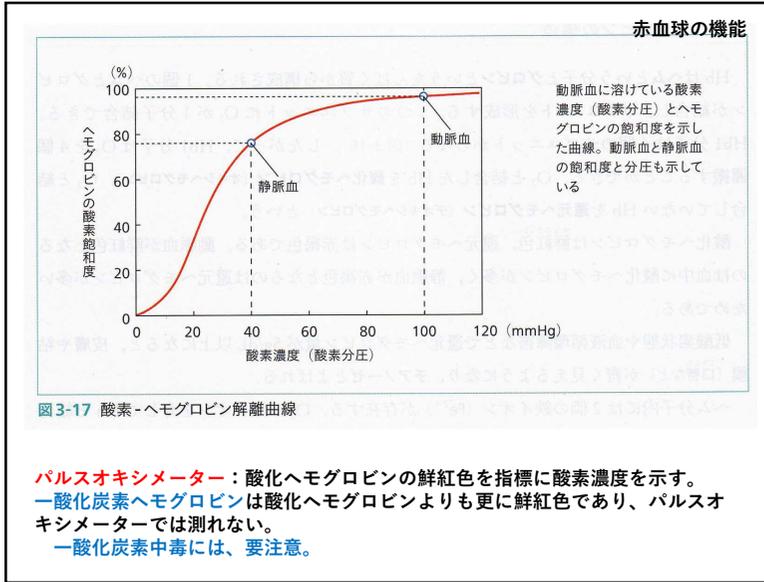
グロビンたんぱく質 ヘム

ヘモグロビンのサブユニット構造
 1個のヘム分子とグロビンたんぱく質からなる
鉄イオン(Fe²⁺)が酸素(O₂)と結合する。

ヘモグロビンの分子構造
 4個のサブユニットからなり、酸素4分子を輸送できる

図3-16 ヘモグロビンの構造

酸化ヘモグロビン（鮮紅色）： 還元ヘモグロビン（赤褐色）
 ○動脈血は、酸化ヘモグロビンが多く、鮮紅色である。
 ○還元ヘモグロビンが5g/dl以上になると皮膚や粘膜（口唇）が青く見え、チアノーゼと呼ばれる。
 ○鉄分の吸収には、胃酸(HCl)とビタミンCが必要。



赤血球の機能

Column 貧血

貧血は、血液中のヘモグロビン濃度が低下した場合に生じる。ヘモグロビン濃度が低下すると、それぞれの細胞に十分なO₂が運搬できなくなる。特に脳が低酸素状態となり、立ちくらみ（起立性低血圧）や全身倦怠感などの症状が出る。

ヘモグロビン濃度は、①赤血球の数の低下、②赤血球の大きさの低下、③赤血球当たりのヘモグロビン量の低下、のいずれかで低下する。

鉄やビタミンCやB₁₂の欠乏、骨髄での造血の異常、感染症や自己免疫疾患などでの赤血球の破壊の亢進などが原因となる。

*** 起立性低血圧：**急に立ち上がったときなどに生じる脳循環障害。貧血による低酸素血症が加わると、さらに生じやすくなる。

赤血球の機能

Column 胎児の赤血球～なぜ新生児は「赤ちゃん」なのか～

胎児型ヘモグロビン：胎児の胎盤からの臍帯静脈血の酸素分圧は35mmHgくらいしかない。35mmHgの酸素分圧では成人型ヘモグロビンは約60%しかO₂と結合することができない。したがって、O₂の運搬効率が大きく低下する。O₂の運搬効率を上げるため、胎児では成人とは異なるHbを含む赤血球が用いられる。

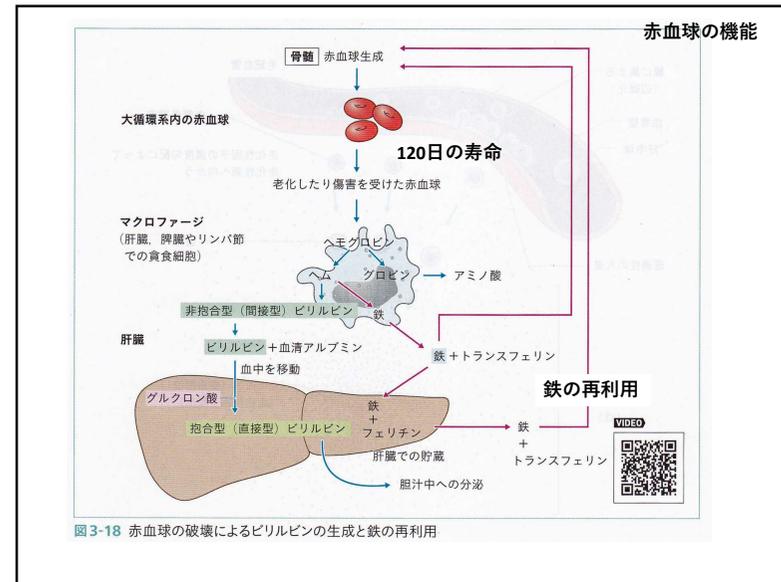
この胎児型ヘモグロビンでは、酸素-ヘモグロビン解離曲線が左側に移動したような曲線となり、同じ35mmHgの酸素分圧でも約90%のHbがO₂と結合できるようになる。そのため、低酸素状態でも多量のO₂を運搬することができる。

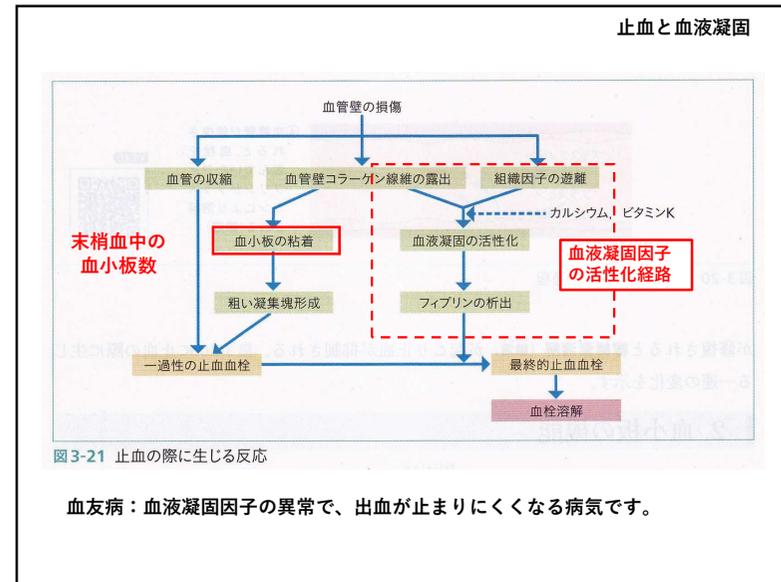
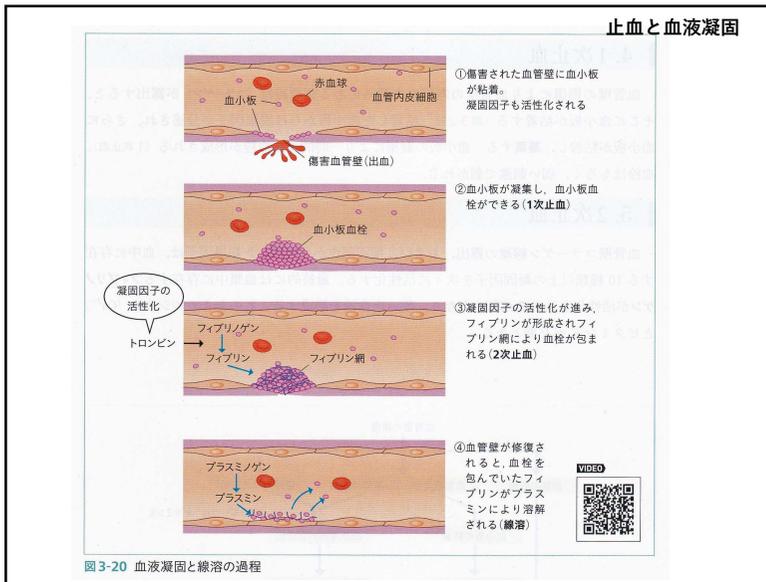
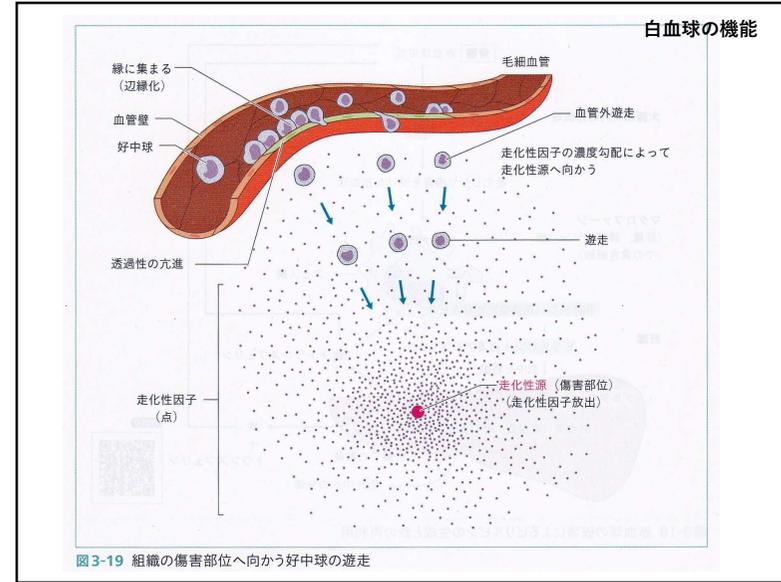
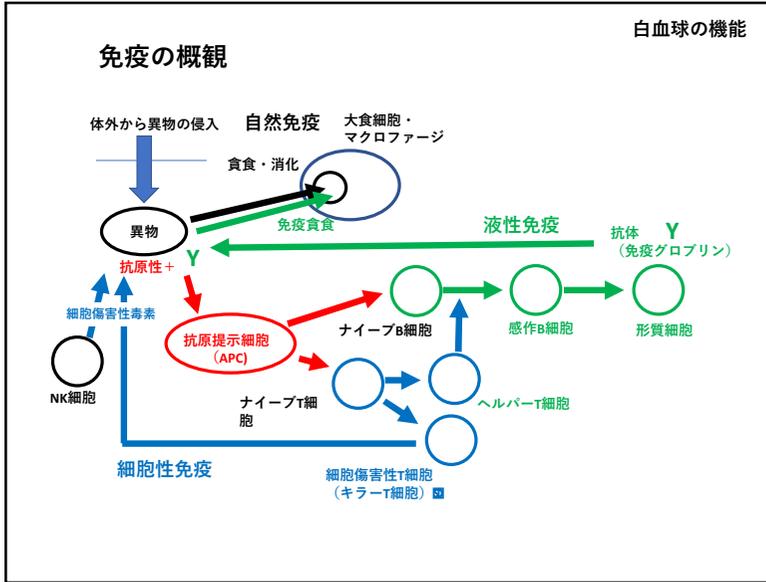
また、低酸素状態がエリスロポエチンの分泌を刺激するため、胎児は成人と比べ赤血球数が多く、**多血症**となる。出生時の新生児が赤みを帯び、文字通りの「赤ちゃん」となるのは、この多血症のせいである。

胎児型ヘモグロビンを含む血液は出産とともに破壊が始まり、成人型ヘモグロビンを含む赤血球に置き換わる。生後約1週間で破壊が促進し、一過性に貧血が生じる（**新生児生理的貧血**）。また、破壊されても過血は追いつかないため生後約3か月で貧血となる（**新生児生理的貧血**）。

図 成人型と胎児型ヘモグロビンの酸素飽和度の違い

新生児生理的黄疸
新生児生理的貧血





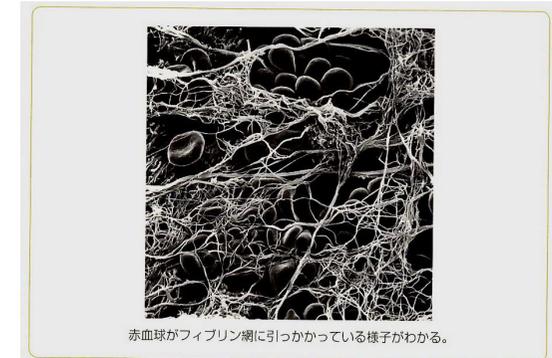
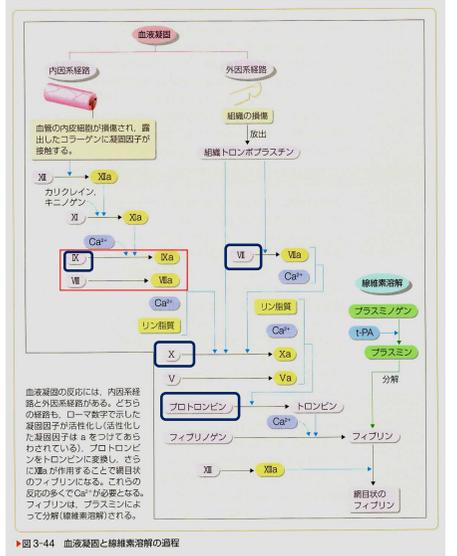
凝固線溶系

血友病：血液凝固因子の変異で、出血が止まりにくくなる病気です。

VIII因子不足の血友病Aと**IX因子不足の血友病B**があり、それぞれの血液凝固遺伝子の異常が原因と云われている。

ビタミンK欠乏症では、**ビタミンK依存性凝固因子（プロトロンビン、第VII因子、第IX因子、第X因子など）**が減少し、凝固系が機能せずに、出血傾向が生じる。

ビタミンK2は大腸菌で産生され、それをヒトは利用している。成人ではこのビタミンK2利用で、ビタミンK欠乏には陥らないが、**小児では、大腸菌叢の発達不十分で、ビタミンK欠乏となることがある。**



▶ 図 3-45 血餅(走査型電子顕微鏡像)

止血と血液凝固

Column

なぜ納豆を食べてはいけない患者がいるのか？

脳梗塞や心筋梗塞など血栓症を生じた患者は、再発防止のため、血中の血液凝固因子が不用意に活性化しないよう**ワルファリン**という薬を内服している。ワルファリンは、**ビタミンK**の活性化を抑制する薬物である。ビタミンKは多くの凝固因子の合成に不可欠な物質で、ビタミンKの低下により血液凝固が抑制される。ビタミンKは納豆に豊富に含まれており、納豆の摂取はワルファリンによって低下した体内のビタミンKを再び増加させてしまう。そのため、ワルファリンを服用している患者は医師から納豆の摂取を止められる、ということになる。

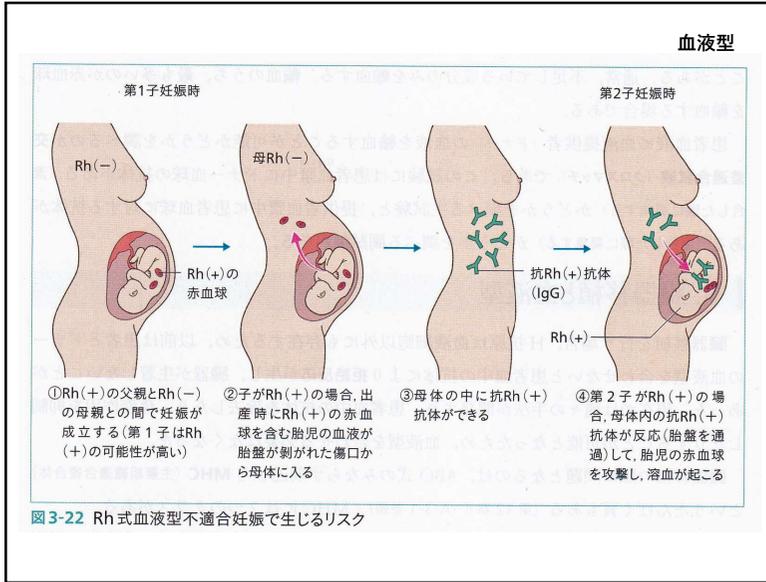
血液型と輸血

表 3-2 ABO 式血液型の性質

血液型	日本人の分布 (%)	赤血球の凝集素 (抗原)	血漿の凝集素 (抗体)
A	40	A	抗 B
B	20	B	抗 A
AB	10	A, B	なし
O	30	なし	抗 A, 抗 B

表 3-3 血液型判定試験

赤血球の凝集		
抗 A 抗体	抗 B 抗体	
		抗 A 抗体で凝集
		抗 B 抗体で凝集
		どちらも凝集
		どちらも凝集しない



看護の観点

本章に関連するおなじみ看護技術

血液検査 輸血療法 救命救急処置技術における止血法 体液の酸塩基平衡に関するアセスメント

●血液検査に関する看護技術との関連

採血の際には、血液のどの成分の検査を行うかによって、使用する物品(採血針)が違ってくる。すなわち、血算(主に赤血球・白血球・血小板の数やヘモグロビン濃度を測定)の検査が、血漿を用いた生化学検査、血球検査、あるいは血液の凝固作用が正常かどうかを調べる検査によって、採血針に入れられている抗凝固剤の種類が異なる。

これらの準備や機体の扱いに関しても、調べる血液と各成分の性質を知っていることで、ミスなく正確な検査を行うことができる。

●輸血療法における看護技術との関連

輸血療法においては、たとえば、手術や外傷などによる出血や高量の貧血が生じている場合などに、赤血球の成分輸血が行われるが、血小板濃厚液の使用されることもある。

また、例えば、血腫や肺塞栓の治療では血腫たんぱく質(アルブミンなど)が投与され、感染症や免疫低下の治療では免疫グロブリンなどの血液成分が投与されたりする。血液凝固因子を補充するため、血液成分の投与が行われることもある。これらの成分輸血についても、患者の状態とそれぞれの血液成分の働きを熟知し、それらの投与後に生じる変化をいち早くとらえることが大切である。

また、濃厚赤血球の輸血の場合、血液型の知識も必要になってくる。同じ血液型のものを輸血するのはもちろんであるが、血液型にはABO式だけでなくRh式もある。輸血による副作用などを少なくするために、輸血前の検査が行われるが、その際には、血液型の意味、原理を知らなければ、検査の方法や結果などを正しく理解することができない。

輸血を行う際には、患者氏名や血液型など必

要なことは複数人で確認しなければならない。準備の際には血液パックを上下左右に動かして混濁を避け、血液の色の変化、凝血、漏血など異常がないかを確認する。凍結血液は30〜37℃の室温で融解し、完全に融解していることを確認して輸血を行う。室温になると成分のたんぱく質が変性するため、温度管理に注意する。輸血には副作用の有無の確認を行う。このように輸血療法の実施においても血液の成分や働きに関する知識が必要となる。

●救命救急処置技術における止血法との関連

血小版や血小板は止血に関係する成分が含まれており、それらが不足している止血に時間がかかることがある。

一方、採血針や血管造影などの検査を行った際にも止血が必要があるが、その場合、使用されている血管が静脈か動脈かによって、圧迫する方法や観察する内容、患者の体動制限などに違いが生じる。

外傷などで出血が生じた場合には、止血のメカニズムや適量の働きを理解したうえで、出血部位の押しや圧迫などの止血ケアを的確に行う必要がある。出血部の圧迫では止血できない場合は、出血部位よりも近位(心臓に近い側)の動脈を圧迫したり、止血帯を締めて止血する。血管の走行(動脈)や病態の経過(例、第8、8章)との位置関係を理解しておくことも大切である。

●体液の酸塩基平衡に関するアセスメントとの関連

糖尿病、腎臓や呼吸器などの疾患、手術などでは、体液のpHが変化することがある。血液が酸性に傾くとそれを正常な状態に戻そうとする力が弱くなり、呼吸で排出したり、排泄が調整されている場合は腎臓で代謝したりするが、患者の体内でうまく調整できない場合は輸液などの治療により矯正することもある。

患者の病態を正しくとらえるためには、これらの反応を理解しておくことが必要で、患者の身体がうまくその状況に適応できるように援助する必要がある。