

保存赤血球の代謝活性の変化について

東京女子医科大学大学生化学教室 (主任 松村義寛教授)

荒 木 仁 子
アラ キ ナミ コ

(受 付 昭 和 35 年 5 月 6 日)

I 緒 言

輸血の臨床的適応が広くなるとともに血液の需要はますます増加している。ことに最近の種々の人工臓器の進歩は大量の血液を安価に供給されることを必要としてきた。この要求はより完全な血液保存法の進歩による保存血供給の完備をまつて満たされるものと思う。

体外に保持された血液の性状、そしてこの性状が保存とともにいかに変化してゆくかを知ることは血液保存法の改良進歩のためにはもはや重要なことである。

血液の生理学的役割は極めて広汎なものであるが¹⁾、そのなかでも、血漿の果す部分については乾燥血漿を始めとして種々の輸液が考案され、供給面も保存法もかなりの程度において現在の要求を満たし得ているのではなからうか。しかしながら輸血の効果の多くは単に血漿成分の補給のみでは満たされず、より完全な成分を含んでいる全血でなければその目的を遂行し得ないとされる。複雑な機構を有する有形成分に対しての安定した保存法の研究が望まれる。本報においては血液の主要成分であり、有形成分の大部分を占める赤血球の性状につき検討を加えた。

赤血球の主要な役割は酸素の運搬であり、これは赤血球の主要成分であるヘモグロビン (以下 Hb と略する) によつて行われる。しかしながら生体内において Hb がその作用を持続するためには赤血球膜によつて包まれていなければならない。赤血球の生体内での半減寿命はヒトでは約 120 日と測定されているが、生体外において保存された血液においてもその溶血現象によつて示されるように、次第に脆弱化することが認められている。このような赤血球の脆弱化に対して、低張液に対する溶血抵抗および機械的刺激 (振盪) にもとづく溶血の測定を行った。

赤血球膜は蛋白質のような巨大分子を包むばかりでなく、種々の低分子化合物に対しても選択的な透過性を示している。血漿と赤血球内容は赤血球膜を境としてそのイオン組成に著しい差異のあることが知られている。無

機陰イオンは赤血球膜をその両側から速やかに通過するが、陽イオンの透過速度はこれに比べてかなり遅い。赤血球と血漿中におけるナトリウム (Na) とカリウム (K) の比は著しい差のあることが知られているが、このような濃度勾配の形成には赤血球の代謝活性が関与するといわれている。低温における血液保存中には赤血球内への Na の侵入、赤血球よりの K の漏出が認められる²⁾ が、これは赤血球での代謝の低下を反映するものであろう。一方同様の現象は溶血前期例えば *in vitro* における X 線照射の際にも観察されている。

そこで血液保存中における赤血球膜の脆弱化と赤血球内の K の変化の関係について検索を行った。

赤血球は体内においてたえず新陳代謝を受けており、正常な循環血液は寿命 0 から百数十日までの血球のほぼ均等な混合物と考えることができる。上に述べたような、主として赤血球膜性状の変化は種々の寿命の血球に均等に起こつているのであろうか。これを低張液に対する溶血抵抗の差によつて分別し比較した。

また赤血球代謝活性の一指標として放射性無機磷酸 ($^{32}\text{PO}_4$) の有機磷酸エステル化を測定し、同様溶血抵抗の異なる赤血球について比較を行った。

II 試薬及び実験方法

1. 試薬

実験に用いた試薬は特記しない限り一級品を用いた。

水はすべて脱イオン水を用いた。

$^{32}\text{PO}_4$ は日本放射性同位元素協会から購入した。

アデノシンは Schuhardt 社製のものを使用した。

血液は特にことわらない限り、東京女子医科大学外科教室で人工心肺を回転して行つた心臓手術で用いられた血液を使用した。ヘパリンで凝固を阻止し、4°C に静置保存した。

2. 測定方法

1) 溶血度の測定

溶血度の測定には血液を遠心分離し、上清を採取する。上清 0.5 ml に対し N/10 塩酸 4.5 ml を加え混和

し、上清中の Hb を酸性ヘマチンとして比色定量した。比色計は日立製作所製の分光光度計 E P U-2A 型を用い、波長 525 mμ, スリット巾 0.05 mm, 光路長 1 cm で吸光度を測定して溶血度を求めた。

2) ナトリウム及びカリウムの測定

上清すなわち血漿相当部分の Na 及び K の測定は、日常臨床検査室で行われるのと同様の方法³⁾により、蛍光光度法を用いた。

血球中の K については、検体を遠心して上清を除き、さらに等張食塩水で 2 回洗った後^{註)} 血球 0.5 ml を氷冷した水 2.5 ml の中に加えて溶血させる。これに等量の 20% 過塩素酸を加えて混和し 10 分間放置する。ついで遠心して上清を採取し、沈殿は 10% 過塩素酸で洗い洗液をあわせ、さらに総量 20 ml, 過塩素酸の終濃度 5% とした後に蛍光光度法により K の量を測定した。

註) 等張食塩水での洗滌操作中に洗液中に漏出する K 量は、血球内総 K 量の 1.5% 以下であるので、以下の実験では誤差の中にはいり無視出来る。

3) ³²P の組み入れの測定

血液または血球浮遊液を ³²PO₄ を含む溶液と孵置した後遠心し上清を除き、さらに等張食塩水で 3 回洗う。沈殿部を計数皿に採取し秤量する。赤外燈で乾燥してからガイガーミュラー計数器で測定した。血液または血球 1g あたりの計数をもつて比較した。

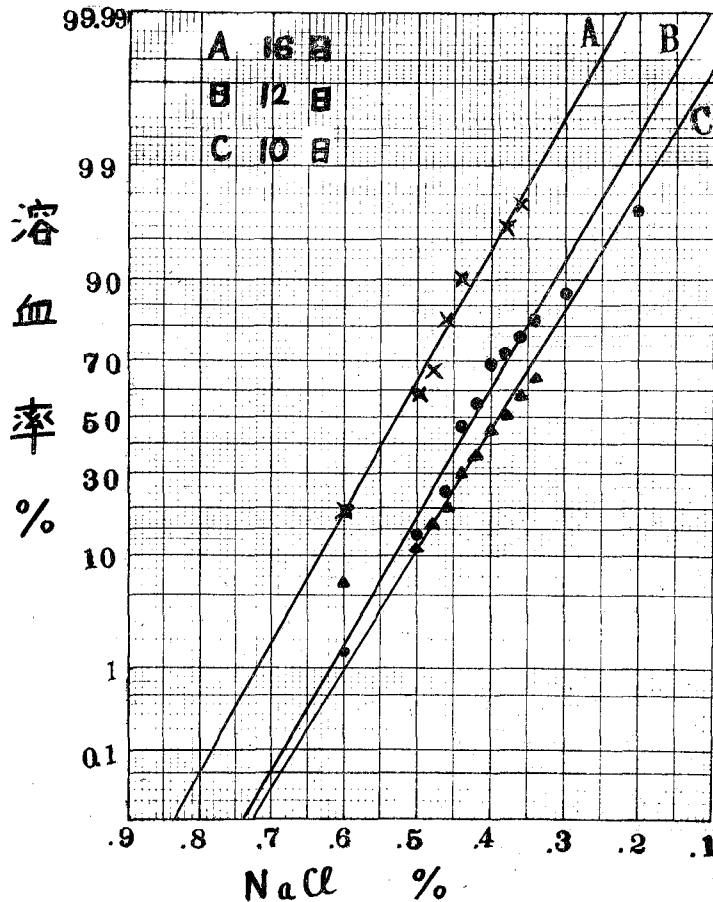
³²PO₄ は等張食塩水で希釈して用いた。

有機リン化合物中の ³²P 測定のためには孵置終了後等張食塩水で洗った赤血球に蒸留水を加えて溶血させる。溶血上清に Fiske の試薬⁴⁾を加えて上清と沈殿に分け、それぞれを乾燥後測定した。沈殿部を無機リン、上清を有機リンとした。

リンの比色定量は King⁵⁾の方法により、比色計は東京電製、フィルターは S₆₆, キュベットは直径 18 mm の試験管型キュベットを用いた。

III 実験結果

1. 赤血球の低張食塩溶液に対する溶血抵抗の保存に伴う変化



第1図 保存による溶血抵抗の変化
保存してあった人工心肺回転血から赤血球浮遊液をつくり、各濃度の低張食塩水に加え混和溶血させる。上清の Hb 量を測定し、溶血量を求める。

赤血球を種々濃度の食塩水に添加すると食塩濃度の低下に伴って溶血量が増し、塩濃度と溶血量の間にはS字状の曲線が得られる。これを確率紙を用いて図示すると近似的に直線で示し得ることが認められた(第1図)。

確率紙とはその縦軸が正規確率曲線の積分が直線になるように目盛りされており、したがって50%を中心として最も目盛りの間隔が小さく、0%または100%に近づくほど間隔が粗になるものである。

横軸(等間隔目盛)に食塩水濃度を、縦軸にそれぞれの濃度における溶血量(%)をとつて得られる直線の50%線との交点は半溶血値を示し、傾斜は溶血の進行する範囲を代表する。4°Cに静置して保存された人工心肺回転血の下層から15mlを採取し、35mlの等張食塩水と混和し3000 r.p.m. 15分間遠心する。白血球層を含めて上清を除いた後赤血球部に等張食塩水を加えてヘマトクリット値約40になるような赤血球浮遊液をつくる。

0乃至0.9%食塩水5.0mlに赤血球浮遊液0.5ml宛を加えて混和し、37°Cに30分放置の後、3000 r.p.m. 15分の遠心によって上清を分離する。上清の0.5mlを用いて酸性ヘマチン法により上清に残存するHb量を測

定し、溶血量を求める。

種々期間保存した血液について溶血量を求めたところ第1図の如き結果となった。得られる直線の傾斜は保存期間の長短によっては殆んど変化せず、保存日数の増加に伴って直線の位置が塩類濃度の濃い方へ平行移動することが認められた。

低張溶液による溶血が全く確率的に起るものであり、塩濃度の低下が溶血確率を増加させるものとは考え難く、寧ろそれぞれ個有の溶血値を有する血球の集合と考えるべきであり、確率紙によって得られる直線は全く近似的なものと思われる。しかしここに示された結果は、保存に伴って血球の脆弱化が進行し、かつその変化ほどの赤血球にもほぼ均等に起っていることを思わしめる。

2. 振盪による溶血

人工心肺回転血の約3.0mlを通常のワールブルグガラスコ(内容積約20ml)に入れ、38°Cに保たれた水槽中で毎分110回の水平振盪を加える。時間毎に一部分宛を採取し0.9%食塩水で希釈し、遠心(3000 r.p.m. 15分)して得られる上清のHbを酸性ヘマチン法により測定する。

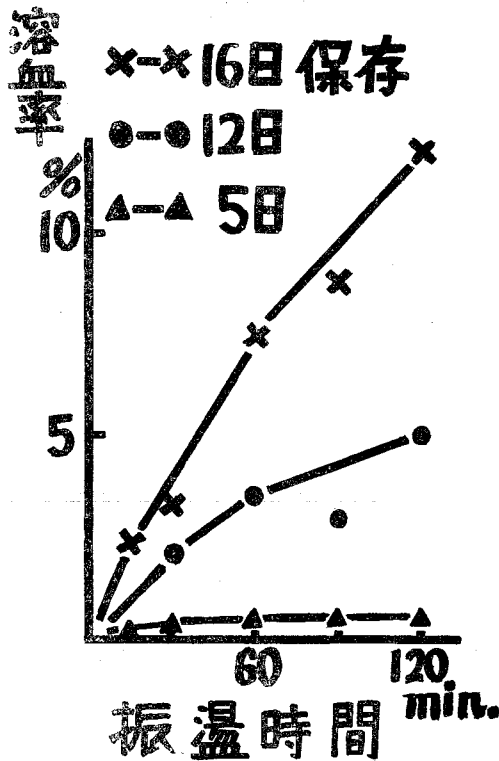
第2図に示したように、比較的長期間保存を受けた血液は振盪開始時においてすでにかかなりの溶血を示しており、振盪に伴って溶血量が増大する。体外に保存されることによつて赤血球は機械的衝撃に対して脆弱化されていることが観られる。

3. 赤血球からのカリウムの脱失

低温下で血液保存中に血漿中のKが増加しNaが減少する現象は常に認められるところである。生体内にあつては赤血球と血漿とはそれぞれにおけるNaおよびKの濃度は著しく異なっており、赤血球はKに富み、血漿はNaが主たる陽イオンである。しかもこれ等の陽イオンは赤血球膜に対して全く不透過性ではなく、陰イオンに比べれば小さいけれどもある程度の透過性は認められる。したがって赤血球膜を隔ててNaとKの濃度比の異なることはそれを達成するために何等かの代謝活性が関与しているものと考えられている。

新鮮血から血漿および白血球を除去し、100 mg/dlのブドウ糖を加えた等張食塩水に浮遊させ、4°Cで保存した赤血球浮遊液の2~6mlを50mlの三角フラスコに入れ、38°C水槽中で振盪する。4時間後赤血球を遠心して集め、さらに等張食塩水で2回洗滌後、赤血球層から試料を採取してK含量を求める。対照として4°Cで振盪した血球浮遊液についての血球中のK含量を求めた(第1表)。

4°Cで振盪した対照管の値にみられるように、赤血球内K量は保存とともに減少する。38°Cでの静置振盪の間には脱失はさらに増加していることが観察されるが、保存日数の長い血球は静置振盪前すでにK含量がより低



第2図 振盪による溶血
人工心肺回転血3mlを38°Cで振盪する。各時間毎に一部分宛とり出し、遠心上清のHb量を測定し、全溶血に対する比を求め、さらにその比の振盪開始前との差を求め溶血率とした。

第1表 赤血球浮遊液の振盪による変化

保存日数	遊離 Hb		血 球 中 K		
	4°C	38°C	4°C	38°C	△K
日	E 470		mEq/l		
2	0.020	0.063	51.1	48.8	-2.3
4	0.048	0.066	44.5	41.2	-3.3
6	1.13	7.26	40.2	34.3	-5.9
8	1.87		29.3	23.3	-6.0
10			24.1	19.0	-5.1

4°Cに静置保存した赤血球浮遊液2乃至6mlを38°Cで4時間振盪する。遠心し上清のHb量を求める。血球0.5mlを採り溶血せしめ、K量を求める。対照は4°Cで4時間振盪する。

第2表 アデノシン添加による血球内K量の変化

保存日数	対 照					アデノシン添加				
	遊離 Hb		K		△K	遊離 Hb		K		△K
	4°C	38°C	4°C	38°C		4°C	38°C	4°C	38°C	
日	E 470		mEq/l		△K	E 470		mEq/l		△K
0	0.023	0.037	43.5	45.4		1.9	0.030	0.034	43.5	
2	0.030	0.039	39.3	41.7	2.4	0.032	0.042	40.8	45.5	4.7
6	0.025	0.023	40.6	42.2	1.6	0.025	0.034	38.4	43.2	4.8
10	0.041	0.040	34.0	39.4	5.0	0.038	0.049	35.7	41.7	6.0

4°Cに静置しておいた血液3mlを4°Cまたは38°Cで4時間振盪の後遠心し上清のHb量および、血球部0.5mlあたりのK量を求める。アデノシンは血液1mlあたり1mg加えてある。

値であるにもかかわらず大量の脱失が認められ、K保持力が著しく低下していることが観察される。

前項にも述べたように、保存によつて赤血球膜の機械的衝撃に対する脆弱化がおこるが、振盪による溶血は38°Cにおける方が低温よりも大きい。本実験では5日を境として著しい溶血が観察された。しかしKの脱失は寧ろ徐々に進行しているようである。

同様の実験を赤血球浮遊液の代りに全血を用いて行った結果を第2表に示す。Kの測定は振盪後洗った赤血球について行った。この場合寧ろ38°Cでの振盪は血球内Kの増加、すなわちKの再吸収が認められた。保存日数の長いほどKの増加は大きい、これは振盪前における赤血球内K量がより低く、血漿中K濃度が高いためであろう。

振盪の際アデノシンを血液1ml当り1mgの割合に添加しておくと、Kの再吸収は増加する。

低温保存中における赤血球内Kの脱失は一つには赤血球の老化によるが、また一つには低温にあるため保持能力が低下していることも原因であろう。保存中における赤血球内エネルギー源の減少もまた保持力の低下に影響を与えていることが示された。

全血を用いた場合は溶血が小さいことが認められたが、これは赤血球浮遊液を作る際の種々の処置が赤血球膜に障害を与えるためと思われる。

第3表の実験では振盪前に血液3.0mlに対して等張塩化カリウム溶液0.5mlを添加した。対照には同量の等張食塩水を加えて振盪した。浮遊媒中のK量の増加はKの再吸収を助長するように思われる。この場合もアデノシンの添加は再吸収を増加させた(保存血使用)。

4. 溶血抵抗と赤血球内カリウム量の関係

血液の保存によつて赤血球は脆弱になり、血球内K量も低下する。血漿Hbと血球内K量の間の関係を同一血液について溶血抵抗の大小に基いて比較した。

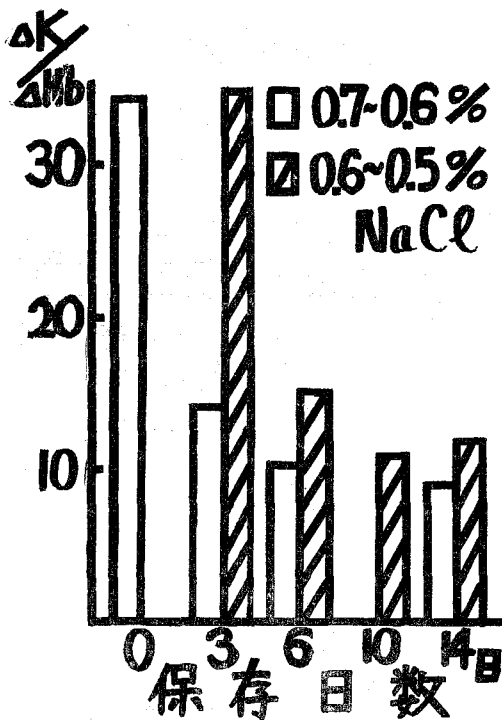
4°Cに静置保存してあつた血液を等張食塩水で洗い赤血球浮遊液としたものを9倍量の種々低張食塩水に加え

第3表 KCl添加による血球内K量の変化

アデノシン	保存日数	対 照			KCl 添加		
		K		△K	K		△K
		4°C	38°C		4°C	38°C	
	日	mEq/l		△K	mEq/l		△K
(-)	0	36.7	35.1		-1.6	35.3	
	4	27.7	28.5	0.8	28.4	29.7	1.3
(+)	0	32.0	32.2	0.2	31.4	33.9	2.5
	4	28.7	31.5	2.8	28.9	32.4	3.5

保存血3.0mlに対し等張塩化カリウム0.5ml(対照には等張食塩水0.5ml)を加え、4°Cまたは38°Cで3時間振盪する。遠心洗滌して上清を除き、血球0.5mlを採り溶血させ、上清のKを測定する。△Kは38°Cと4°CのK量の差である。アデノシンは血液1ml当り1mgの割合に加えた。

て室温(約10°C)に10分間放置し溶血させる。ついで3000 r.p.m. 15分間遠心し、上清のHb量とK量を測定する。食塩水濃度0.7, 0.6, 0.5%のそれぞれにおける値を求め、その差から0.7~0.6%及び0.6~0.5%濃度において増加したHb及びKを計算し、その比を求めた



第3図 低張液溶血抵抗とKの関係

血液を洗い血球浮遊液をつくる。これを9倍量の低張食塩水を加えて溶血させ遠心し、上清のHbおよびK量を測定する。食塩濃度0.7、0.6、0.5%のそれぞれにおける値を求め、その差から0.7~0.6%及び0.6~0.5%濃度において増加したHb及びKを計算し、その比を求めた。

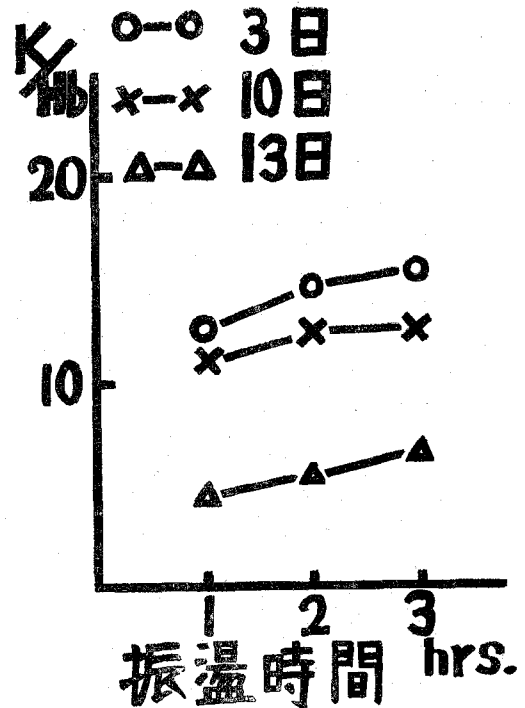
(第3図)。

保存日数の増加に伴ってK/Hbの値は低下するが、これは保存によるKの脱失を反映するものであろう。しかし同一の血液について観察すると、より高張(0.7~0.6%)で溶血する部分のK/Hbは0.6~0.5%で溶血する部分の値より小さい。したがって溶血抵抗の大なる血球ほどより大量のKを保持していることが認められる。

同じく種々保存日数の血液からの赤血球浮遊液を38°Cにて1乃至3時間振盪し、3000 r.p.m. 15分遠心し、上清に含まれるHb及びK量を測定し、その比を求めたのが第4図である。やはり保存日数の短いものほど高値であり、赤血球内K量の大きいことがみられているが、また、振盪時間の増加に伴って次第にK/Hbは大となり、したがって後で溶血する血球ほどKを大量に含有していると考えられる。

5. 溶血抵抗の異なる赤血球における磷酸エステル化能

前にも述べたように血液には種々の寿命を有する赤血球が混在している。同一の血液中においても種々の溶血



第4図

種々保存日数の血液からの赤血球浮遊液を1乃至3時間振盪する。遠心し上清にあらわれるHb及びK量を測定しその比を求めた。

抵抗を有する赤血球があり、また溶血抵抗の異なる血球は保持力にも差があることが覗かれた。Kの保持にはなんらかの代謝活性が関与すると思われ、溶血抵抗の異なる赤血球はその代謝活性にも差があると考えられる。そこで別の面から赤血球の代謝活性を知るために放射性無機磷酸($^{32}\text{PO}_4$)を用いてその有機磷酸化能を測定した。

赤血球浮遊液を放射性磷酸を含む等張食塩水(0.1%の割合にアデノシンまたはブドウ糖を加えてある)に加えて37°Cに120分温置する。遠心して集めた赤血球を等張食塩水で5回洗った後、0.5%食塩水を加えて一部分溶血させる。未溶血の赤血球を集めて蒸留水を加えて完全に溶血させる。

それぞれの溶血液にFiskeの試薬を加えて無機磷酸を除去し、上清中にとどまる放射性有機磷酸を測定する。別に溶血液中のHb量を酸性ヘマチン法で求め、放射性有機磷酸量とHbの比を計算すると第4表のごとく0.5%食塩水で溶血する部分の方が小さな値を示した。すなわち磷酸の有機化についても溶血抵抗の大きい赤血球の方がより強い活性を示していることが認められた。アデノシンとブドウ糖について比較すると、アデノシンの添加の方が溶血抵抗による差がより大きくあらわれて

第4表 溶血抵抗と³²Pの有機化能

溶血条件	添加物		アデノシン		ブドウ糖	
	区分	Hb	Org ³² P	Hb	Org ³² P	
		%	の比	%	の比	
0.5% NaCl	溶血部分	24.1	0.79	23.9	0.92	
	非溶血部分	75.9	1.07	76.1	1.04	

赤血球浮遊液 3 ml に³²P 溶液 1 ml, 等張磷酸食塩液 1 ml を加え, アデノシンまたはブドウ糖 5 mg を添加して 38°C で 1 時間孵置する。ついで等張磷酸食塩液で 6 回洗滌した後, 0.5% 食塩水 9 ml に洗滌血球 1 ml を加え 38°C に 30 分おき溶血させる。遠心し溶血部分と非溶血部分に分け, 非溶血部分はさらに蒸留水を加え完全に溶血させる。それぞれの Hb 量及び Org. ³²P を測定し, 0.5% 食塩水の代わりに蒸留水 9 ml を加え完全に溶血させたものを対照としそれぞれの比を求めた。

例 アデノシン添加, 0.5% 非溶血部分

1) Hb

$$\frac{0.5\% \text{非溶血部 Hb 量}}{\text{対照 Hb 量}} \times 100 = \frac{0.687}{0.906} \times 100 = 75.9(\%)$$

2) Org ³²P の比

$$\frac{0.5\% \text{非溶血部 Org } ^{32}\text{P}}{0.5\% \text{非溶血部 Hb}} \bigg/ \frac{\text{対照 Org } ^{32}\text{P}}{\text{対照 Hb}} = \frac{556}{0.687} \bigg/ \frac{688}{0.906} = 1.07$$

IV 考 案

1. 浸透圧溶血抵抗

浸透圧溶血抵抗については幾多の研究があり⁶⁾, 血球の脆弱性と溶血抵抗の関係についても報告が多い。Davis et al.⁷⁾ は放血の前後においてラットの赤血球溶血抵抗を測定したところ, 放血後の血球は溶血抵抗が非常に低下したと報告し, その原因を新しい赤血球の出現に求めている。また Gabrio 及びその共同研究者達は, *in vitro* で保存した場合の血球の溶血抵抗について報告し, 幼若赤血球の方が古い赤血球よりも抵抗が弱いと報告している。そのほか多くの人々の報告はいずれも Davis や Gabrio と軌を一にしているが, Pranker⁸⁾ は 1958 年赤血球の老化について報告し, 血球を遠心によつて新しいものと古いものに分け, それぞれの溶血抵抗を測定したところ, 採血直後の新鮮血では新旧の血球の間で差がなかったが, 24 時間孵置した後の血球では古い血球の方が溶血抵抗が低下したと報告している。

2. 振盪による溶血

保存による赤血球膜の脆弱化は, 機械的刺激に対する抵抗力によつてうかがうことができる。

ワールブルグ検圧計を利用し, 毎分 110 回の水平振盪を加えると, 保存期間の短い血液は振盪開始直後にやや溶血を示すが, それ以上の増加はない。保存期間の延長に伴つて溶血量も増加し, 溶血の進行時間もより長くなる。

保存血の性状変化については種々の報告があるが, 静置保存した場合の溶血の進行は 5 乃至 7 日以後急激に進行するという。37°C での振盪は溶血促進の因子として働き, 本実験では脆弱化は認められたが, 詳細の観察は困難であつた。

3. 赤血球内カリウムの変動

赤血球内成分と血漿ではその組成がはなはだしく異なっている。ことに低分子無機イオンにおける組成の差異は, 筋効果すなわち赤血球膜に存在する細孔と溶質分子の大きさの比較のみによつては説明し得ない。なんらかのエネルギー代謝機構が関与しており, したがつて生物学的活性によつていることは明らかである。

赤血球はかなり活潑なエネルギー代謝を行つているが他の組織とは異なり脱炭酸過程を欠き, したがつて TCA 回路をもたず, そのエネルギーの大部分は Embden-Meyerhof の解糖系に仰いでいる¹⁰⁾。イオンの能動輸送と解糖現象の関連性¹⁾については多くの研究がなされ, 著者の赤血球浮遊液及び血液についての実験もこの間の関係を示唆している。

血液を 4°C に保存することによつて血中の K が血漿へと漏出する現象は早くから認められていることである¹²⁾。種々日数保存した血液の低張食塩水 (0.5% 食塩水溶液) に加えて得られる部分溶血の遠心上清中の Hb 及び K を測定すると, 保存日数の長い試料ほど Hb 及び K の量は多くなっている。しかし K/Hb の値は逆に長い保存を経たものほど小さい。これは保存によつて赤血球が脆弱化されたこと, また赤血球内 K が漏出したことで説明されよう。

同一保存日数の血液を用いて 0.7~0.6%, 0.6~0.5% のそれぞれの低張食塩水で遊離する K と Hb の比を求めると, より低張液に抵抗する部分, すなわち溶血抵抗の大きいものほど高値を与える。このことは K の漏出はすべての赤血球において均等におこるのではなく, より脆弱な血球ほど大量の K を失つていることを思わせる。この関係は浸透圧溶血に対してのみならず, 振盪による機械的衝撃に対する抵抗力についても同様のことが観察された。

4. K の再吸収

低温においての保存中に漏出した K が, 38°C に孵置すると再び赤血球内にとりこまれることがブタの血液¹³⁾において認められている。また Gabrio¹⁴⁾ らは 3 週間保存したの血液を 38°C でアデノシンとともに孵置すると有機磷酸の再生, 浸透圧溶血抵抗の増強とともに, 赤血球内カリウムの増加することを報告している。著者のヒト血液による実験は, 単に全血を 38°C に孵置したのみで, すでに K の再吸収を示しアデノシンの添加は K の再吸収を増加させるのに役立つ。

5. 磷酸の固定化

第4表に示すごとく、燐酸の有機化は溶血抵抗の大なる赤血球の方がより強い活性を示していることが認められた。

先に Pranker⁹⁾ は、古い赤血球の方が溶血抵抗が弱いことを報告しており、またK含量は若い赤血球に、Na含量は古い赤血球に多かつたが、燐酸エステルについては差がなかったと報告している。彼の実験は遠心によって新旧の赤血球にわけており、著者は溶血抵抗の差によって強弱を分けたが、いずれも古い赤血球の方が活性が弱いという点で一致した見解をとつている。

アデノシンとブドウ糖について比較すると、アデノシンの添加の方がより大量の燐酸有機化が起ることが観察された。

V 結 語

種々の条件下に体外におかれたヒト血液の性状変化を追求し、次の結果を得た。

1) 保存に伴つて、血球の脆弱化が進行し、かつその変化は種々の血球にほぼ均等に起つている。

2) 38°Cでの振盪は赤血球の脆弱化を促進する。

3) Kの漏出はすべての赤血球において均等に起るのではなく、より脆弱な血球ほど大量のKを失つている。この関係は浸透圧溶血抵抗及び機械的衝撃に対する抵抗性の両方とも観察された。

4) 血液を38°Cで静置振盪するとKの再吸収がみられ、これはアデノシンの添加によつて助長される。

5) 溶血抵抗の大なる血球はより活性度が大であり、種々の性状変化は余命の短い赤血球についてより大きく現われている。

本論文の一部の要旨は第31回日本生化学会総会(昭和33年7月15日、於北海道大学)および日本輸血学会第26回関東支部例会(昭和35年2月11日、於東京女子医大)に発表した。

終りに臨み御指導並びに御校閲を賜つた松村義寛教授及び松村剛講師に深甚なる謝意を捧げます。また材料の供与をうけた本学付属心臓血圧研究所に感謝致します。

引用文献

1) **Gabrio, B.W., Finch, C.A. and Huennekens, F.M.** : Erythrocyte preservation : A topic in molecular biochemistry. *Blood*, **11** 103 (1956)

2) **Green, I.M.** : Sodium and potassium movement in human red cells. *J. Physiol.*, **134** 278 (1956)

3) **松村義寛** : 炎光光度計による体液中ナトリウム、カリウムの分析. 産婦人科の世界, **8** 380 (昭31)

4) **化学の領域編集委員会編** : アイソトープ実験技術第1集 第2版 南江堂 東京 (1957)

5) **King, E.J.** : The colorimetric determination of phosphorus. *Biochem. J.*, **26** 292 (1932)

6) **丹野楯彦** : 人の赤血球の構造と溶血現象について. 生体の科学, **3** 243 (1952)

7) **Davis, M.W., Bigelow, J.D. and Alpen, A.L.** : Changes in red cell volume and osmotic fragility of erythrocytes in the rat following acute blood loss. *Am. J. Physiol.*, **178** 17 (1954)

8) **Gabrio, B.W., Finch, C.A., Linde, W. and Rupen, A.** : Erythrocyte preservation. I. The relation of the storage lesion to *in vitro* erythrocyte senescence. *J. Clin. Invest.*, **33** 242 (1954)

9) **Pranker, T.A.J.** : The aging of red cells. *J. Physiol.*, **143** 325 (1958)

10) **黒田嘉一郎** : 赤血球の酵素. 生体の科学, **9** 298 (1958)

11) **Whittan, R.** : Potassium movement and ATP in human red cells. *J. Physiol.*, **140** 479 (1958)

12) **Maizels, M.** : Cation control in human erythrocytes. *J. Physiol.*, **108** 247 (1949)

13) **Kirschner, L.B. and Harding, N.** : The effect of adenosine on phosphate esters and sodium extrusion in swine erythrocytes. *Arch. Biochem. Biophys.*, **77** 54 (1958)

14) **Gabrio, B.W., Donohue, D.M. and Finch, C.A.** : Erythrocyte preservation. V. Relationship between chemical changes and viability of stored blood treated with adenosine. *J. Clin. Invest.*, **34** 1509 (1955)