

# 放射性同位元素 $^{51}\text{Cr}$ 을 利用한 赤血球壽命 測定에 關한 考察

$^{51}\text{Cr}$ -赤血球壽命 測定法の 再評價와 失血이 壽命測定에  
미치는 影響에 關한 研究

서울大學校 醫科大學 內科學教室

崔學龍 · 高昌舜 · 李文鎬

=Abstract=

## Study on the Measurement of $^{51}\text{Cr}$ -tagged Red Cell Survival

—Reevaluation of its method & the effect of Blood loss  
on red cell survival with  $^{51}\text{Cr}$ —

Hak Yong Choi, M.D., Chang-Soon Koh, M.D. and Moonho Lee, M.D.

*Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University*

Reappraisal measurements of apparent half survival time of red cell by  $^{51}\text{Cr}$  method was made and effects of blood-letting over red cell survival were observed.

The study was performed on 53 normal male subjects under three different experimental conditions.

### 1. Group 1

Mean  $^{51}\text{Cr}$  red cell half survival by ACD wash method was 29.7 days.

$T_{1/2}$  of Ascorbic acid method was 29.0 days in group with 100 mg dose and 29.1 days in group with 50 mg dose respectively.

There was no difference between these two methods in regards to red cell half survival. No difference were noted in amount of ascorbic acid administered.

### 2. Group 2

As daily amount of blood loss is increased the shortening of red cell half survival was noted. Rapid phase was seen when blood loss ranged 10 to 25 ml per day, while slow phase noted when more loss amounted 25 ml or more daily. Thus, it was clear that there was more than an exponential relation between  $T_{1/2}$  and the amount of blood loss.

### 3. Group 3

$T_{1/2}$  measured by cpm per whole blood was within normal range and  $T_{1/2}$  measured by cpm per red cell mass showed shortening tendency when compared with the former in the group measured after blood loss (from 25 ml daily up to 100 ml daily in 10 days). In the group with rather constant blood loss of 100 ml daily for 10 consecutive days revealed the significant difference in two

measurements ( $P < 0.01$ ).

#### 4. $T_{1/2}$ in non-steady state

When red cell production is increased compared with red cell destruction,  $T_{1/2}$  measured by cpm per red cell mass being shorter than that by cpm per whole blood. Shortening of  $T_{1/2}$  measured by cpm per whole blood is more prominent, if red cell destruction is enhanced and exceeds production.

5. It is clear that when expressing red cell destruction rate,  $T_{1/2}$  measured by cpm per whole blood is more adequate and production more consistent with cpm red cell mass.

6.  $T_{1/2}$  measured during blood-letting, when corrected by amount of blood loss, it remains normal. It is erroneous to use conventional equational when measuring  $T_{1/2}$  in non-steady.  $T_{1/2}$  measured by cpm per whole blood is considered more applicable in clinical evaluation.

### 緒 論

血液疾患 특히 溶血性, 病變을 수반하는 疾患의 原因을 규명하는 데는 赤血球의 生成 및 그 파괴과정을 정확히 파악하는 것이 대단히 重要한 일이며 특히 赤血球의 수명측정은 病因 治療 및 豫後를 決定하는 데 大端히 重要하다.

赤血球의 수명측정은 1919年 Ashby<sup>1)</sup>가 발전시킨 differential agglutination 方法이 利用되었으나 方法이 복잡하다는 以外에도 여러가지 단점을 가져 새로운 赤血球의 수명측정법이 연구되어 왔다. 그러나 最近 임상영역에서 가장 많이 이용되고 있는 赤血球 壽命測定法은 1950年 Gray와 Sterling<sup>2)</sup> 등이 창안한  $^{51}\text{Cr}$ 에 의한 赤血球 壽命測定法이며 이 方法은 Ashby法의 단점을 제거하였을 뿐만 아니라 여러가지 利點을 가지고 있다. 즉  $^{51}\text{Cr}$ 은 시험관 내에서 용이하게 적혈구에 표지시킬 수 있으며 일단 표지된  $^{51}\text{Cr}$ 은 적혈구의 수명이 끝날 때까지 떨어지지 않고 또 사멸된 적혈구에서 유리된  $^{51}\text{Cr}$ 은 다시 新生된 적혈구에 再利用되지 않는다는 利點 이외에 그 반감기가 27.8일로 평균 적혈구 수명 기한내에 있어 인체에 대한 방사성장해를 고려할 필요가 없을 뿐더러 표지량으로는 적혈구 자체에 아무런 영향도 미치지 않는다는 것이다. 이 方法이 널리 이용되고 있음에도 불구하고 아직까지 赤血球 壽命測定에 많은 要因들이 영향을 미쳐 표준화되지 못하여 연구자마다 조금씩 다른 變法<sup>3,4,5,6,33)</sup>을 사용하고 있으며 또 이 方法論에 대한 文獻報告도 매우 적다. 또 赤血球 壽命測定值의 해석과 이해에도 많은 혼란을 갖고 있는 실정이다.<sup>5)</sup>

1967年度 부터 國際 血液學會의 한 分科委員會인 ICSH(International Committee for Standardization of Hematology)가 주가 되어 放射性 同位元素를 利用한

赤血球 壽命測定에 關한 檢討가 展開되고 있다.

著者は  $^{51}\text{Cr}$ 을 利用한 赤血球 壽命測定法을 檢討하는 한 便 特別히 失血로 인한 非平衡狀態(unstationary state) 때 測定值에 미치는 영향을 觀察하여 몇가지 成績을 얻어 이에 報告하는 바이다.

### 實驗對象 및 方法

對象者는 供血(希望)者로서 檢查室所見 및 理學的所見이 正常인 20~30歲의 靑壯年으로 總 53名이었으며 實驗條件에 따라 다음의 3群으로 區分하였다. 即 第1群:  $^{51}\text{Cr}$ -標識赤血球에 의한 赤血球 壽命測定 方法을 檢討 比較하기 爲하여

1) 10名에서 ACD method<sup>4)</sup>(以下 wash method라 칭함)

2) 8名에서 ACD with ascorbic acid method<sup>14)</sup>(100 mg Ascorbic acid 投與群: 以下 ascorbic acid method라 略記)

3) 4名에서 2)의 方法에 ascorbic acid 50 mg를 投與 第2群:  $^{51}\text{Cr}$ -群標識赤血球法을 使用하여 失血이 赤血球 壽命에 미치는 影響을 觀察하기 爲하여 測定期間 동안 계속 瀉血하였으며 14日 동안 1日 10 ml(3名), 25 ml(3名), 50 ml(4名), 75 ml(2名) 및 100 ml(6名)을 各各 瀉血하여 赤血球 壽命(所謂 赤血球 半減殘生 壽命(apparent half survival time 以下  $T_{1/2}$ 로 略記)을 測定하였다.

第3群: 失血後의 赤血球  $T_{1/2}$ 에 미치는 影響을 보기 爲하여 13名에서 1日 25 ml(2例), 50 ml(3例), 75 ml(4例) 및 100 ml(4例)을 各各 10日 間 瀉血後  $T_{1/2}$ 을 測定하였다.

### 檢 查 方 法

#### 1) $^{51}\text{Cr}$ 標識法

Gray와 Sterling<sup>2)</sup>法 이래 많은 方法이 考按되어 使

用되고 있으나 아직까지 統一된 方法이 없이 실시되고 있다. 이들中 많은 論點이 되는 法은 ACD method<sup>4)</sup> (=wash method), ACD with ascorbic acid method<sup>14)</sup> (=Ascorbic method) 및 citrate wash method<sup>3)</sup>로 著者들은 <sup>51</sup>Cr 標識法에 根本 差異點이 <sup>51</sup>Cr 과 赤血球를 貯置시킨 뒤 標識되지 않은 <sup>51</sup>Cr 의 處理에 Standard ACD method 과 citrate wash method 는 0.9% NaCl 로 세척하는 代身 ascorbic acid 100 mg 를 使用한다는 것이기 때문에 이 方法間에 測定值의 差異有無를 觀察하는 簡便 投與하는 ascorbic acid 量이 測定值에 미치는 影響도 아울러 觀察하였다.

2) 赤血球壽命測定法

赤血球壽命은 <sup>51</sup>Cr 標識赤血球의 放射能이 半減되는 赤血球半減殘生壽命(Apparent half survival time; T<sub>1/2</sub>) 으로 表示하였다.

<sup>51</sup>Cr 標識 및 壽命測定法은 다음과 같다.

赤血球 壽命測定 을 爲한 <sup>51</sup>Cr 標識의 標準方法

1.1. 靜脈穿刺에 依해 消毒된 注射器에 血液을 採取하여, ACD 法인 경우 血液 10 : acid-dextrose-citrate (ACD) 溶液 1.5 를 섞고, citrate 세척法인 경우 血液 1 : citrate-phosphate-dextrose 溶液 2 를 加하여 混合한다.

1.2\* 1000~1500 gm 에서 5~10 分間 遠沈한다.

1.3\*\* 아스코르빈 酸法의 使用時에는 血漿을 無菌狀態로 採取, 貯藏하고, 可能한 限 모든 buffy coat(白血球)를 赤血球의 損失 없이 除去하고 다시 血漿을 加하여 잘 混合한 後 packed cell volume(PCV)을 測定한다(microhematocrit 法)

1.4\* 上層液의 血漿을 分離할 때 赤血球의 損失이 없도록 注意한다. 白血球數가 25,000/mm<sup>3</sup> 以上일 경우, buffy coat 는 꼭 除去할 必要가 있으며, 나머지 試料은 數回 거꾸로 세워 잘 混合한다.

1.5. 無菌狀態의 Na<sub>2</sub><sup>51</sup>CrO<sub>4</sub>를 천천히 그리고 계속적 으로 血液에 加하여 混合시킨다. 投與하는 放射線量은 最少限으로 하며 어떤 경우에도 2 μCr/kg(體重)을 넘지 말아야 한다. 同位元素는 packed red cell ml 當 使用되는 chromium 이 2 μg 以下가 되는 比放射能을 가진 것을 使用한다. 또 이때 添加하는 同位元素의 容積은 0.2 ml~1.0 ml 가량되게 하고, 必要한 경우 生理食鹽水를 使用하여 稀釋한다.

同位元素와 血液의 混合도 無菌의 이어야 한다.

1.6. 37°C 의 水溫槽에 15 分間 둔다.

1.7.\* 溶液의 4~5 倍되는 量의 生理食鹽水로 2 回 세척한다.

1.8.\* 消毒된 生理食鹽水로 施注하기 適當한 10 ml 로 만들고, 特定한 경우, 가령 小兒의 경우, 適當히 줄인다.

1.9.\*\* 100 mg 의 無菌狀態의 아스코르빈酸을 加한다.

1.10.\*\* 試料을 再 靜注한다. 만약 血液量을 同時에 測定할 경우, 適當量을 標準試料로 保管한다.

1.11. 10 分 및 60 分後 靜注한 팔의 反對 腕에서 血流鬱滯가 거의 없게한 狀態에서 血液을 採取한다. 採血時의 凝血을 막기 爲하여 抗凝血劑로 固型 heparin(0.1 mg/ml of blood)나 EDTA(1mg/ml of blood) 를 使用한다.

1.12. 同一人에서 24 時間後 다시 血液을 採取하고 (第 1 日), 第 2 日과 7 日 사이에 3 回, 以後 3 週間 最少 週 2 回의 試料을 採取한다. 小兒에서는 採血時 除去되는 血液量이 總赤血球 容積에하여 有意할 程度가 안되도록 注意한다.

1.13. Hemoglobin(g/100 ml)를 hemoglobin cyanide 法으로, 혹은 PVC 를 microhematocrit 法으로 測定한다.

1.14. 10 分 및 60 分에 採取된 血液의 試料을 溶血되지 않도록 하고, 이들 하나씩을 血漿補正을 爲하여 遠沈하여 둔다.

1.15. 放射能의 測定을 爲해 試料을 잘 混合하고 이 目的으로는 mechanical rotary mixer 에서 5 分間 混合하는 것이 좋다.

2~3 ml 의 全血을 少量의 saponin 粉末이 있는 試驗管에 옮기고, 管의 cap 에 試料이 묻지 않게 注意하며 조용히 흔든다. 옮겨진 量은 正確히 알고 있어야 하며 同一한 容積으로 하는 것이 좋다.

Pipetting 의 誤差를 적게하고, 測定時의 正確性을 期하기 爲하여 同一形의 pipette 를 골라서 使用하는 것이 좋다. 다른 方法으로, 1 ml 의 tuberculin 注射器를 全部 使用하는 것도 可能하다. 實際 測定時는 試料을 二重으로 準備하는 것이 좋을 것이다.

1.16. 各 試料의 放射能은 統計誤差 ± 2% 程度에서 測定되어야 한다.

\* Ascorbic acid 法 使用時 除外

\*\* 세척法 使用時 除外

試料의 放射能은 全血單位量(c.p.m./whole blood, ml) 및 赤血球質量單位(c.p.m./red cell mass)으로 各各 表示하였다.

3) 血液像, 血清鐵(Barkan 의 變法) 및 糞便內의 潛出血 反應(Benzidin 法)을 各各 檢査期間中 測定하였다.

**實驗成績**

**第1群**

1) ACD法

ACD法으로  $^{51}\text{Cr}$ 를 標識한 赤血球를 利用하여 赤血球壽命( $T_{1/2}$ )을 測定한 8例의 血液像 및 投與하는 放射能量 및 注入한 放射能量과  $T_{1/2}$ 을 보면 Table 1과 같다. 卽 이들의  $T_{1/2}$ 은 27.0~30.0日 사이에 있었으며 平均 29.7日이었다.

이때  $^{51}\text{Cr}$ 의 體重 kg當 投與한 放射能은 1.4~1.6  $\mu\text{Ci}$ 며 平均 1.5  $\mu\text{Ci}$ 이었고 이 量은 最大 許容量 以下이었다. 投與量은 0.2~0.6 ml로 추천되는 0.2~1ml內에 있었다.  $^{51}\text{Cr}$ 의 比放射能(Specific activity)은 2  $\mu\text{Ci}/\text{ml}$

ml packed red cell(充填赤血球量) 以下이었다.

2) ACD with ascorbic acid method(100 mg)

正常의 血液像 및 糞便內의 潛出血反應이 陰性인 10例의 實驗群에 投與한  $^{51}\text{Cr}$ 의 radioactivity와 dose, volume 및  $T_{1/2}$ 을 보면 Table 2와 같다.

이들의  $T_{1/2}$ 은 28.0~30.0日로 平均 29日이었으며 이때  $^{51}\text{Cr}$ 의 體重 kg當 投與한 radioactivity은 1.0~1.7  $\mu\text{Ci}$  平均 1.28  $\mu\text{Ci}$ 이었으며 投與量은 0.5~0.9 ml이었다.

3) ACD with ascorbic acid method(50 mg)

4名에서 實施한  $T_{1/2}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ 의 radioactivity의 dose 및 volume을 보면 Table 3과 같다.

卽  $T_{1/2}$ 은 28.0~30.0日로 平均 29.1日이었으며 投

**Table 1.  $^{51}\text{Cr}$  red cell survival time in normal subjects with standard ACD method.**

Case	Sex	Age	B.W.(kg)	Hb(gm/dl)	Hct(%)	occult blood	administered dose		$T_{1/2}$ (Day)
							$\mu\text{Ci}/\text{kg}$	volume(ml)	
BKS	M	23	60	14.2	40	—	1.6	0.2	30.0
OKC	M	23	60	14.9	45	—	1.6	0.2	30.0
YYS	M	23	65	41.2	42	—	1.5	0.2	20.0
KJS	M	24	64	14.6	43	—	1.5	0.2	29.8
LJS	M	22	62	13.5	40	—	1.5	0.5	28.0
KYC	M	22	62	14.5	45	—	1.5	0.5	30.0
KCI	M	20	55	13.8	43	—	1.4	0.5	27.0
KYJ	M	21	58	16.0	47	—	1.4	0.6	30.0
Range		20~24	55~65	13.5~14.5	40~47		1.4~1.6	0.2~0.6	27.0~30.0
Mean							1.5		29.7

**Table 2.  $^{51}\text{Cr}$  red cell survival time in normal subjects with ascoric acid method. (Ascorbic Acid, 100 mg)**

Case	Sex	Age	B.W.(kg)	Hb(gm/dl)	Hct(%)	occult blood	administered dose		$T_{1/2}$ (Day)
							$\mu\text{Ci}/\text{kg}$	volume(ml)	
KDK	M	23	66	17.2	51	—	1.7	0.9	30.0
KDS	M	25	58	16.5	50	—	1.5	0.9	29.0
HMD	M	20	62	13.6	45	—	1.5	0.8	28.0
KSW	M	20	58	14.5	46	—	1.3	0.8	29.0
KHB	M	20	63	16.5	50	—	1.3	0.8	29.0
CSH	M	23	56	17.0	46	—	1.3	0.6	30.0
CCW	M	20	60	15.0	49	—	1.1	0.6	29.6
HSW	M	21	64	16.0	45	—	1.0	0.5	29.0
CNK	M	23	62	15.0	47	—	1.0	0.5	29.0
KBS	M	27	57	14.0	41	—	1.1	0.5	28.0
Range		20~27	56~66	13.6~17.2	41~51		1.0~1.7	0.5~0.9	28.0~30.0
Mean							1.28		29.0

**Table 3.  $^{51}\text{Cr}$  red cell survival time in normal subjects with ascorbic acid method. (ascorbic acid, 50 mg)**

Case	Sex	Age	B.W. (kg)	Hb(gm/dl)	Hct(%)	occult blood	administered dose		$T_{1/2}$ (day)
							$\mu\text{Ci/kg}$	volume(ml)	
CDH	M	24	65	13.8	42	—	1.3	0.2	30.0
PYH	M	25	60	14.3	42	—	1.5	0.2	28.4
SIK	M	23	57	13.7	38	—	1.5	0.2	28.0
KKH	M	21	62	14.5	45	—	1.5	0.2	30.0
Range			57~65	13.7~14.5	33~45		1.3~1.5	0.2	28.0~30.0
Mean							1.4		29.1

與한  $^{51}\text{Cr}$  의 radioactivity 은 1.4/B.W. kg 이었으며 volume 은 0.2 ml 이었다.

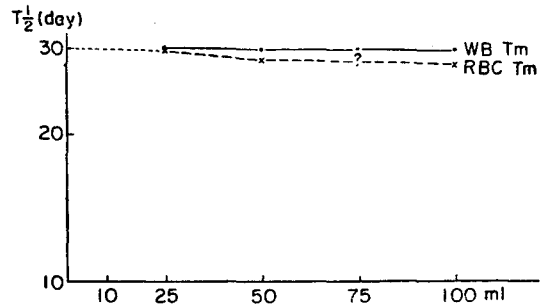
4) ACD method(wash method) vs ACD with ascorbic acid(ascorbic acid method):

$^{51}\text{Cr}$  를 赤血球에 標識시키는 方法外에  $T_{1/2}$  을 測定하는 다른 條件을 같이 한 後 測定된  $T_{1/2}$  은 wash method에서 29.7 day. ascorbic acid method에서는 100 mg 을 使用時 29.0 日 50 mg 을 使用時 29.1 日로 이들 測定值( $T_{1/2}$ )에는 相互 有義한 差가 없었다.

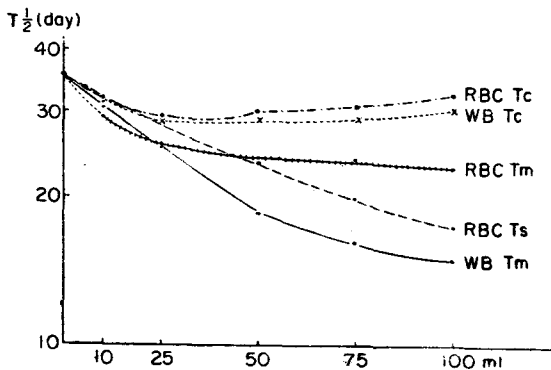
**第 2 群**

1 日 10 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml 및 100 ml 式 14 日間 瀉血하는 동안 測定한 各 實驗例의 血液像 및  $T_{1/2}$  를 보면 Table 4, Fig 1 에서와 같았다. 即  $T_{1/2}$  值를 보면 c.p.m./red cell mass ml로 測定한 値는 各各 25.5 日 24.0 日, 24.0 日 및 22.8 日이었으며 瀉血時 消失된  $^{51}\text{Cr}$  의 放射能을 다음의 公式에 依하여 校正(RBC Tc)하여 31.2 日, 29.2 日, 30.1 日 및 31.6 日이었다.

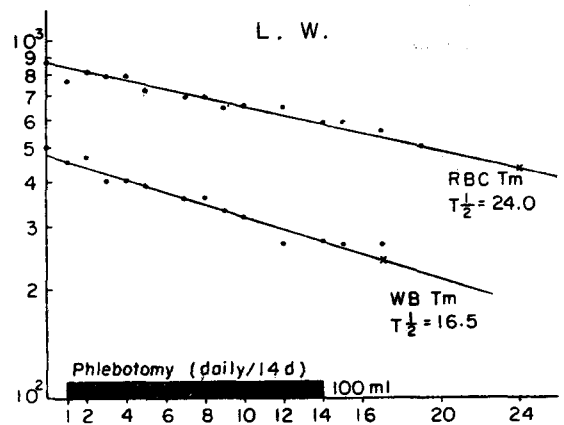
$$N \text{ 日 補 正 比 放射能} = \frac{\text{Removed RBC Volume}}{\text{Total Red Cell Volume}} \times (0 + \text{1st day} + \dots + (N-1)\text{th measured S.A.}) + \text{measured S.A. at Nth day}$$



**Fig. 2. Effect after acute blood loss on  $^{51}\text{Cr}$  red cell half-life( $T_{1/2}$ ) measured with various condition**



**Fig. 1. Effect of acute blood loss on  $^{51}\text{Cr}$  red cell half-life ( $T_{1/2}$ ) measured under various condition**



**Fig. 3.  $^{51}\text{Cr}$  red cell half-life  $T_{1/2}$  (Cl) during blood-lettings in the amount of 100 ml daily for 14 days.**

Table 4. Average hematological value <sup>51</sup>Cr red cell survival time during blood letting.

phlebotomy ml/day	no. ofe Cas	Hb(gm/dl)		Hct(%)		Serume Fe (ug/dl)		<sup>51</sup> Cr red cell half life				
		begin	end	begin	end	begin	end	RBC Tm	RBC Tc	WB Tm	WB Tc	RBC Ts
10/14	3	15.1	14.9	45.3	44.7	132.7	108.5	29.3	31.2	29.5	30.5	32.0
25/14	3	14.6	14.1	44.5	44.0	131.6	112.2	25.5	29.2	25.0	29.0	28.2
50/14	4	14.3	12.6	41.5	36.0	109.9	68.4	24.0	30.1	18.0	28.6	23.4
75/14	2	13.0	12.2	41.0	37.0	97.9	63.6	24.0	31.0	16.2	28.5	20.0
100/14	6	14.3	13.0	43.5	38.8	104.4	64.4	22.8	31.6	14.9	30.0	17.5

RBC Tm: <sup>51</sup>Cr-RBC T<sub>1/2</sub> measured with cpm/ml of red cell mass.  
 RBC Tc: Corrected RBC Tm for RBC loss.  
 RBC Ts: <sup>51</sup>Cr-RBC T<sub>1/2</sub> compensated for blood loss.  
 WB Tm: <sup>51</sup>Cr-RBC T<sub>1/2</sub> measured with cpm/ml of whole blood.  
 WB Tc: Corrected WB Tm for blood loss.

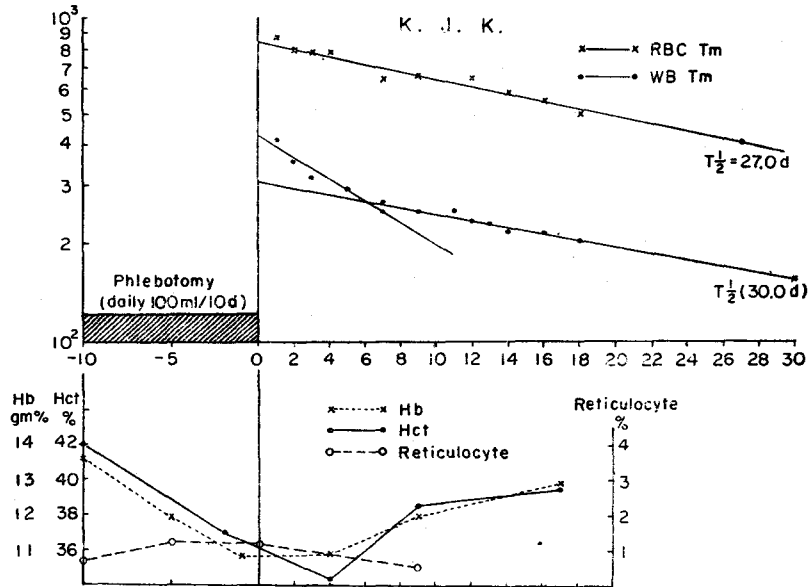


Fig 4. Hematological data and <sup>51</sup>Cr red cell half life after blood-lettings in the amount of 100 ml daily for 10 days.

瀉血로 인한 失血을 赤血球의 生成이 補充하여 平衡狀態를 形成한다고 假定했을 때의 測定值(RBC Tc라 略)는 各各 32.0日, 28.2日, 23.4日, 20.0日 및 17.5日이었다. 萬一 血漿單位量(cpm/whole blood ml=WB Tm)으로 T<sub>1/2</sub>을 測定하였을 때에는 各各 29.5日, 25.0日, 18.0日 16.2日 및 14.9日이었고 瀉血로 인한 消失을 다음의 公式으로 校正하면(WB Tc) WB Tc는 各各 30.5日, 29.0日, 28.6日, 28.5日 및 30.0日이었다.

Corrected Radioactivity =  $\frac{\text{observed count} \times 100}{100 - \times}$   
 on day (t)  
 ×% of blood volume is lost between day 0 and day t  
 RBC Tm 值나 WB Tm 值에서 1日 瀉血하는 量의 增加에 따라 T<sub>1/2</sub>은 짧아졌으며 WB Tm 이 RBC Tm 보다 같은 量의 瀉血時에도 瀉血量이 50 ml 以上時에는 더 현저히 短縮됨을 볼 수 있었다. 25 ml 以下 瀉血時는 RBC Tm 值와 WB Tm 值는 같았다. RBC Ts 值와 의 關係는 1日 瀉血量이 25 ml 以下인 경우에는 더

Table 5. Hematological values and <sup>51</sup>Cr red cell survival time in experimental group III

	Cases	Hb(gm/100 ml)			Hct(%)			reticulocyte			serum Fe (μg/100 ml)			TIBC			red cell survival time(day)	
		begin	10th	last	begin	10th	last	begin	10th	last	begin	10th	last	begin	10th	last	WB Tm	RBC Tm
25 ml/d ×10 d	S. I. K	15.0	14.1	14.9	46	45	45	0.5	0.5	0.4	118	110	120	350	314	370	30	30
	O. K. S	14.5	14.3	14.1	42	42	41	0.8	0.7	0.8	102	110	191	320	327	353	29.5	30
	平均	14.7	14.2	14.5	44	44	43	0.6	0.6	0.6	110	110	159	335	321	366	27.7	30
50 ml/d for 10 day	P. S. C	14.0	12.9	14.0	43	41	42	1.3	1.5	1.1	102	97	103	321	270	372	29	28
	Y. Y. S	14.5	12.3	13.0	40	39	39	0.4	0.6	0.6	105	85	107	372	333	309	30	29
	C. K. J	14.8	12.9	13.8	44	38	42	0.4	2.3	0.4	135	94	105	356	345	375	30	29
	平均	14.4	12.7	13.6	42	39	41	0.7	1.5	0.7	114	92	105	350	316	352	29.7	28.7
75 ml/d for 10 days	C. M. Y	13.8	13.6	13.2	40	39	41	0.2	0.4	0.3	100	86	90	376	292	333	29	—
	K. Y. S	13.8	11.8	13.8	38	30	38	1.0	1.3	1.2	97	85	92	310	327	372	28	—
	C. Y. Y	13.8	11.9	12.5	40	30	34	0.4	0.6	0.5	70	68	90	320	318	315	29	—
	Y. J. K	31.2	10.9	12.7	39	27	35	1.0	4.2	1.3	92	94	95	342	285	330	30	—
	平均	13.6	12.0	13.1	39	32	37	0.7	1.6	1.1	60	83	92	337	307	338	29.0	
100 ml/d for 10 days	K. D. S	12.5	11.4	12.8	39	35	38		1.6	1.6	82	75	85	346	351	335	30.0	28.0
	C. Y. M	14.3	12.7	13.6	40	34	37		0.9	0.4	117	80	103	327	337	370	27.0	—
	P. C. R	14.2	12.8	12.9	41	39	40	0.7	2.0	0.7	92	82	93	342	312	345	30.0	27.0
	K. J. K	13.6	10.9	12.7	42	37	39	0.7	1.0		88	95	85	363	333	340	30.0	28.0
	平均	13.7	11.9	13.0	41	36	39	0.7	1.4	0.9	95	83	92	345	333	348	29.3	27.7

우 短縮된 印象을 주었으나 瀉血量이 50 ml 以上인 例에서는 RBC Tm 值 보다 RBC Ts 值가 더욱 延長됨을 볼 수 있었다.

測定된 RBC Tm 值와 WB Tm 值를 瀉血時 消失된 <sup>51</sup>Cr 의 比放射能을 校正하면 모두(WB Tc 와 RBC Tc) 正常 범위 內에 있음을 알 수 있었다(27.0~30.0日).

瀉血時 血液像을 보면 Table 4에서 보는 바와 같이 50 ml 以上 瀉血한 實驗例에서는 Hct 值 및 血色素值가 減少된 所見을 보였다.

第3群

1日 25 ml, 50 ml, 75 ml 및 100 ml 式 10日間 瀉血한 後 測定한 血液像 및 T<sub>1/2</sub> 值를 보면 Table 5, Fig 2에서 보는 바와 같다. 即 T<sub>1/2</sub> 值를 보면 WB Tm 值는 29.8日 29.7日 29.0日 및 29.3日로 正常이었으며 이때 RBC Tm 值는 50 ml/day/10 day 群이 28.7日 100 ml/day/10 day 群이 27.7日로 100 ml 式 계속 瀉血한 群의 RBC Tm 值와 WB Tm 值 사이에는 有義한 差 (P<0.01)가 있었다.

특히 이때 Hct 值 및 Hb 值는 瀉血中에 계속 減少되는 傾向이 있었으나 瀉血後에는 徐徐히 正常으로 回復됨을 보였다.

總括 및 考按

오늘 날 赤血球의 壽命測定은 臨床醫學에서 널리 利用되고 있으며 Todd 및 White에 依해 臨床的으로 처음으로 使用된 以後 여러 學者에 依해 여러 方法이 考案되어 왔다. 그러나 最近에 와서 赤血球 壽命測定이 많은 檢査室에서 routine 化되어 施行된 것은 放射性 同位元素를 利用한 方法이 導入된 以後이다.

1946年 Sheim 과 Rittenberg<sup>20)</sup>가 赤血球 壽命測定에 <sup>15</sup>N-labelled glycine 을 利用한 方法을 報告하였으나 mass spectrometer 를 必要로 하기 때문에 널리 使用되지 못하였고 Grinstein<sup>17)</sup> 및 Berlin<sup>18)</sup>이 <sup>14</sup>C-labelled glycine 를 利用한 方法을 紹介하였으나 測定上의 困難으로 역시 널리 使用되지 못하였다. <sup>51</sup>Cr 은 1950年 Gray 와 Sterling<sup>21)</sup>이 Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>와 混合된 赤血球는 <sup>51</sup>Cr 을 빨리 攝取하고 24 hr 時間 이후에는 循環系로부터 <sup>51</sup>Cr 의 消失이 거의 遊離되지 않는다는 것을 證明한 以來 <sup>51</sup>Cr 이 赤血球를 標識하는 데 널리 使用하게 되었다.

그후 바로 Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>를 利用한 初期 研究는 Ebavgh, Emerson 과 Ross(1953)<sup>19)</sup>, Necheles, Weinstein 및 Le

Roy(1953)<sup>20)</sup> Read, Wilson 과 Gardner<sup>14)</sup>(1954) Sutherland(1954)<sup>22)</sup> 및 Mollison(1955)<sup>3)</sup> 등에 의해 이루어졌다.  $^{51}\text{Cr}$ 를 이용한赤血球壽命測定法은全世界를 통하여利用되어價値 있는診斷法으로登場하게되었다.

Gray 와 Sterling<sup>2)</sup>이發表된以來 많은사람들에依해 여러變法이<sup>3,4,5)</sup>考按되었으며 따라서 이러한變化는  $^{51}\text{Cr}$ 의赤血球攝取  $^{51}\text{Cr}$ 의漏出(elution)<sup>22,23)</sup> 및循環內細胞의壽命에影響을미쳐 이들變化는各檢査에서計算된測定値에差異가 있을뿐더러測定値의解釋 및比較檢討하는데적지않은難點이있어表準化된共通的인方法의考案의重要性이알려지게되었고測定期間中의循環血液量의變動이測定値의變動에如何한影響을가져올수있느냐를分析하는것이重要な課題가되었다.  $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球를使用하여所謂赤血球半減殘生壽命을測定하는過程, 즉  $^{51}\text{Cr}$ 의放射能,<sup>19,24,25,26)</sup>量,<sup>4,27)</sup>比放射能,血液採取時에使用하는抗凝固劑<sup>3,22,27)</sup> 및 pH<sup>2,3)</sup>標識方法, 靜置時間 및溫度,<sup>2,3,14)</sup>  $^{51}\text{Cr}$ 標識赤血球注入後血液採取期間, t=0에서放射能 및放射能을標識하는單位 즉 cpm/RBC mass 或은 cpm/ml whole blood, 등測定過程에 많은異見이있으나 가장論難이되는것은  $^{51}\text{Cr}$ 을赤血球에標識하는方法이며現在까지 많이 알려진 가장代表的인方法은 ACD method(以下 wash method라略함), citrate wash method와 ACD with ascorbic acid method(以下 ascorbic acid method라略)라고하겠으며 이들  $^{51}\text{Cr}$ 를赤血球에標識하는方法의差가赤血球壽命( $T_{1/2}$ )의測定値의差異를갖게한다고하였다.

著者들은赤血球壽命( $T_{1/2}$ )을正常人에서測定해보았으며現在 많이利用되고 있는方法 사이에如何한測定値의差異가 있는가를檢討하기爲하여 이때  $^{51}\text{Cr}$ 標識方法外에 모든條件을갈게하고 wash method 및 ascorbic acid method로各各使用하여  $T_{1/2}$ 를測定한結果 Table 1, 2에서 보는바와 같이 29.6일 29.0일이었으며兩方法으로測定한  $T_{1/2}$  사이에는 서로有義한差가 없었다. 한편 wash method로標識한 후測定한 29.6일의  $T_{1/2}$ 値는 27일(Necheles et al)<sup>20)</sup> 26일(Read et al)<sup>14)</sup>, 32.5일(Sutherland),<sup>21)</sup> 25.5(Mollison),<sup>3)</sup> 26일(Donohue)<sup>28)</sup> 32.0(Jandl et al)<sup>26)</sup> 28.4일(Birkeland)<sup>8)</sup> 32.8(Remen chik)<sup>29)</sup> 27.5(Foconi)<sup>30)</sup> 30일(Lewis and Porter)<sup>31)</sup>로 다른學者들의報告와全部一致하지는않다. 이들  $^{51}\text{Cr}$ 를赤血球에標識하는方法에서根本的인差異는  $^{51}\text{Cr}$ 와赤血球를靜置한後에標識되지 않은  $^{51}\text{Cr}$ 의處理이며 wash method<sup>2,3)</sup>에서는赤血球를注入前 0.9%食鹽水로洗滌함으로써標識되지 않은

$^{51}\text{Cr}$ 를除去하나 ascorbic acid method<sup>14)</sup>에서는 ascorbic acid를添加함으로써赤血球에標識된  $^{51}\text{Cr}$ 를還元시킴으로써 더 이상의赤血球에標識을防止하는것이다. washing method에는 ACD method外에 citrate wash method<sup>3,22)</sup>가 있으며 ACD method와 다른點은後者에서 citrate-phosphate-dextrose 용액으로  $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 와赤血球를靜置하기前洗滌한다는것이며 다른過程은 ACD method와同一하다. citrate wash method은  $^{51}\text{Cr}$ 을 ACD添加血液에標識할 때보다  $^{51}\text{Cr}$ 을 ACD添加血液에標識하기前 citrate로洗滌함으로써  $^{51}\text{Cr}$ 의漏出率을減少시킨다는것을發表하였으며<sup>3,22)</sup> 이方法으로  $^{51}\text{Cr}$ 을標識한赤血球의  $T_{1/2}$ 은 31.8일(Mollison)<sup>12)</sup> 31.2일(Bernini et al), 30.3일(Mollison), 29.0일(Garby)이었다고하며輕症或은中等度溶血狀態를 가진患者에서 citrate-washed red cells를標識한후  $^{51}\text{Cr}$ 壽命을測定한 mean red cell life(M.S.L)은 DF<sup>32</sup>P로 얻은 M. S. L.와 비슷하였다고하였다. 그러나  $T_{1/2}$ 의正常範圍를 약간 길게하는過程이赤血球壽命의信憑性 있고正確한 것이냐를 우선決定하는것이 더重要하다고主張하는 사람도 있다.<sup>4)</sup> 反對로 citrate wash method<sup>22)</sup>이 좋다고主張하는學者들은 ACD method로測定한  $T_{1/2}$  보다測定誤差가 적고各檢査室에서報告하는  $T_{1/2}$ 의差는 이런漏出要因에基因한다고主張하고 있다.<sup>22)</sup>

ACD法이나 citrate洗滌法을使用하는學者<sup>4)</sup>들은 ascorbic acid의效果가完全히 밝혀져 있지 않고  $^{51}\text{Cr}$ 의一部는 ascorbic acid와結合하여複合體를形成한다는것이發見<sup>32)</sup>되었고 이複合體가  $^{51}\text{CrCl}_3$ 와 같이 빨리排泄되는지가 아직確定되지 않았기 때문에 ascorbic acid method가 좋은지速斷하기 어렵다고主張하는學者도 있다. ascorbic acid method에서는  $^{51}\text{Cr}$ 과赤血球를靜置한 후 ascorbic acid를 넣어殘餘 sodium chromate를還元型으로轉環시켜術式的造作을減少시킬수 있다고<sup>14)</sup>主張을하고 있다. 著者들이術式이簡便하고洗滌途中에汚染乃至赤血球의破壞危險이 거의 없는 ascorbic acid method를使用하여  $T_{1/2}$ 를測定하여 보았으며同時に投與하는 ascorbic acid量의多寡가  $T_{1/2}$ 에如何한影響을미치는가를觀察해보았다. 即 ascorbic acid 100 mg을投與時의正常人의  $T_{1/2}$ 은 29.0일이었고 다른學者들은 26~32일로報告하고 있다. 이와 같은多少의差는測定誤差 및試料(blood sample)의量에關聯되는듯하다.<sup>5)</sup>

또한 ascorbic acid 50 mg使用時의  $T_{1/2}$ 은平均 29.1일로 ascorbic acid 100 mg使用時와 같은  $T_{1/2}$ 値를보였다.



著者들이 正常人에서 實試한 結果는 wash method 나 ascorbic acid method 로  $^{51}\text{Cr}$  를 赤血球에 標識시킨 후 測定한  $T_{1/2}$  은 差가 없었고 또 ascorbic acid method 에서 ascorbic acid 를 100 mg, 50 mg 를 各各 使用時에도 測定된  $T_{1/2}$  에서는 差가 없었다.

이러한 著者들의 成績으로 보아 臨床적으로 造作하기 簡便하고 時間이 節約되는 方法인 ascorbic acid 를 使用하는 것이 좋다고 생각되고 또한 ascorbic acid 의 投與量은 50 mg 로도 充分하다고 생각된다.

$^{51}\text{Cr}$  標識赤血球를 利用한  $T_{1/2}$  測定時 100%值를 決定하는 方法은 測定된  $T_{1/2}$  의 變動을 가져올 수가 있다. 이를 定하는 方法 亦是 많다

- ① 10 分後에 採取한 試料의 放射能을 100%
- ② 10 分과 20 分에 採取한 試料의 放射能의 平均值를 100%
- ③ 24 時間뒤 採血한 試料의 放射能을 100%로 하는 方法 또는
- ④ 그려진 curve 에 따른 extrapolation(補外法)
- ⑤ 24 時間值와 "0"時의 extrapolate 하는 法
- ⑥ Log-regression(least square)

⑦ "0"點를 얻기 爲하여 처음 7 日間에 얻은 測定值의 extrapolation 法 등이 있으나 一致된 見解가 없다.

著者의 意見으로는 特히 平衡狀態(stationary state)에서 ascorbic acid method 를 使用하는 경우 첫 一週日 間 얻은 放射能을 利用하여 extrapolation 하여 얻은 計測值를 100%로 定하는 것이 좋을것 같다. 이는 ascorbic acid 가 殘餘  $^{51}\text{Cr}$  을  $^{51}\text{CrCl}_3$  로 還元시켜 빨리 排泄시킨다 하더라도 短時間內的 影響을 考慮할 수가 있으며  $^{51}\text{Cr}$  과 ascorbic acid 의 一部가 複合體를 形成한다는 것이 알려졌고 이 複合體가  $\text{CrCl}_3$  과 같이 빨리 排泄된다는 證明이 없으며  $^{51}\text{Cr}$  과 全血을 孵置하기 前 buffy coat(軟層)를 除去한다 하더라도 白血球 등이 남아  $^{51}\text{Cr}$  를 攝取할 可能性이 wash method 보다는 많고  $^{51}\text{Cr}$  標識된 赤血球가 消失이 24~48 時間에 完全히 되기 때문이다.

이러한  $^{51}\text{Cr}$  標識赤血球를 利用한  $T_{1/2}$  은 平衡狀態(stationary state) 일

$$\frac{dN}{dt} = P(t) - D(t)$$

N; 循環赤血球數

P; 赤血球의 生成

D; 赤血球의 破壞

t; 어느 순간까지의 時間

에서  $\frac{dN}{dt} = \frac{dD}{dt} = 0$   $P = D$   $\frac{dN}{dt} = 0$  인 狀態에

서만이 일어나는 現象이다.

赤血球 生成率과 破壞率이 理論上으로 같고 赤血球量이 一定한(stationary) 동안만 赤血球壽命測定에  $^{51}\text{Cr}$  方法이 有効하다. 即 이 方法은 一般的으로 標識赤血球가 標識되지 않은 赤血球로 代置됨을 前提로 行하여진다. 그러나 全血(cpm/whole blood ml) 單位當  $^{51}\text{Cr}$  消失은 赤血球의 消失을 나타내고 赤血球 mass 單位當  $^{51}\text{Cr}$  의 消失은 새로 生成된 赤血球에 依한 稀釋으로 看做되고(實驗 第 2 群의 10 ml 乃至 25 ml 瀉血群에 該當됨) 平衡狀態(steady state)에서 循環界로 들어온 赤血球의  $^{51}\text{Cr}$  의 稀釋은 노후 赤血球의 溶血 및 失血을 잘 나타내며 放射能(cpm/ml packed red cell)은 cpm/whole blood, ml 보다 좀더 意味 있는 curve 를 나타낸다고 하였다.<sup>11)</sup>

이는 cpm/RBC mass ml 은 赤血球量(mass)의 變動 없이 血漿變化에 基因한 Hct 의 校正하기 때문이다. 이와 같이 平衡狀態(stationary state)에서만이 conventional equation 이 有効하며 血漿量 或은 赤血球量이 變動이 있을 때 즉  $\frac{dP}{dt} \neq \frac{dD}{dt}$ ,  $\frac{dN}{dt} \neq 0$  인 狀態를 non-stationary state 라 하며 이런 狀態에서는 上述의 常用公式를 應用할 때 重大한 過誤를 犯하게 된다.<sup>10-13</sup>

放射能을 赤血球量 單位當(c.p.m./ml, RBC mass) 나타낼 때

$$C = C_0 e^{-\lambda t}$$

C 特定時間에 赤血球 volume unit 當 總放射能  
C<sub>0</sub> 常用係數

$$C = \frac{A}{V} \quad A \text{ 循環界에 있는 總放射能}$$

V 赤血球量

$$\frac{A}{V} = \frac{A_0}{V_0} e^{-\lambda t} \quad V \text{ 가 一定하다고 假定 (stationary state)}$$

$$A \left[ \frac{V_0}{V} \right] = A_0 e^{-\lambda t} \quad (13)$$

V 가 一定하지 않고(non stationary state) 赤血球가 增加하면 V 가 直線상으로 增加한다고 하면

$$V = V_0 + fV_0 t \quad f \text{ 는 positive number}$$

$$\frac{A}{1+ft} = A_0 e^{-\lambda t}$$

C 는, 期待한 放射能 보다 떨어진다. 이에 測定된 結果值는 溶血現象 같은 印象을 준다. 察際 溶血時 P < D 이면 V 는 減少하여  $\frac{A}{1+qt} = A_0 e^{-\lambda t}$  q; 陽數 C 는 人爲的으로 높게나와 測定值( $T_{1/2}$ )는 길게 算出되어 實際는 溶血現象인데도 亦是 잘못 理解하기 쉽다.

R.B.C. mass 當 放射能(c.p.m/ml RBC)과 全血量當(c.p.m/ml whole blood) 放射能을 比較하면 P < D 時 c.p.m/ml whole blood 은 c.p.m/ml R.B.C mass 보다 더 빨리 떨어져지고 生成의 絕對的인 減少는 c.p.m/ml

R.B.C mass 가 正常보다 더 완만하게 떨어지는데反하여  $P>D$ 인 경우는 c.p.m/ml, R.B.C mass 가 c.p.m/ml, whole blood 보다 더 빨리 떨어지며 이는 새로生成된赤血球에 의한稀釋 때문이라고 하였다. 5, 11, 13)

著者の瀉血과同時 또는瀉血後測定한  $T_{1/2}$ 은平衡狀態와非平衡狀態를 나타내고 있었다(實驗의第2와3群).

Table 4와 Fig. 1에서 보는것과 같이瀉血時測定한 RBC  $T_m$ 値는正常對照群보다(Table 1, 2, 3)短縮되어 있다. 이는瀉血로 인한標識赤血球의消失과相對的인赤血球生成率의減少이나 ( $-\frac{dN}{dt} \approx 0$   $P<D$ ), 新生赤血球數의增加의結果로 생각된다.

RBC  $T_c$ 가正常  $T_{1/2}$ 을 나타낸은이런 RBC  $T_m$ 의短縮理由中失血이原因이라는反證이며 25 ml/1日以下瀉血한實驗群에서는 RBC  $T_m$ 와 WB  $T_m$ 사이의差가 없었다.

이와 같은成績은上述의公式中  $\frac{dP}{dt} = \frac{dD}{dt}$ ,  $\frac{dN}{dt} = 0$ 인平衡狀態를意味하는 것으로 50 ml/1日以上瀉血群의 RBC  $T_m$ 은 WB  $T_m$ 보다延長되었고  $P=D$ ( $-\frac{dN}{dt} = 0$ )을가정한 RBC  $T_s$ 보다延長(RBC  $T_s$  curve 위)되어 있는 것은相對的으로  $D>P$ 인狀態이며 이러한結果는 다른報告와一致되는 것이다. 10-13) 이미 Brecher,<sup>11)</sup> Spencer<sup>12, 13)</sup> 등이報告한 바 같이 WB  $T_m$ 의短縮은  $^{51}Cr$ 標識赤血球의瀉血로 인한  $^{51}Cr$ 의消失과血漿의稀釋 때문이며 이와 같은結果는 다른學者들의<sup>11-13)</sup>報告와도大體로一致된다. 이러한 RBC- $T_m$ 와 WB  $T_m$ 의短縮의원인의 일부에瀉血自體가循環하는赤血球 및 새로生成되는赤血球에 미치는影響의可能性을 전혀無視할 수는 없을 것 같다.<sup>10)</sup>

血漿의稀釋作用에 의한 c.p.m/whole blood ml의減少는 Fig. 4에서初期의 빠른傾斜로도 추측할 수도 있다.

### 第三群

Table 5와 Fig. 2에서 본 것과 같이用群의 WB  $T_m$ 値는大體로正常人の  $T_{1/2}$ 値의範圍內에 있었으며 RBC  $T_m$  curve에서 100 ml/1日瀉血時의  $T_{1/2}$ 은 WB  $T_m$ 와有義한差를 가졌다. 이는測定前瀉血로 인한赤血球生成의增加 때문이라고 생각되었으며 이와類似한所見을 다른文獻에서도<sup>11, 13)</sup> 볼 수 있었다. 또한 이런結果는第2群의 RBC  $T_m$

短縮의理由로絶對赤血球數의增加를暗示하는 것이며 따라서  $\frac{dN}{dt} = \frac{dP}{dt} \approx 0$   $\frac{dN}{dt} \approx 0$  아닌  $P>D$

인非平衡狀態이었다.

第2, 3群의結果赤血球의生成은 c.p.m/ml red cell mass로 나타낸  $T_{1/2}$ 이 더 잘反影하며赤血球의破壞 및消失은 c.p.m/whole blood ml로表示한  $T_{1/2}$ 이 잘 나타내었다. 이는 Brecher<sup>11)</sup>報告와一致하였다.

## 結 論

$^{51}Cr$ 를使用한赤血球壽命(apparent half survival time)測定法에對한再檢討를 하는同時에失血이赤血球壽命에如何한影響을 미치는가를觀察할目的으로總 53名의健康成人男子를對象으로 다음과 같은세가지實驗條件群에서赤血球半減殘生壽命을測定하였다. 即

1. 第1群인 ACD-wash method을利用하여  $^{51}Cr$ 를標識하여測定한赤血球半減殘生壽命( $T_{1/2}$ )은平均 29.7日이었으며洗滌代身 ascorbic acid를投與한實驗群의  $T_{1/2}$ 을 보면 첫째 100 mg를投與한群의  $T_{1/2}$ 은 29.0日 50 mg를投與한群의  $T_{1/2}$ 은 29.1日로兩群 사이에差異가 없었을 뿐 아니라 ascorbic acid를 50 mg乃至 100 mg을使用한群에서도有義한差가 없었다.

2. 第2群인 14日間 계속 1日當 10 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml 및 100 ml式瀉血하여測定한  $T_{1/2}$ 値를 보면 1日失血量이增加함에 따라赤血球半減殘生壽命( $T_{1/2}$ )은 짧아짐을 알 수 있었다. 即 1日 10 ml乃至 25 ml瀉血까지는 rapid phase를 나타내었고 50 ml以上瀉血時에는 짧아지는程度가 완만한 slow phase를 나타내어 1日瀉血量과  $T_{1/2}$  사이의關係는單純한指數關係는 아니었다.

3. 第3群인 1日當 25 ml, 50 ml, 75 ml, 및 100 ml를 10日間 계속瀉血한後에測定한  $T_{1/2}$ 를 보면全血單位로測定한(cpm/ml. whole blood)  $T_{1/2}$ 은正常 범위內에 있었고赤血球質量單位(cpm/red cell mass ml)로測定한  $T_{1/2}$ 은 c.p.m/ml. whole blood 보다는 짧아지는傾向을 보였고 1日 100 ml 10日間瀉血後測定한  $T_{1/2}$ 에서는兩者間에有義한差가( $P<0.01$ ) 있었다.

4. 非平衡狀態(non-stationary state)의  $T_{1/2}$ 은赤血球生成이赤血球破壞(消失)보다增加했을 때에單位全血(c.p.m/ml, whole blood) 보다는單位赤血球量으로計測된  $T_{1/2}$ 이 짧아짐을 알 수 있었고赤血球生成이赤血球破壞(消失)보다 적을 때(第2群의 1日當 50 ml以上瀉血群)는單位全血當計測된  $T_{1/2}$ 이 더욱短縮되었다.

5. 全血當計測된(c.p.m/ml. whole blood.)  $T_{1/2}$ 은赤

血球 破壞率을 赤血球量當 計測된  $T_{1/2}$ 은 赤血球生成 率을 더 잘 나타내는 것을 볼 수 있었다.

6. 瀉血과 同時에 測定된  $T_{1/2}$ 은 瀉血量을 校正하였 을 때  $T_{1/2}$ 은 正常 범위內에 있었다. 非常衡狀態(non-stationary state)에서 測定된  $T_{1/2}$ 은 常用式을 使用할 수 없음을 알 수 있었으며 臨床 檢査에서는 血當 計測된  $T_{1/2}$ 이 더 有效함을 指摘할 수 있을 것 같았다.

REFERENCES

1) Ashby, W.: *Determination of length of life of transfused blood corpuscles in man* *J. Exper. Med.* 29:267, 1919; *Blood* 3, 486, 1948.  
 2) Gray, S.J., Sterling, K.: *The tagging of red cells and plasma proteins with radioactive chromium*, *J. Clin. Invest.* 29:1604, 1950.  
 3) Mollison, P.L.: *The use of the isotope <sup>51</sup>Cr as a label for red cells*. *Brit. J. Haemat.* 1:62, 1955.  
 4) Lewis, S.M.: *Red cell survival studies; Technique for <sup>51</sup>Cr. method. Joint ICSH/IAEA panel on radioisotope in hematology* (Vienna, 25-29 Aug '69)  
 5)李文鎬外2人: 失血이 赤血球壽命 測定에 미치는 影響에 關한 研究. 대한핵의학회잡지, 4:27, 1970.  
 6) Szur, L.: *Standard techniques for red cell survival studies, Joint ICSH/IAEA panel on radioisotope in hematology* (Vienna Aug. 25-29, '69)  
 7) Turnbull A., Hope A. and Verel, D.: *The effect of changes in red cell and plasma volumes on the estimation of red cell survival*. *Clin Sci*, 16:389-399, 1957.  
 8) Birkeland, S.: *The use of the isotope <sup>51</sup>Cr for studying destruction of red cells in healthy human*. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 10:122-132, 1958.  
 9) Dancis, J., Danoff, S., Zabriskie, J., Balis, M.E.: *J. Pediat.* 54, 748. 1954  
 10) Berlin, N.: *Life span of the red cell, In Bishop C. and Surgenar D.M. editor. The red blood cell*, pp. 432-450, Academic Press, New York (1964)  
 11) Brecher, G.: *<sup>51</sup>Cr red cell survival and correc-*

*tion for hematocrit. Am. J. Clin. Path.* 47: 85-86, 1967.  
 12) Spencer, R.P.: *Simple theory of transfusion. Bull. Math. Biophys.* 27:9-20, (1965)  
 13) Spencer, R.P.: *Effects of an inconstant blood volume on apparent erythrocyte survival. Int. J. App. Rad. and Isotope.* 19, 283.  
 14) Read, R.C., Wilson, G.W. & Gardner, F.H.: *The use of radioactive sodium chromate to evaluate the life span of the red blood cell in health and certain hematologic disorders. Am. J. Clin. Sci.* 228:40, 1954.  
 15) Kinseley, R. M.: *Blood volume & red. cell survival. Wagner, H.N. edited p. 437. Principle of Nuclear Med.* 1969.  
 16) Sheim, D. and Rittenberg, D.: *J. Biol. Chem.* 166:627, 1946.  
 17) Grinstein, M., Kamen, M.D. and Moore, C.V.: *J.B.C.* 179:359, 1949.  
 18) Berlin, N.I., Mayer, L.M. and Lazarus, M.: *Biochem J.* 5:498, 1954.  
 19) Ebaugh, F.G., Ja., Emerson, C.P. and Ross. J.F.: *The use of radioactive chromium 51 as an erythrocyte tagging agent for the determination of red cell survival in vivo. J. Clin. Invest.*, 32:1260, 1953.  
 20) Nechles, T.F., I.M. Weinstein and G. Leroy: *Radioactive sodium chromate for study of survival of red blood cells and effect of radioactive sodium chromate on red cells. J. Lab & Clin. Med.* 42:358, 1953.  
 21) Sutherland, D.A., M.S. McCall, M.T. Glove and E.E. Muirhead: *Survival of human erythrocyte estimated by means of cells tagged with radioactive chromium* *J. Lab & Clin. Med.* 43:717, 1954.  
 22) Millison, P.L.: *Further observation on the normal survival curve of <sup>51</sup>Cr-labelled red cells, Clin. Sci.* 21:21, 1961.  
 23) Award, H.K., Moussa, L., Sheraki, A.S.: *The effect of red cell aging on chromium-51 binding & in vitro elution. J. Nucl. Med.* 1:687, 1966.  
 24) Prins, H.K.: *The binding of <sup>51</sup>Cr by human erythrocyte, Vox Sang.* 7:370, 1962.  
 25) Koutras, G.A., Hattori, M. Schneider, M. Sch-

- neider, A.S. Ebaugh, F.G. and Valentine, W.N.: *Studies on chromated erythrocytes. Effect of sodium chromate on erythrocyte glutathione reductase*, *J. Clin. Invest.* 43:33, 1964.
- 26) Jandl, J.H., Greenberg, M.S., Yonemoto, R.H., Castle, W.B.: *Clinical determination of the sites of red cell sequestration in hemolytic anemia* *J. Clin. Invest* 35:842, 1956.
- 27) Mayer, K., Key, A.B., D'Amaro, J.: *Impairment of red cell viability by exposure or "excess" acid-citrate dextrose*. *Blood.* 28:513, 1966.
- 28) Donohue, D.M., A.G. Motulsky, E.R. Gilbrett, G. Pirzio-Biroli, T. Vivanuvatti and C.A. Finch: *Use of chromium as a red cell tag*. *British J. Hematology* 1:249, 1955.
- 29) Remenchick, A.P., N. Schuckmell, J.M., Dyniewicz and W.R. Brest.: *Survival of <sup>51</sup>Cr labeled autogenous erythrocytes in children*. *J. Lab & Clin., Med.* 51:753, 1958.
- 30) Foconi, S. and Sjölin, S.: *Acta. Ped. (stockh)* 48. *Supp.* 117:1959.
- 31) Lewis, S.M. and Porter, Z.H.: *Ann. Rheum. Dis.* 19:54, 1960.
- 32) Van Kampen, E.J., Reinkingh, W.A., Heerspink, W.: *<sup>51</sup>Cr uptake by erythrocyte. Kinetic studies*. *Clin. Chim. Acta.* 13:52, 1966.
- 33) 金遇榮：各種疾患의 赤血球 수명에 관한 研究, 대한 혈액학회 잡지, 1:27, 1966.