陽性加速度が生体血液に及ぼす物理的影響に関する実験的研究

Experimental Studies on the Influence of Positive Acceleration upon Streaming Blood.

趙 主 輝*
CHO Kyu Whee

緒 言

音速を突破する飛行速度の飛躍的な進歩につれて、航空医学も発達しなければならぬ。現代において医学徒に負荷された任務は、重且つ大なるものである。

此の航空医学分野の、三大要素である低酸素症 (Hypoxia)、加速度 (Acceleration)、飛行酔 (Motion Sickness) があるが、然し低酸素症、飛行酔に対しては、多くの研究者が報告したことがあり、其の本態が、続々究明中であり、加速度に対しても人工衛星に人間を塔乗させると言う時期において此の問題を解決せずに塔乗させるのは無理であろう。先進国家にては盛んに研究されて所謂、G-防止服 (Anti-G Suite) 等の如き、飛行服を着て、高速度飛行に人体を保護している。

此の加速度を航空医学にては、二種類に分類する。一つは、Radial Acceleration で遠心力が身体に対し縦軸に平行に働く場合を云い、更に二分して遠心力が、頭部より下肢部に働く時を陽性加速度 (Positive Radial Acceleration, Positive G) と云い、反対に遠心力が下肢より頭部に働く場合を、陰性加速度 (Negative Radial Acceleration, Negative G) と称する。他の一つは、Transverse Acceleration. Transverse G で遠心力が、身体に対して縦軸に直角に働く時を云うものである。

以上の二種の中でも Radial Acceleration が、実際人体飛行において致命的な損害を与えるものである。Transverse G は強度の差異はあるが、大したものではないと一般的に信じられている Radial Acceleration, 中でも Positive G が最も重大なものであろう。

然し陽性加速度が、人体に及ぼす化学的影響よりも、高速度飛行に依る瞬間的に単純なる物理的影響が、塔乗員に致命的な損害を与えるものである。

文献上¹⁾²⁾³⁾⁴⁾にては此の陽性加速度に対する只、Human Tolerance だけ測定した報告は多くある。Cranmore 氏⁵⁾と基の共同研究者は、陽性加速度を白鼠に、負荷させて行動死亡率及び各臓器において、血液特に赤血球の移動事項を、組織学的に報告し、又 Britton 氏と共同研究者⁶⁾は白鼠を低速度に長期間曝露させて生体の各臓器に及ぼす影響を生理病理組織学的に研究報告

した。

又当研究所鄭聖璋少領は、Positive Radial Acceleration Stress F の行動生存線、致命線、死亡率、G 防止服効果、心電図及び各臓器を病理組織学的に検討して報告した⁷⁾ことがある。

以上の如く各臓器内での血液の移動事項を、組織学的に報告した例は多くあるが⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、未だ物理学的に惹起する全身血液、特に赤血球が量的に如何なる分布状態を現わすか、又所謂、陽性加速度に依る死亡の原因を Anemic And Anoxie Anoxia と云っているが¹²⁾何如なる程度かを報告した例がないので、此の問題を追究する目的で著者は予備実験として、血色素及び赤血球を化学的に定量検討し(組織中の赤血球を定量する目的にて)次に陽性加速度に曝露した後に、全身脈管系内での赤血球の分布状態を観察した所、若干の所見を得たので報告する。

鉄分定量に依る血色素及び赤血球の

推算適否検討

I 実験方法及び実験対象

対象動物としては通常的に飼育場にて飼育する飼料を以て飼育した完全成熟した健康と認定し得る家兎血液を対象動物として選定した。

採血は鉄分が混合していない蒸留水で数回洗滌し完全乾燥した注射器と 19GAGE 注射針にて、心臓穿刺を行い血液凝固防止剤を血液 1cc 当 2mg の此に充分混合した後に実験に使用し、此の同一なる被検物に対し後述する。回数を血色素赤血球及び鉄分定量を行い得た数値を、相互比較した。

1) 赤血球数

赤血球数は Spencer の Counting Chamber を使用し、通例に行う方法で 1 個の Melandule に各 1 回宛実測した。

2) 血色素量

血色素測定は最初 Sahli の血色素計を使用した、誤差が大となるので後は専ら Cyanhematin 法にて D-u type Spectrophotometer で比色定量した。

3) 鉄分定量

血中鉄分定量は総鉄分定量と非 Hemin 鉄分定法との二種を行い、総鉄分定量法は Hinsberg 氏と Lang 氏

* カトリック医科大学大学生化学教室，京城
1961年1月20日受付

法¹⁷⁾を使用して、被検物を濃硫酸を以て酸化破壊後、換気室内で湿性灰化させ、又非 Hemin 鉄分定量としては Bruckman 氏と Zondek 氏法¹⁸⁾を利用して以上の二種を各々 α - α' -Dipyridyle で発色させた後に、D-u type の Spectrophotometer にて比色定量した。

此所に使用した基準液は、純化学用硫酸第 1 鉄アンモンを使用した。

本実験に使用した全部の試薬は使用前鉄分の定性反応を利用して、鉄分が混入していないことを確認した。後に厳重なる注意を以て実験中鉄分の混入を極力防止した。

Standard Curve も当日の実験前に試験して確めた後に実験に供した。

II 実験成績及び検討

正常家兎血液中の赤血球数、血色素量、総鉄分量、非 Hemin 鉄分量は、表 1 の如し此所の回数とは同一家兎血の被検物の測定した回数である。

表 1 家兎血中赤血球、血色素、非 HEMIN 鉄分量及び総鉄分量

家兎 No.	赤血球(万) (回数)	血色素(g%) (回数)	非Hemin鉄量 (回数) (ug %)	総鉄量(回数) (mg %)
1	578±26(110) (534~652)	12.0±0.2(60) (11.6~12.5)	47.0±3.8(78) (40.1~65.0)	41.8±2.8(92) (35.1~50.2)
2	569±26(112) (508~654)	11.8±0.2(50) (11.2~12.6)	50.2±3.6(68) (45.0~56.2)	41.0±5.2(98) (36.2~57.5)
3	568±26(120) (508~650)	11.9±0.2(72) (11.1~12.5)	62.3±6.9(68) (42.3~73.5)	41.1±4.9(78) (36.7~46.8)
4	758±20(25) (760~806)	15.2±0.2(33) (15.7~16.0)	98.6±5.8(20) (86.6~113.3)	55.3±4.9(27) (54.2~64.0)
5	616±21(26) (572~650)	12.9±0.3(37) (12.1~13.6)	43.2±3.5(21) (38.0~47.5)	44.6±3.8(28) (42.0~46.2)
6	592±20(27) (538~624)	592±20(27) (538~624)	43.9±3.3(24) (38.4~51.2)	42.2±2.0(30) (40.0~45.6)
7	618±18(25) (578~644)	618±18(25) (578~644)	48.4±6.4(28) (33~63)	44.0±3.8(30) (41.6~46.6)
8	678±16(28) (656~720)	678±16(28) (656~720)	49.9±6.0(25) (41~61.4)	49.0±2.5(31) (46.0~51.8)

表 1 で表示するが如く、正常家兎血液中には非 Hemin 鉄分の存在は総鉄分量に比して極少量なる 0.1 % 内外であるから測定時の誤差を考慮すると、総鉄分量から赤血球及び血色素を推定するのに供するは、無視するに達する程度の極微量なることがわかる。

血色素量定量に於ても、同一家兎にて同一被検物の血液を記した回数測定して、Sahli の血色素計と Cyanhematin の比色法を比較したところ表 II の如くである。

表 II で表示するが如く、Sahli の血色素計を使用して、血色素量を測定して臨床家が速断をするは考慮すべき点

表 2 Hb 定量比較

	最小~最大 (g %)	平均 (g %)
SAHLI 法 (測定回数 60 回)	10.1~13.6	11.9±1.8
CYANHEMATIN 法 (測定回数 72 回)	11.6~12.5	12.0±0.2

があると著者は考えられる。

以後からは著者は本実験に専ら Cyanhematin 法の D-u type Spectrophotometer を利用して比色定量した。

表 I の家兎 No.1 を例にして、検討するに文献上では Hufner²⁰⁾氏は、牛の血色素中には鉄が 0.334 % あると報告し Bernhart 氏と Skegg 氏²¹⁾は結晶人血色素には 0.34 % あると成書には報告している。

著者の実測赤血球数を実数とするならば赤血球個々の血色素含有量は $12.0/5,780,00 \approx 20.9 (\mu\mu\text{g})$ であり、後者の 0.34 % を利用すれば、赤血球個々の鉄分の含有量は $20.9 \times 0.0034 \approx 0.071 (\mu\mu\text{g})$ で、結局総鉄分量にて赤血球数を換算すれば $41.8\text{mg}\% / 0.071 \mu\mu\text{g} \approx 5,880,000$ になり、赤血球の実測数に比すれば、10 万の増加、即ち 1.7 % の増加を示している。

以上の方法にて非 Hemin 鉄分量を無視して、総鉄分量から赤血球数を換算すると表 III の如くである。

此表にて表示するが如く、総鉄分量にて赤血球数を換算するには、一般的に約 1.7 % の増加を示すものである。此れに対し King²²⁾氏は赤血球内に非血色素

表 3 赤血球実計数と総鉄量に依る赤血球換算数との比較

家兎 No.	赤血球(万) (回数)	総鉄量 mg%(回数)	総鉄量にて赤血球換算数 (万)	増加率 万(%)
1	578±26(110) (534~652)	41.8±2.8(92) (35.1~50.2)	588±39 (494~707)	+10(1.7)
2	569±26(112) (508~654)	40.1±5.2(98) (36.3~57.5)	578±79 (511~809)	+9(1.6)
3	568±26(120) (508~650)	41.1±4.9(78) (36.7~46.8)	579±69 (516~659)	+11(1.9)
4	758±20(25) (760~806)	55.3±4.9(27) (54.2~64.0)	768±63 (731~865)	+10(1.8)
5	616±21(26) (572~650)	44.6±3.8(28) (40.2~46.2)	627±53 (591~650)	+11(1.8)
6	592±20(27) (538~624)	42.2±2.0(30) (40.0~45.6)	602±28 (571~651)	+10(1.7)
7	618±18(25) (578~644)	40.0±3.8(30) (41.6~46.6)	628±54 (594~665)	+10(1.8)
8	678±16(28) (656~720)	49.0±2.5(31) (46.0~51.8)	690±35 (647~729)	+12(1.7)

鉄の存在があると発表し、その量を約2%と報告したが本人の実験値とは多少符合する所がある。

Ⅲ 結 論

以上予備実験として、正常家兎を対象動物として赤血球数、血色素量、血中総鉄分量、及び非 Hemin 鉄分量をしてから相互比較したところ。

1) 正常家兎、血中には非 Hemin 鉄が、総鉄分量の約0.1%内外存在している。

2) 非 Hemin 鉄分量を無視して総鉄分量を以て、赤血球数を換算したところ1.7%の増加があつた。

3) 赤血球実計数 Sahli法 Cyanhematin法及び総鉄分量に依る赤血球の推定法、以上四者の信頼度は家兎 No.1を例にすれば Cyanhematin 法では $12.0 \pm 0.2g\%$ (11.6~12.5) 72回、赤血球実計数では 578 ± 26 万(534~652) 110回、総鉄分量に依る赤血球数推定法にては、 588 ± 39 万(494~707) 78回、Sahli 法にては $11.9 \pm 1.8g\%$ (10.1~13.6) 60回の順位である。

実験方法

前編の予備実験にて論じた如き、正常家兎を対象とし陽性加速度に曝露前耳静脈にて採血し其の家兎の赤血球の正常数値を定めた後に、当研究で創作したる中型動物実験用 Centrifuge²⁴⁾ を利用した(図1)。

図 1

此の Centrifuge の性能は動力5馬力変速モーター 60Cycles 110/220V 単相用 5500/750R.P.M. であり、「サヤフト」に連結された回転計にて、回転円盤の回数速度を読みながら、任意に回転速度を調節することが出来るようになってゐる。次の式に依り G 値を計算するものである。

「キヤ」連結(「サヤフト」と「テープ」の間)が 5:1 であるから内盤の実地回転速度は、回転計の R.P.M. の 1/5 の値である。

$$G = \frac{4\pi^2 n^2 R}{980}$$

n: 回転円盤 (Centri Fuge Arm) の毎秒回転数

R: Centrifuge 中心部より家兎心尖部迄の距離で大体約 75cm

家兎に働く G-Force は各部に依り相異なる。即ち頭部よりも足部にはより大なる G-Force が働くけわになる。

電動式遠心器の動作が、G-Force に直時に変化を発することは出来ないが、目的とする回転速度迄に到達するには時間が要する。此れには大体において下記する。A 群には2秒を要し B 群の所要 R.P.M. に達するには4秒を要する。

目的とした回転速度にて所要時間 G-Force に曝露させた後に、回転を停止させるにも時間を要するが、大体において1~3秒で、両群共に停止する。本実験にては曝露時間との一定なる R.P.M. に所要の時間を表示するものである。

家兎を固定装置器図Ⅱの如く固定し、外方を布で捲いて放出を防止し、Centrifuge Arm 上に更に固定した G-Force に曝露した時に、血行の障害を起すようなことは出来得る限り、避けることに努力した。回転時には頭部を回転軸に向わせて、Positive G が働くようにした。即ち遠心力が頭部より下肢方向に働くようにした。

鄭聖璋氏²⁷⁾が発表した。表Ⅳと表Ⅴを利用し、比較的低下加速度に長時間 Positive G-Force に曝露に依り100%の死亡率を示し始めた。30G に14分間(以下 A 群と

図 2

(家兎固定装置 A 図)

(家兎固定模型図 B 図)

表 4 回転速度と加速度 g との関係

回 転 速 度 rpm	g 値
200	5
300	11
350	15
375	17
400	20
500	30
600	44
700	60
800	80
900	100
1,200	176
1,400	240
1,600	320

称す) G-Force に曝露し、又 100G に 2 分間 (以下 B 群と称す) G-Force に曝露させると両者共に 100% の死亡率を示した。

各部位における鉄分定量をしたが、此時にも出来得る限り、血液が移動せぬように努力し、又実験途中、試薬に鉄分の雑入を極力防止したことは予備実験にて論じた如くである。

実験成績

Positive G-Force に曝露した後の肉眼的観察に依ると、両群共に死亡し、結膜及び口唇は貧血性であり、趾間及び指間は血管の破裂と血塊に依り定量が困難であった。殊に B 群においては其の程度が甚しく数匹は、下髄中央部迄、皮下出血があつた。

各群における各部位別の血液の増減率は表 VI、表 VII の如くである。

考 察

本実験に於て正常家兎に陽性加速度を負荷し、死亡し得る最少の G にて比較的長時間曝露した家兎と、又比較的の高い G にて、短時間、曝露で死亡した。正常家兎を対象とし、全身各部位における脈管系内の赤血球の移動状態を化学的(組織内での移動状態迄する目的にて)に定量した結果 30G 15 分間 Positive G-Force に曝露した。家兎 9 匹にて、平均眼静脈は -37 ($-20 \sim -50$) %、耳静脈は -29 ($-21 \sim -40$) %、外頸静脈は -3.2 ($-3 \sim -7$) %、鎖骨下静脈は -16 ($-8 \sim -40$) %、上空静脈は -1.4 ($-2 \sim -5$) %、右心室は -1.9 ($-2 \sim -6$) %、左心室は $+13$ ($+6 \sim +23$) %、右腎静脈は $+7$

表 5 陽性加速度に曝露した (マウス) の死亡率 (実験回数 345)

区分	曝露 g 値	曝露時間(分)	動物数 例	生存 例数	生存 百分率	死亡率
1	5	1	48	48	100	0
2	11	10 45	4 4	4 4	100 100	0 0
3	15	30 80	4 4	4 4	100 100	0 0
4	17	30	4	4	100	0
5	20	3 5 8 10 15 25	4 4 5 7 7 4	4 3 4 5 5 2	100 75 80 71.4 71.4 50.0	0 25 20 28.6 28.6 50.0
6	30	1 7 14	48 3 4	18 1 0	100 33.3 0	0 66.7 100
7	44	0.5 1 5	4 37 4	4 27 0	100 72.9 0	0 27.1 100
8	60	0.33 0.5 0.75 1 2	4 30 48 8 3	4 20 17 4 0	100 66.7 35.4 50 0	0 33.3 64.6 50 100
9	80	0.25 1 1.5	2 8 2	2 3 0	100 37.5 0	0 62.5 100
10	100	0.17 1	4 14	4 0	100 0	0 100
11	176	0.08 0.5	2 2	2 1	100 50	0 50
12	240	0.08 0.33 0.5	5 4 4	5 1 0	100 25 0	0 75 100
13	320	0.08 0.33	2 4	1 0	50 0	50 100

($+3 \sim +20$) %、左腎静脈は -5 ($-2 \sim -20$) %、大臍部は $+15$ ($+10 \sim +27$) %、下臍部は $+68$ ($+49 \sim +91$) %、各々の増減率を現し、又、100G 2 分間、Positive G-Force に曝露した家兎 10 匹では平均眼静脈は、 -42.3 ($-30 \sim -50$) %、耳静脈は -33 ($-27 \sim -49$) %、外頸静脈は -6.2 ($-2 \sim -10$) %、鎖骨下静脈は -17 ($-9 \sim -34$) %、上空静脈は -22 ($-10 \sim -32$) %、上空静脈は -22 ($-10 \sim -32$) %、右心室は -27 ($-18 \sim -35$) %、左心室は $+119$ ($+86 \sim +140$) %、右

表 6 A 群 (30 G, 15 分 間)

部 位	家兎 No. 増減率	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平 均	%
眼 静 脈		-35	-	-20	-28	-45	-48	-32	-51	-	-37	(-20~-50)
耳 静 脈		-38	-30	-21	-40	-	-	-32	-25	-20	-29.4	(-21~-40)
外 頸 静 脈		-5	±	±	-3	-7	-5	-4	±	-5	-3.2	(-3~-7)
鎖 骨 下 静 脈		-8	-10	-15	-25	-9	-40	-13	-	-12	-16.4	(-8~-40)
上 空 静 脈		-3	±	-2	±	-5	±	-3	±	±	-1.4	(-2~-5)
右 心 室		±	±	-6	-2	-4	-2	±	±	-3	-1.9	(-2~-6)
左 心 室		+6	+20	+15	+8	+15	+13	+9	+23	+9	+13.1	(+6~+23)
右 腎 静 脈		+8	-	+10	+5	±	+8	+4	+20	+3	+7.25	(+3~+20)
左 腎 静 脈		±	-10	-3	-7	±	-9	-2	-10	-7	-5.3	(-2~-10)
大 腦 中 央 部		+13	+18	+10	+12	+21	+27	+12	+15	+13	+15.7	(+10~+27)
下 腦 中 央 部		-	+49	+68	+80	+91	+73	+51	-	-	+68.7	(+49~+91)

表 7 B 群 (100 g 2 分 間)

部 位	家兎 No. 増減率	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平 均	%
眼 静 脈		-50	-41	-42	-	-	-40	-	-30	-	-50	-42.3	(-30~-50)
耳 静 脈		-28	-25	-	-28	-	-49	-31	-40	-38	-27	-33.25	(-27~-49)
外 頸 静 脈		-10	-5	-9	-7	-8	-5	-2	-7	-6	-3	-6.2	(-2~-10)
鎖 骨 下 静 脈		-18	-20	-12	-19	-12	-12	-34	-21	-17	-9	-17.4	(-9~-34)
上 空 静 脈		-17	-10	-19	-30	-25	-23	-	-21	-32	-28	-22.8	(-10~-32)
右 心 室		-20	-25	-21	-30	-18	-34	-23	-35	-35	-30	-27.1	(-18~-35)
左 心 室		+80	+120	+95	+130	+134	+100	+140	+120	+129	+140	+119	(+80~+140)
右 腎 静 脈		+28	+82	+40	-	-	+37	+30	+34	+27	-	+39.7	(+27~+82)
左 腎 静 脈		-	-17	-20	-10	-19	-17	-25	-	23	-	-17.3	(-10~-25)
大 腦 中 央 部		+85	-	+95	+110	+83	+144	+111	-	+131	-	+108.4	(+85~+144)
下 腦 中 央 部		-	-	-	-	+182	+170	-	-	-	-	+176	

腎静脈は+39 (+27~+82) %, 左腎静脈は-17 (-10~-28) %, 大脳部は+108 (+85~+144) %, 下脳部は増加に依り測定困難であつた。以上の如く各々の増減率を現している。

此の Positive G-Force に因る眼及び耳静脈の減少率から脳における貧血相を推察し得るが、然し直接採血困難であつて測定出来なかつたことが遺憾である。

此の如く中心部には甚しい赤血球の減少率を示すが、次第に遠心部に離れるに従つて赤血球は増加し、甚しくは趾間部にては Blood Clot を形成し、測定不可能な状態であつた。

興味ある結果としては、心室において右心室の赤血球が、多少減少する反面に、左心室の赤血球が甚しく増加を示していることである。又左右腎静脈血も相互相反す

る現象を示している事実である。

今迄の組織学的な報告³⁾⁷⁾¹⁰⁾に依つても左右腎臓における出血は認定しているが、左右腎臓、相異に言及した報告はない。

曝露した G と時間とに依る多少の相異はあるけれども、著者の本実験の数値の観察により腎静脈内での赤血球の移動状態から推察するに左右腎臓の出血度に、相異があると思われる。此の左右腎臓の相反する数値は解剖学的に、右腎が左腎よりも下方にあり、此に加えるに右腎臓静脈が下方に傾斜しているに反し、左腎静脈は体軸に殆ど直角に走行しているに因ると思われる。

陽性加速度に曝露した時の、心臓に関する組織学的な報告も又多くあるが、心臓腔内での血液の分布状態を報告した例は見つからなかつた。此も又心臓の解剖学的な

型態学的な帰結に因るものに外ならない。

陽性加速度に曝露するに因り、血管内での赤血球の分布状態は、上述の要素以外に其の臓器が含有する血量及び組織学的な諸要素があるだろうと思われる。

以上の如くに推察すると陽性加速度に曝露に依る死亡の原因は、機械的及び静水圧的損傷に因る各種実質性臓器の出血と循環器障碍に因る脳、特に成書にもあるが如く Hypoxia に鋭敏な大脳皮質の Anemic and Anoxic Hypoxia と考えられる。

総括及び結論

1. 正常家兎血液中の赤血球数、血色素量の定量法、総鉄分定量に依る赤血球の換算法を、各々検討したところ其の信頼度が Cyanhematin 法に依り Spectrophotometer で比色定量する方法、赤血球実測数値、総鉄分定量に依る赤血球の換算法、Sahli の比色法の順位であつた。

2. 陽性加速度に曝露して死亡した家兎において、赤血球の移動状態は頭部にては甚しい貧血性であるに反し、趾間部及び指間部にては血塊を形成している。

3. 左腎静脈内の赤血球が減少するに反し、右腎静脈内の赤血球は増加し、又左心室内の赤血球は増加したのに反し、右心室内の赤血球が減少したのは生体の各部位に従う諸種臓器の型態学的及解剖学的な要素があると考えられる。

4. 死亡の原因は機械的及び静水圧的な損傷に因る実質性臓器の出血と循環器障碍に因る大脳皮質の Anemic and Anoxic Hypoxia に依ると考えられる。

参考文献

- 1) Buhiren, L.: Luftfahrtmedizin, 1: 307 (1938).
- 2) Stoll, A.M.: J. Aviation Medicine, 27: 356 (Aug.) 1956.
- 3) Von Diringshofen: Luftfahrtmedizin, 2: 321 (1938).
- 4) Stauffer, F.R.: J. Aviation Medicine, 24: 167 (Jun.) 1953.
- 5) Cranmore, D.: J. Aviation Medicine, 27: 131 (Apr.) 1956.
- 6) Britton, S.W. and Corey, E.L.: University of Virginia. Report No.40, Committee on Aviation Medicine. (1942).
- 7) 鄭聖璋: 航空医学, 第4巻, 第1号.
- 8) Cranmore, B., Mc Cormick: J. Aviation Medicine, 27: 171 (Apr.) 1956.
- 9) Gell, C.F., Cranmore, D.: J. Aviation Medicine, 24: 48 (Feb.) 1953.
- 10) Gell, C.F., Cranmore, D.: J. Aviation Medicine, 27: 171 (Apr.) 1956.
- 11) Lewis, R.B.: J. Aviation Medicine 19: 231 (Oct.) 1948.
- 12) Shaw, R.S.: J. Aviation Medicine, 19: 27 (Aug.) 1948.
- 13) Code, D.F.: J. Aviation Medicine, 18: 231 (Jun.) 1947.
- 14) Armstrong, H.G.: Principles and Practice of Aviation Medicine. Second Edition. 1943.
- 15) Lewis, D.H.: J. Aviation Medicine 26: 479 (Dec.) 1958.
- 16) Ruff, S.: German Aviation Medicine World War II. U.S.G.P.O.I: 184~597, 1950.
- 17) Hinsberg Und Lang: Borei: Biochemi. 2, 314, 3591 (1943).
- 18) Briickman and Zondek: j. Biol. Chemi.: 153: 23 (1940).
- 19) 吉川: 臨床生化学.
- 20) Hufner: Arch. Anat. Physiol.: 130 (1894).
- 21) Berhart and Skeggs: J. Biol Chemi.: 14: 19 (1943).
- 22) Peters and Van Slyke: Quanti. Clini. hemi. Vol. II (1932).
- 23) Clegg and King: Brit Med. J.: 2: 329 (1942).
- 24) 鄭聖璋: 航空医学, 第5巻, 第1号.
- 25) Flight Surgeon's Manual. Dep't of Air Force. U.S.A. p.102~104 (July) 1954.
- 26) Denzer, H.W.: German Aviation Medicine World War II. I: 824, 1950.
- 27) 趙圭輝: 航空医学, 第4巻, 第I号.
- 28) 趙圭輝: 航空医学, 第4巻, 第II号.
- 29) Gauer, Otto: German Aviation Medicine World War II. I: 581, 1950.
- 30) Romberg: German Aviation Medicine Medicine World War II. U.S.G.P.O. I: 560, 1950.
- 31) Bauer, L.H. Aviation Medicine. New York. Oxford University press. 1943.
- 32) Ballinger, E.R.: J. Air Med.: 23: 319 (1953).

Summary

Experiments were carried out on rabbits. In preliminary studies, proved that the reliability of the counting red blood cells were in following order, i.e. 1. spectrophotometry by cyanhematin method 2. direct counting. 3. calculating from total Fe ions estimated and 4. colorimetry by Sahli's method.

In cases of dead animals by the influence of acceleration, remarkable anemia was observed in head and the other hand, clotted blood was seen in periphery.

Numbers of red cells in V. renalis decreased in left side but increased in right side. Red cells in left ventricle increased while those in right ventricle decreased. The phenomenon seemed to cause from the morphological and anatomical factors.

Causes of death of animals were bleeding in parenchymatous organs by physical injury or injuries from static pressure and anemic and anoxic hypoxia in brain cortex.

Department of Biochemistry, Catholic Medical College, Seoul.