

## 흰쥐의 체액량과 체중 및 무지방 체중 사이의 관계

서울대학교 의과대학 생리학교실

安 炯 埰 · 南 基 鏞

Abstracts=

### Relation between Various Body Fluid Volumes and Body Weight or Lean Body Mass in the Rats

Hyung Che Ahn and Kee Yong Nam

*Department of Physiology, Seoul National University College of Medicine,  
Seoul, Korea*

Relationships between red cell volume ( $^{51}\text{Cr}$ -cell), total blood volume (red cell volume divided by hematocrit ratio), and extracellular fluid volume (SCN distribution space) and body weight (ranging between 73 and 384 grams) or lean body mass were studied in 59 nembutalized rats. Lean body mass was determined by means of underwater weighing method on rats clipped and eviscerated. There were positive correlations between body weight or lean body mass and the absolute values (in milliliters) of body fluid volumes. Body fluid volumes expressed on the body weight or lean body mass basis, however, showed negative correlations between body weight (grams) or lean body weight (grams) with one exception. Red cell volume expressed as % lean body mass showed a positive correlation with lean body mass. The other results are summarized as follows:

1. Body density of rats was 1.0561 (range: 1.0123~1.0781) and 19.8% body weight of total body fat was obtained. The mean value of lean body mass was 80.2% body weight.
2. The correlation between body weight and lean body mass was high, namely, coefficient of correlation was  $r=.99$ .
3. The correlation between the absolute value of red cell volume (ml) and body weight showed a high correlation; namely,  $r=.92$  and between the lean body mass coefficient of correlation was  $r=.93$ .

On a weight basis, red cell volume was 2.67 ml/100 gm body weight or 3.48 ml/100 gm lean body mass. The coefficient of correlation between body weight (grams) and red cell volume (% body weight) was  $r=-.30$ . The coefficient of correlation between lean body mass (grams) and red cell volume (% lean body mass) was  $r=.50$ . Thus, the following regression equation was obtained. Red cell volume (% lean body mass) = .00243 Lean body mass (gm) + 3.12.

4. Total blood volume was 6.06% body weight or 7.83% lean body mass. The correlation between these blood volume values and body weight or lean body mass were negative, namely,  $r=-.43$  and  $r=-.42$  respectively.

5. Extracellular volume (SCN space) was 30.0% body weight or 37.2% lean body mass. These percentage values showed negative correlations between body weight or lean body mass and coefficients of correlation were  $r=-.40$  and  $r=-.54$  respectively.

6. The rate of increase in body weight or lean body mass is accompanied by a smaller rate of increase in blood volume and extracellular fluid volume. The rate of increase in red cell volume paralleled that of lean body mass.

동물의 체액량을 표시함에 있어서 단순히 절대량만을 말해서는 별반 의미가 없는 일이며, 어떤 기준을 사용하여야만 동물 사이 또는 개체에 있어서의 변동을 비교할 수가 있다. 여기에 쓰이는 기준으로 제일 흔한 것이 체중으로 백분률 표시가 사용에 간편하다. 한편 동물체의 능동적 원형질량의 개념이 단순한 체중의 개념보다 훨씬 우수하다 하여 널리 쓰이기도 한다. Keys와 Brozek (1953)은 신체의 신진대사에 있어 능동적 집단이란 총체중으로 부터 세포의 체액량, 뼈의 광물질량, 모든 저장 지방량을 뺀 것이라고 정의하였다. Miller와 Blyth (1952) 및 Gopalan 등 (1955)은 사람에게 있어서 연령차와 성별차로 기초 대사량의 차이가 나타나는 이유로는 신체의 저장 지방량에 차이가 있어서 체중에 영향을 때문이라 하고 단위 무지방 체중의 산소 소비량은 일정하다고 하였다. 소炳烈(1964)은 흰쥐의 굶주림에 있어서 산소 소비량이 감소하는 모양은 단순한 체중보다 무지방 체중을 기준으로 관찰함이 우수하다고 보고하였다. 전해질 대사에 있어서도 무지방 체중 기준 표시가 우수함이 보고되었다. 즉 Talso(1960)등에 의하면 사람에게 있어서 총 교환성 포타슘과 체중 사이의 상관도보다 무지방 체중과의 상관도가 높다고 보고하였다.

위와 같은 개념은 총수분량과 무지방 체중 사이의 관계에서 더욱 뚜렷하다. 일반적으로 인체의 총수분량은 체중 기준으로 표시하면 여자가 남자보다 적으며 나이를 먹을수록 적어지는 값을 얻는데 이것은 변동하기 쉬운 총지방량의 증가로 적은 값을 얻게 된다고 설명된다(남기용, 1962). 나아가서는 인체의 총수분량을 무지방 체중 기준으로 표시하면 72.2% 무지방 체중(韓格富, 1960)으로 일정한 값을 얻음은 이 표시법의 우수함을 가리킨다.

남자나 여자에서 총수분량의 체중에 대한 백분률은 연령 증가에 따라 감소함이 잘 알려져 있는데(韓格富, 1960), 젖먹이 동물에서 수분함유량이 극히 적은 지방량의 증가에 따라 증가하는 체중에 수분량이 뒤따라지 못하기 때문이라고 설명된다. 그러나 다른 체액 구분의 크기에 관하여는 젖먹이 동물에서 뚜렷하지 않으나 흰쥐에서 체중 증가는 혈액량, 적혈구량(red cell volume), 및 세포의 체액 등의 체중에 대한 백분률 감소를 동반할 가능성도 생각해 한다.

이 논문은 흰쥐에 있어서 체중 및 비중법으로 측정된 무지방 체중과 세포의 체액량, 적혈구량( $^{51}\text{Cr}$ ) 및 총혈액량과의 사이의 관계를 추구하고서 비중법 이외에도 무지방 체중을 측정할 수 있는 가능성을 제시하는 것이다.

## 실험 방법

흰쥐 59 마리를 사용하였는데 지방량의 범위를 크게 잡기 위하여 어린것(체중 73 그램) 부터 늙어서 지방량이 많은것(체중 384 그램) 사이에 널리 있었으며 체중 평균은 195 그램이었다. 흰쥐에서 필요한 지시물질 주입이나 채혈 등의 조작이 끝나면 동물을 희생하여 물속의 체중을 측정하여 신체밀도(density)를 산출하여 무지방 체중(lean body mass)를 얻어서 기준으로 사용하였다.

총혈액량 측정은 헤마토크릴과 적혈구량으로부터 산출하였다. 헤마토크릴은 Wintrobe 법에 따라서 3,000 회전으로 30 분동안 원심침전하여 결정하였으며 적혈구량(red cell volume)은  $^{51}\text{Cr}$ -적혈구 회색법을 Gray 및 Sterling(1950)과 南基鏞 및 金祐謙(1961)에 따라 시행하여 결정하였다. 즉 흰쥐의 혈액 8 ml 과 1 ml의 ACD 용액 및 30~40  $\mu\text{c}$ 의  $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ (Abbott 회사 제품의 Rachromate)를 잘 혼합하고 37도에서 때때로 흔들어서 가운뎃기를 45~60 분에 110 mg의 ascorbic acid를 첨가하여(Read, 1954)  $^{51}\text{Cr}$ -표지 적혈구를 얻었다.  $^{51}\text{Cr}$ -표지 적혈구 주사후 15 분에 혈액표본을 채집하여 Tracerlab의 Well Scintillation Counter로 방사능을 측정하였다. 이리하여 총혈액량=적혈구량/헤마토크릴으로 계산하였다.

세포의 수분량 측정에는 NaSCN 회색법을 사용하였다. 쥐의 꼬리 정맥에 10% NaSCN 0.5 ml를 주입하고 90분의 평형시간이(남기용 등, 1963)경과한 후에 심장천자로 혈액표본을 얻어서 SCN 검정에 사용하였다. SCN 검정은 Gregersen 및 Stewart(1939)에 따랐다.

동물의 신체밀도는 물속에서 동물의 몸무게를 평량하여 결정하였다(Rathbun and Pace, 1945). 검정용 조작이 끝난 동물의 가슴을 손으로 눌러서 허파 속의 공기를 밖으로 내몰아서 허파의 잔기량을 무시할 수 있으리만큼 적게하고, 곧 동물의 목을 튼튼한 실로 졸라맸다. 동물의 털을 면도칼로 말끔히 깎아 버리고, 배를 열어서 밥통의 분문 괄약근 부분으로부터 직장까지의 소화관 및 부속 기관을 제거하였다. 즉 내장제거한 동물의 밀도를 측정하는 것이었다. 이것은 소화관 내부에 들어있는 공기나 가스의 분량이 상당한 변동을 보이어서 비중 측정에 적지않은 오차를 가져오기 때문이었다. 이렇게 내장제거한 동물의 비중은 그렇지 않은 동물에 비하여 상당히 큰 것이다. 내장제거한 동물의 몸무게를 공기속 및 물속에서 0.1 그램대까지 정확하게 평량하였다. 동물의 신체밀도(D)는  $D = \frac{M_a \times Q}{M_a - M_w}$ 로 셈하였는데 여기에  $M_a$ : 공기속 무게,  $M_w$ : 물속 무게, Q: 측정할 때 물 온도에 해당하는 물의 밀도이다.

신체밀도 값을 이용하여 무지방 체중을 계산하는데는

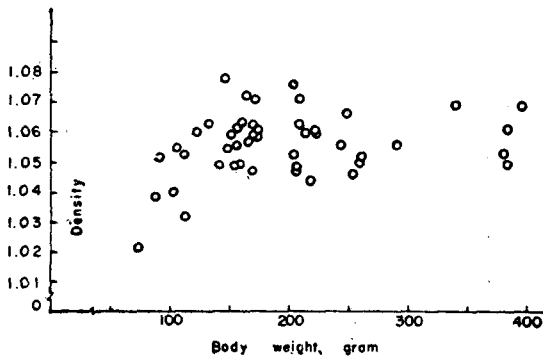
Pace 와 Rathbun(1945)에 따라서  $\% \text{ Fat} = \left( \frac{5.548}{D} - 5.044 \right) \times 100$ 의 공식으로 총지방량을 알고 이것으로부터 무지방 체중을 산출하였다.

**실험 성적**

흰쥐가 나이를 먹으면 체중이 증가하여, 이 실험에서 최고 384 그램에 이르는 것을 사용하였는데 이러한 나이와 몸무게의 변화를 무시하고 전부를 함께 균질한 것이라 간주하면 체중의 평균은 195.4 그램이었는데 신체 밀도는 평균 1.0561(범위 : 1.0213~1.0781)이었다. 제 1 표에 보는 바와 같으며 신체 밀도로부터 산출된 총지방량은 평균 19.8% body weight(범위 : 9.7~63.4%)이었다. 일반적으로 나이가 적으며 체중이 적은 흰쥐의 신체밀도는 적었으며 체중 100그램 이하에서는 더욱 이런 경향이 뚜렷하였다. 제 1 도에 이 관계를 보이는바

**Table 1. Body density, hematocrit ratio and % fat of rats**

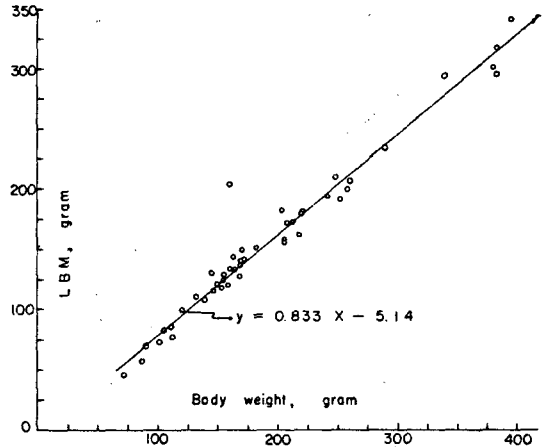
	Body weight gm	Hct %	Density	Fat %	LBM %
Mean	195.4	44.8	1.0561	19.8	80.2
S.D.	80.0	3.82	0.0107	5.38	5.38
Range	73~384	37.5~54.0	1.0213~1.0781	9.3~36.6	90.7~63.4



**Fig. 1. Relation between body weight and body density of eviscerated rats.**

체중 150 그램까지는 체중 증가에 따라서 신체밀도도 같이 증가하는 경향을 보인다. 150 그램 이상에서는 신체 밀도는 체중측과 병행하여 흰쥐의 체중이 증가하여도 총지방량은 같은 백분율을 유지함을 가리킨다. 신체밀도와 총지방량은 반대 방향으로 변화하므로 흰쥐의 체중이 150 그램 이하의 범위에서는 체중 증가는 지방량 이외의 밀도가 높은 신체 성분의 증가인 것이다.

체중과 무지방 체중 사이의 관계를 보이는 것이 제 2



**Fig. 2. Relation between body weight and lean body mass of eviscerated rats. The coefficient of correlation is  $r = .99$ .**

도이다. 이 실험에서 사용한 흰쥐의 체중 73 그램 내지 385 그램의 범위에서 체중 증가에 따라서 무지방 체중은 정비례하여 증가함을 본다. 둘 사이의 상관 계수는  $r = .99$ 로서 체중과 무지방 체중은 곧 서로를 대신하여 표현될 수 있는 성질을 가졌다. 앞서 제 1 도에서 체중 150 그램까지는 신체밀도의 변화 태도가 150 그램 이상의 범위와는 상이하였는데 제 2 도의 관계와 함께 생각하면 150 그램 이하에서 체중이 증가함은 지방량보다도 다른 성분이 더우세하게 증가함을 뒷받침한다. 또한 흰쥐의 체중 150 그램 이상에서는 체중이나 무지방 체중의 증가와 상관없이 신체의 구성 성분에 별반 변동이 없음을 가리킨다.

흰쥐의 헤마토크리 비율은 평균 44.8%이며 37.5~54.0%의 넓은 범위에 흩어져 있었다.

방사성  $^{51}\text{Cr}$ 로 표지된 적혈구 회석법으로 측정된 흰쥐의 적혈구량(red cell volume)은 평균 5.19(범위 : 1.69~10.7)밀리리터 이었다. 체중(그램)과 적혈구량(밀리리터) 사이에는 고도의 상관관계가 있어서 상관계수는  $r = .92$ 에 이르렀으며, 제 3 도에 이 관계를 보인다. 체중 100 그램에 대한 적혈구량은 2.67(범위 : 2.02~3.16)밀리리터 이었다. 제 2 표에 보는 바와 같이 무지방 체중 100 그램에 대하여 3.48(범위 : 2.89~3.85)밀리리터의 적혈구량을 나타냈는데 이것을 뒷받침하는 것이 제 4 도의 관계이다. 무지방 체중(그램)과 적혈구량(밀리리터) 사이의 상관계수는  $r = .93$ 으로 단순한 체중과의 사이의  $r = .92$ 와 같은 크기이었다.

총혈액량은 체중의 6.06%(범위 : 4.66~7.09%)이었으며 둘 사이의 상관계수는  $r = .94$ 이었다. 무지방 체

Table 2. Red cell volume, total blood volume and SCN space expressed on body weight and lean body mass basis

	red cell volume			blood volume			SCN space		
	ml	% b.wt.	% LBM	ml	% b.wt.	% LBM	ml	% b.wt.	% LBM
Mean	5.19	2.67	3.48	11.8	6.06	7.83	53.8	30.0	37.2
S.D.	2.16	0.33	0.29	4.83	0.73	0.74	18.2	3.31	5.64
Range	1.69~ 10.7	2.02~ 3.16	2.89~ 3.85	4.30~ 17.4	4.66~ 7.09	6.13~ 9.36	22.6~ 95.9	24.2~ 37.2	28.9~ 50.2

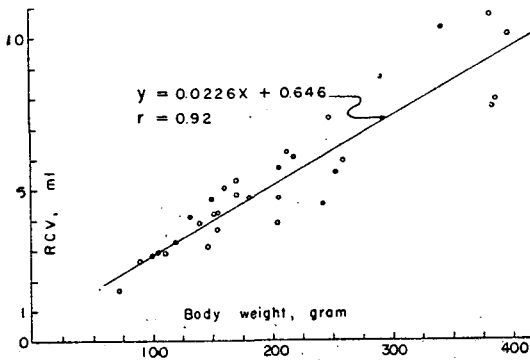


Fig. 3. Relation between body weight and red cell volume (<sup>51</sup>Cr-cell) in rats. The coefficient of correlation is r=0.92.

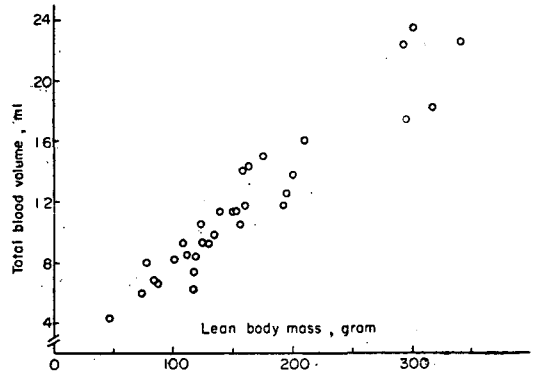


Fig. 5. Relation between lean body mass and total blood volume in rats.

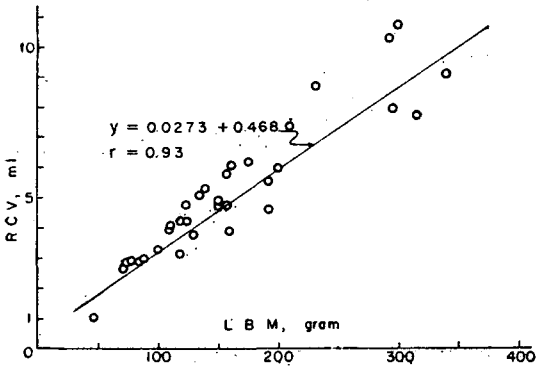


Fig. 4. Relation between lean body mass and red cell volume in rats. The coefficient of correlation is r=0.93.

증과의 사이의 상관계수는 r=0.95 이었으며 제 5 도는 이 관계를 보이는 것이다. 즉 무지방 체중에 대한 총혈액량의 백분율은 7.83%(범위: 6.13~9.36%)이었다. 이리하여 총혈액량은 체중 및 무지방 체중의 좋은 표시가 될 수 있다.

세포의 체액량은 SCN 분포용적으로 측정되었는데 체중에 대하여 30.0%(범위: 24.2~37.2%)의 크기이었다.

제 6 도는 무지방 체중과 세포의 체액량 사이의 관계를 보이는 것인데 둘 사이의 정비례 관계 (r=0.94)가 잘 나타나 있다.

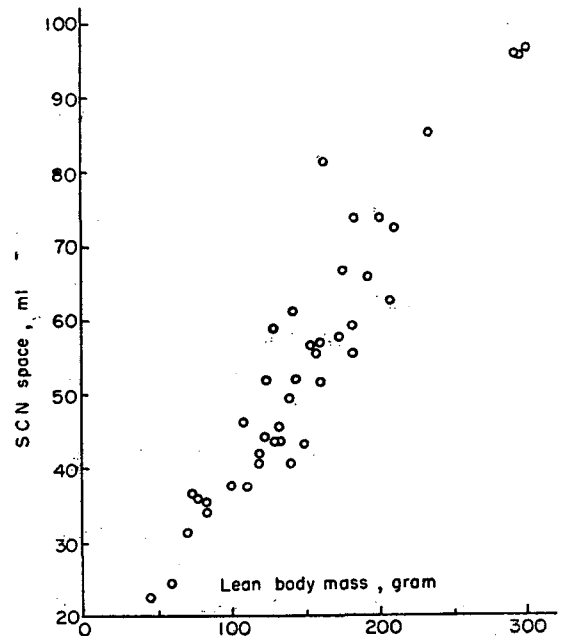


Fig. 6. Relation between lean body mass and extracellular fluid volume (SCN space) in rats.

Table 3. Correlations

	LBM (gm)	SCN (ml)	RCV (ml)	TBV (ml)
Body wt. (gm)	0.99	0.96	0.92	0.94
P	<.001	<.001	<.001	<.001
LBM (gm)	—	.94	.93	.95
P		<.001	<.001	<.001
Body wt. (gm)		SCN, % b.wt.	RCV, % b.wt.	TBV, % b.wt.
P		-0.40	-0.30	-0.43
		<.01	<.1	<.02
LBM (gm)		SCN, % LBM	RCV, % LBM	TBV, % LBM
P		-0.54	-0.5	-0.42
		<.01	<.01	<.01

이상에서 체중 또는 무지방 체중과 적혈구량, 총혈액량, 및 세포의 체액량 사이의 관계를 보았는데 서로 사이의 상관계수를 제 3 표에 제시한다. 상관계수는 모두 0.9 이상이어서 이들 체액량을 절대치로 표시함에 있어서 체중과 무지방 체중은 우열을 가릴 수가 없다. 흰쥐의 체액량은 어느것을 사용하여도 다같이 신빙성이 있다고 하겠다.

체중 또는 무지방 체중에 대하여 백분률 표시한 이들 체액량과 체중 또는 무지방 체중 사이의 상관 관계는 무지방 체중과 적혈구량 사이의 상관관계만을 제외하고는 모두 역상관 관계를 보인다(제 3 도). 제 7 도는 체중과의 사이의 관계를 보이는 것인데 역상관 관계가 잘 나타나 있다. 혈액량, 적혈구량 및 세포의 체액량의 절대량이 체중 증가에 따라서 증가하며 둘 사이의 상관계수

가 모두  $r > .90$  이란 높은 값을 보이기는 하나, 그 증가율이 체중의 증가율보다는 적음을 가리킨다. 특히 SCN 분포용적 직선의 경사도는 커서 세포의 체액량의 증가율이 가장 적음을 가리킨다.

무지방 체중과 % Lean body mass 로 표시된 체액량 사이의 관계를 제 8 도에 보인다. 세포의 체액량과 총혈액량의 증가율이 무지방 체중의 증가율 보다 적음이 잘 나타나 있으며 각각의 경사도는 체중과 대비하였을 경우(제 7 도) 보다도 더 크다. 즉 수분의 함유량이 극히 적은 지방질을 제외한 무지방 체중의 증가율보다, 수분량의 증가율이 월등히 적음을 가리킨다.

적혈구량은 단하나의 예외로 그 증가율은 무지방 체중 증가율보다 크다. 신체내 활동성 성분인 무지방 체중은 반드시 일정량 이상의 적혈구량을 동반하면서 증가함을 말한다.

이상의 여러 관계를 제 4 표에 일괄하여 회귀 방정식으로 제시하였다.

### 고 찰

내장제거한 흰쥐의 신체밀도값으로 평균 1.0561 를 얻었고 이것에 대하여 총지방량이 19.8% 체중이란 값을 얻었는데 초炳烈(1964)이 보고한 값인 1.048 과 비슷한 크기이나 Montemurro 와 Stevenson (1957)이 보고한 1.056~1.082 에 비하면 적은 값이다. 그러나 무슨 이유로 이러한 차이가 있는지를 설명할 수는 없다. 전신 밀도에 가장 크게 영향을 주는 요소가 지방질 인바, 이것은 지방질의 수분 함량이 23% (Forbes 등, 1953)인 지방질이 많으면 그만큼 신체밀도는 작아지기 때문이다. 그러므로 동물이 성장하면서 체중이 증가함에 있어서 신체 구성 성분의 다른 것보다 지방량

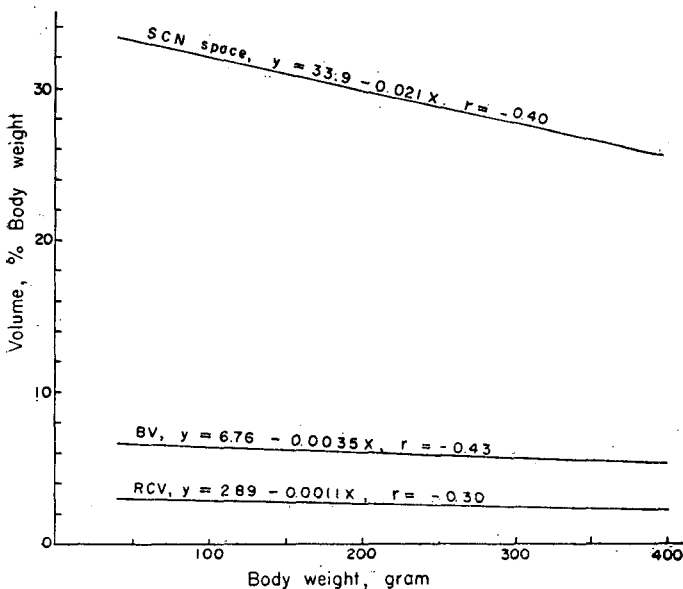


Fig. 7. Correlation between body fluid volumes in ml/100 grams body weight in eviscerated rats.

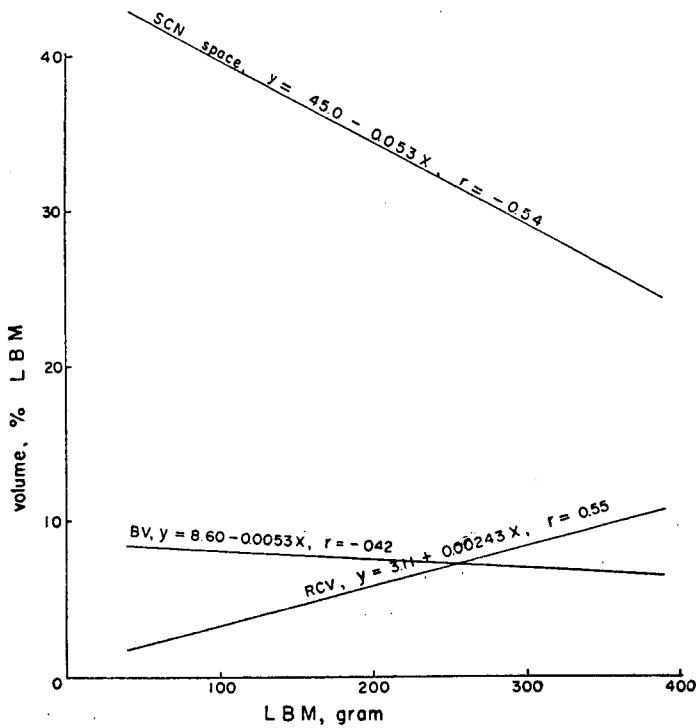


Fig. 8. Correlation between body fluid volumes in ml/100 grams lean body mass in eviscerated rats.

Table 4. Regression equations

RCV (ml)	=0.0226 b.wt. (gm)	+0.646
RCV (ml)	=0.0273 LBM (gm)	+0.468
RCV (%b.wt.)	=-0.00106 b.wt. (gm)	+2.886
RCV (%LBM)	=0.00243 LBM (gm)	+3.118
TBV (ml)	=0.0505 b.wt. (gm)	+1.146
TBV (ml)	=0.0609 LBM (gm)	+2.078
TBV (%b.wt.)	=-0.0035 b.wt. (gm)	+6.757
TBV (%LBM)	=-0.0053 LBM (gm)	+8.60
SCN space (ml)	=2.443 b.wt. (gm)	-397.26
SCN space (ml)	=0.2962 LBM (gm)	+9.737
SCN space (%b.wt.)	=-0.0209 b.wt. (gm)	+33.86
SCN space (%LBM)	=-0.0526 LBM (gm)	+44.985
LBM (gm)	=0.8329 b.wt. (gm)	-5.137

의 증가가 우월하다면 신체밀도는 작아진다. 사람 어른에 있어서 여자가 남자보다 일반적으로 신체밀도가 작은 원인은 총지방량이 여자쪽에 많기 때문이다(남기용, 1962).

저자의 실험에서 체중으로부터 지방량을 뺀 무지방 체중은 체중과의 사이에 상관계수가  $r=0.99$  라는 고도의 상관 관계를 보이며  $LBM(gm)=0.833 \text{ Body weight}(gm)-5.137$  이라는 관계식으로 대표되는데 사용한 흰쥐의 체중 73~384 그램의 범위에 있어서는 체중의 증가

와 무지방 체중의 증가는 정비례하였으며 체중의 80.2%가 무지방 체중에 해당하여 일정하였다. 이렇게 이 실험에서 사용한 흰쥐의 단순한 체중과 무지방 체중은 거의 완전히 서로를 대표할 수 있는 것이므로 체액량과의 사이의 상관 관계가 둘다 같이 고도이라는 사실에 반영되었다고 보겠다. 즉 체중과의 사이의 상관계수가 적혈구량이  $r=0.92$ , 총혈액량이  $r=0.94$ , 세포의 체액량은  $r=0.94$  이며, 무지방 체중과의 사이의 상관계수는 적혈구량이  $r=0.93$ , 총혈액량이  $r=0.95$ , 세포의 체액량이  $r=0.94$  로서, 체중과 무지방 체중 사이에는 우열을 가릴 수가 없었다. 이리하여 다음에 기술하는 회귀 방정식은 다같이 신빙성이 있는 것이라고 하겠다.

적혈구량은 2.67 ml/100 gm body weight 이라는 값을 얻었는데 Garcia(1957)가 보고한 2.2 ml/100 gm body weight, Dellenback 와 Muelheims(1960)이 보고한 2.31 ml/100 gm, Doornenbal 등 (1962)의 2.33 ml/100 gm 등에 비하면 조금 큰 값이나 Fernandez 등 (1966)가 보고한 2.70 ml/100

gm 과는 같은 값이다. 이렇게 적혈구량이 체중 기준으로 표현되는 일은 이 실험에서 얻은 것 같이 체중과 적혈구량 사이의 상관 관계가 고도이라는 사실에 기초를 두는 일인데 저자의 실험에서는 상관계수가  $r=0.92$  에 이르렀다. 따라서  $\text{Red cell volume}(ml)=0.0226 \text{ Body weight}(gm)+0.646$  으로 적혈구량이 표현될 수 있었다. Doornenbal 등 (1962)은  $r=0.96$  을 보고하여 더욱 고도의 상관 관계를 주장하였다. Garcia(1957)에 의하면 흰쥐의 성장 과정에 있어서 나이가 15~20 일경에는 빈혈증이 있으며 적혈구량은 1.3 ml/100 gm bodyweight 로 감소하며 이후 계속 증가하여 60 일 이후부터는 2.2 ml/100 gm 을 유지한다고 한다. 이것은 이 기간에 체중의 증가분이 적혈구량 증가분보다 큰 고로 적혈구량이 상대적인 감소를 나타내는 때문이라 한다. 저자의 실험에서 체중이 100 그램 이하의 범위에서는 신체밀도가 낮으며(제1도), 무지방 체중이 체중에 비하여 적은(제2도,  $LBM=0.833 \text{ Body weight}-5.14$  를 나타내는 직선보다 아래로 점들이 위치한다) 사실 등은 흰쥐의 성장에 있어서 체중의 증가가 신체 구성성분의 불균등한 증가를 표현하는 것이라고 볼 수 있는만큼 이 시기에 적혈구량의 상대적 감소가 있음을 뒷받침한다. 그러나 이 실험에서는 이것을 고려에 넣지 않고 모두 같이 취급하였다

체중에 대한 백분율로 표시된 적혈구량과 체중 사이  
에 역상관 관계를 ( $r = -0.30$ ) 보이는 일은 위의 고찰과  
같이 당연한 일이라 보겠다. 즉 체중이 증가함에 따라  
적혈구량의 총량 또한 증가하나 체중의 증가율이 우세  
함을 단적으로 나타낸다. 적혈구량은 신체의 산소 운반  
능력의 구체적인 표시라 보겠는데, 산소가 쓰이는 것은  
지방질을 제외한 능동적 신체 구성분이다. 체중의 증가  
가 능동적 구분과 비능동적인 지방질 등의 두가지 요인  
으로 되었으나, 비능동적 구분의 증가가 산소 운반제인  
적혈구량을 같은 비율로는 동반하지 않음을 가리킨다.

무지방 체중에 대한 백분율 표시의 적혈구량만이 여  
러 체액 가운데서 하나만 무지방 체중과의 사이에 정  
(positive)의 상관 관계를 보이는 일은 흥미있는 일이다  
( $r = 0.50$ ). 즉 저자의 실험에서 Red cell volume(%LBM)  
 $= 0.00243 \text{ LBM}(\text{gm}) + 3.118$  과 같이 무지방 체중 증가  
에 따라서 무지방 체중에 대하여 백분율로 표시되는 적  
혈구량이 같이 증가하는데, 이는 산소를 소비하는 능동  
적 신체 구성분인 무지방 체중의 증가율보다 적혈구량  
증가율이 크다는 사실을 가리킨다. 다시말하면 흰쥐의  
체중이 100 그램 이하인 시기에 신체 밀도가 그후의 시  
기에 비하여 낮다가 100 그램을 지나면서 1.056 전후의  
평균치에 접근하는데 있어서 지방질 보다 무지방 체중  
자체의 증가가 우세한 일을 가리킨다.

흰쥐의 총혈액량으로 저자가 얻은 값은 6.06% body  
weight 또는 7.83% lean body mass 인데 Garcia(1957)  
는 4.4 ml/100 gm body weight ( $^{51}\text{Cr}$  법), Dellenback  
(1960)은 4.85% body weight ( $^{51}\text{Cr}$  법), Doornenbal  
(1962)은 4.70% body weight ( $^{51}\text{Cr}$  법), Fernandez  
(1966)는 7.6% body weight ( $^{51}\text{Cr} + ^{131}\text{I}$  법)를, 崔德瓊  
등(1960)은 7.41% body weight(T-1824 법)를, 張炳鏞  
(1963)은 7.3% body weight (T-1824 법), Shields 등  
(1960)은 7.3% body weight 등이 보고되어 값 사이에  
차이가 보인다. 이것은 방법의 차이가 주요 원인일 것  
이며, 가령 T-1824 법이  $^{51}\text{Cr}$  법 보다 큰값을 보이는 것  
과 같다. 그러나 같은  $^{51}\text{Cr}$  법을 사용하면서도 값의 차  
이가 있는데 동물의 품종차를 생각할 수 있으나 그밖의  
요인은 무어라 말하기 곤란하다. 이러한 차이에 불구하  
고 저자 실험에서 총혈액량과 체중 및 무지방 체중과의  
사이의 상관계수가 각각  $r = 0.94$  및  $r = 0.95$  라는 고도의  
관계를 보여서 Blood volume(ml)  $= 0.0505 \text{ Body weight}$   
(gm) + 1.146 또는 Blood volume(ml)  $= 0.0609 \text{ LBM}$   
(gm) + 2.078 의 관계식으로 대표할 수가 있었다. 한편  
체중 및 무지방 체중에 대하여 백분율 표시한 총혈액량  
은 각각에 대하여 역상관 관계( $r = -0.43$  및  $r = -0.42$ )를  
나타낸 일은 총혈액량 증가율이 체중이나 무지방 체중

의 증가율을 뒤따르지 못함을 가리킨다. 그러나 앞서 고  
찰한 것같이 적혈구량의 증가율은 무지방 체중의 증가  
율과 정비례하였던 일을 고려하면, 혈액량을 구성하는  
적혈구량과 혈장량의 두 요소 가운데서 혈장량의 증가  
율이 체중이나 무지방 체중의 증가율보다 적다는 것이  
된다. Fernandez 등(1966)에 의하면 %체중 표시 혈장  
량과 체중 사이의 상관계수가  $r = -0.37$  임을 보고하여  
혈장량의 증가율이 체중의 그것에 비하여 적음을 지적  
하였다. 이리하여 Total blood volume(% body weight)  
 $= -0.0035 \text{ Body weight (gm)} + 6.757$  및 Blood volume  
(% LBM)  $= -0.0053 \text{ LBM}(\text{gm}) + 8.60$  등의 방정  
식은 적혈구량의 큰 증가율과 혈장량의 적은 증가율이  
서로 영향하여 결국 역상관 관계를 나타내게 된 것이다.

세포의 체액량을 SCN 회색 용적으로 측정할 값이 30.0  
% body weight 또는 37.2% lean body mass 이었는데  
Chesley와 Weill(1956)은 26.9%의 성적을 얻었으며  
韓格富(1960)는 사람에서 24.6% body weight 를,  
Gopalan 등(1955)은 27.5%를 보고하여 저자의 값은  
이들에 비하여 조금 크다. 세포의 체액의 절대량이 체  
중이나 무지방 체중 증가에 비례하여 증가하며 둘 사이  
의 상관계수가 각각  $r = 0.96$  및  $r = 0.94$  로 증가율이 같은  
것 같이 보이나 백분율 표시의 SCN 분포 용적이 체중  
및 무지방 체중과 역(逆)상관관계 ( $r = -0.40$  및  $r = -$   
 $0.54$ )를 나타내는 일은 세포의 체액의 증가율이 상대적  
으로 적은 것을 가리킨다. 세포의 체액의 구성분은 적  
혈구량, 혈장량 및 간질액량인데 앞서 본 것 같이 적혈  
구량은 증가율이 체중과 무지방 체중보다 크므로 혈장  
량 및 간질액량의 증가율이 적음을 나타낸다. 간질액량  
증가율의 감소는 Fernandez 등(1966)이 지적하고 있다.

이상과 같이 흰쥐의 체액량 절대치가 체중 및 무지방  
체중에 정비례하여 증가하나(제 3, 4, 5, 6 도), 체액량을  
체중 및 무지방 체중에 대하여 백분율 표시하면 적혈구  
량과 무지방 체중의 관계를 예외로 하고는 모두 체중이  
나 무지방 체중 증가에 대하여 감소한다는 일은(제 7, 8  
도) 흰쥐에서 신체 구성성분을 정확히 아는데 중요하다  
즉 체액량을 체중에 대하여 백분율 표시하면 체중이나  
무지방 체중이 상이한 흰쥐의 체액량을 단순히 비교  
하는 일은 그 가치가 감소한다. 이리하여 흰쥐의 실험  
에 있어서 동물의 체중이 균등히 같은 무리를 사용함이  
좋다고 할 것이다.

## 결 론

흰쥐를 성별에 상관없이 59 마리를 사용하여 체중 또  
는 무지방 체중과 적혈구량, 총혈액량, 세포의 체액량  
사이의 관계를 보았다. 흰쥐의 체중은 73 내지 384 그

태이며 평균 195그램이었다. 흰쥐의 신체밀도를 물속 평량법으로 측정하여 지방량을 산출하고 이것을 체중으로부터 제하여 무지방 체중을 얻었다. 적혈구량은  $^{51}\text{Cr}$ -적혈구법으로, 총혈액량은 Wintrobe 법으로 얻은 헤마토크릿 비율과 적혈구량으로부터 산출하였고, 세포의 체액량은 SCN 분포 용적으로 측정하였다. 체중이나 무지방 체중과 이들 체액량 절대치 사이에는 모두 정상관 관계가 있었으며, 체중이나 무지방 체중에 대하여 백분률표시한 체액량은 체중 또는 무지방 체중과의 사이에 역상관 관계를 보였다. % lean body mass 표시의 적혈구량은 무지방 체중과 정상관 관계를 보인 것이 예외이었다. 이밖의 성적을 요약하면 다음과 같다.

1. 흰쥐의 신체 밀도는 1.0561(범위 : 1.0213~1.0781)이었으며, 산출된 총지방량은 19.8%체중이었다. 무지방 체중은 80.2%체중이었다.

2. 체중과 무지방 체중 사이에는 고도의 상관 관계가 있었으며  $r=0.99$ 이었다.

3. 적혈구량 절대치와 체중 사이의 상관 관계는 상관 계수  $r=0.92$ 이었으며, 무지방 체중과의 사이에는  $r=0.93$ 이었다.

체중에 대한 백분률로는 적혈구량은 2.67 ml/100 gm body weight이었으며, 무지방 체중 기준으로는 3.48 ml/100 gm lean body mass이었다.

체중(그램)과 % 체중 적혈구량 사이의 상관 계수는  $r=-0.30$ 이었으며, 무지방 체중(그램)과 % 무지방 체중 적혈구량 사이의 상관계수는  $r=0.50$ 이었다. 이리하여 Red cell volume (% lean body mass) = 0.0243 lean body mass (gm) + 3.12 이란 관계를 얻었다.

4. 총혈액량은 6.06% body weight, 7.83% lean body mass이었으며 이것들의 각각이 체중 또는 무지방 체중에 대하여 역상관 관계(각각  $r=-0.43$  및  $r=-0.42$ )에 있었다.

5. 세포의 체액량(SCN 분포 용적)은 30.0% body weight, 37.2% lean body mass이었으며; 이같이 백분률 표시값은 체중 및 무지방 체중과 각각 역상관 관계(각각  $r=-0.40$  및  $r=-0.54$ )에 있었다.

6. 흰쥐의 체액량 절대치는 체중이나 무지방 체중 증가에 비례하여 증가하나 백분률 표시 체액량은 체중 증가에 대하여 도리어 감소하는 일은 체중이나 무지방 체중의 증가율이 체액량 증가율보다 큰 사실을 가리킨다.

## REFERENCES

張炳鍵: 저산소 환경에 있는 흰쥐의 혈액량 및 조직 수분량의 변동. *항공의학* 11:9, 1963.  
Chesley, L.C., and W. Weill, Jr.: *Body water and*

*plasma volume of mammals. In Handbook of Biological Data. ed. by Spector, W.A.D.C. Technical Report. 56-273:340, 1956.*

崔德瓊·南基鏞·李相教·金昌旭: 염화코발트로 poly-cythaemia를 일으킨 흰쥐의 혈액량. *서울의대잡지* 1:205, 1960.

全炳烈: 흰쥐에 있어서 굶주린 때의 산소 소비량, 몸무게, 신체밀도, 조직 단백질 함유량의 변화. *서울의대잡지* 5:9, 1964.

Dellenback, R.J., and G.H. Muelheims: *Red blood cell volume and distribution before and after bleed-out in the rat. Am. J. Physiol. 198:1177, 1960.*

Doornenbal, H., S.A. Asdell, and C.L. Comar: *Relationship between  $\text{Cr}^{51}$ -determined total red cell volume and lean body mass in rats. J. Appl. Physiol. 17:737, 1962.*

Fernandez, L.A., O. Rettori, and R.H. Mejia: *Correlation between body fluid volumes and body weight in the rat. Am. J. Physiol. 210:877, 1966.*

Fidanza, F., A. Keys, and J.T. Anderson: *Density of body fat in men and other mammals. J. Appl. Physiol. 6:252, 1953.*

Forbes, R.M., A.R. Cooper, and H.H. Mitchell: *The composition of the adult human body as determined by chemical analysis. J. Biol. Chem. 203:359, 1953.*

Garcia, J.F.: *Changes in blood, plasma and red cell volume in the male rat. Am. J. Physiol. 190:19, 1957.*

Gopalan, C., S.G. Srikantia, and P.S. Venkatachalam: *Body composition and basal metabolism of normal subjects. J. Appl. Physiol. 8:142, 1955.*

Gray, S.J., and K. Sterling: *The tagging of red cells and plasma proteins with radioactive chromium. J. Clin. Invest. 29:1604, 1950.*

Gregersen, M.I., and J.D. Stewart: *Simultaneous determination of the plasma volume with T-1824 and the "available fluid" with sodium thiocyanate. Am. J. Physiol. 125:142, 1939.*

韓格富: 남자에서 엔티피린과 치오싸이아네이트 회색법에 의한 신체 성분 분석 및 산소 소비량에 관한 연구. *의학다이제스트* 2:21, 1960.

Keys, A., and J. Brozek: *Body fat in adult man.*



*Physiol. Rev.* 33:245, 1953.

Miller, A.T., and C.S. Blyth: *Estimation of lean body mass and body fat from basal oxygen consumption and creatinine excretion. J. Appl. Physiol.* 5:73, 1952.

Montemurro, D.G., and J.A.F. Stevenson: *Body composition in hypothalamic obesity derived from estimation of body specific gravity and extracellular volume. Metabolism* 6:161, 1957.

南基鏞 · 金祐謙 : 단성 실험성 빈혈자에서  $Cr^{51}$ 에 의한 적혈구의 반감 잔생 수명 측정. 서울의대잡지 1: 313, 1960.

南基鏞 : 인체의 총지방량. 대한군진의학 2:27, 1962.

南基鏞 · 金完泰 · 權騏澤 : 흰쥐에 있어서 자극된 근의 수분량 및 혈장량에 관한 실험. 서울의대잡지 4: 89, 1963.

Pace, N., and E.N. Rathbun: *Studies on body composition. III. Body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. J. Biol.*

*Chem.* 158:685, 1945.

Rathbun, E.N., and N. Pace: *The determination of total body fat by means of the body specific gravity. J. Biol. Chem.* 158:667, 1954.

Read, R.C.: *Studies of red cell volume and turnover using radiochromium; description of new "closed" method of red cell volume measurement. New England J. Med.* 250:1021, 1954.

Shields, J.L., W.S. Planter, and R.E. Neubedson: *Electrophoresis of serum proteins and body fluid volumes during cold acclimatization. Am. J. Physiol.* 199:942, 1960.

Sterling, K., and S.J. Gray: *Determination of circulating red cell volume in man by radioactive chromium. J. Clin. Invest.* 29:1614, 1950.

Talso, P.J., C.F. Miller, A.J. Carballo, and I. Vasquez: *Exchangeable potassium as a parameter of body composition. Metabolism* 9:456, 1960.