

## 한국인 성인남자의 리보플라빈 대사에 관한 연구

황 금 희

동신전문대학 식품영양과

### A Study on the Metabolism of Riboflavin in Korean Men

Geum-Hee Hwang

Dept. of Food and Nutrition, Dongshin Junior College, Kwangju 500-714, Korea

#### Abstract

This study investigates the balance and biochemical status of riboflavin in Korean men. During the experimental period, four riboflavin diets with different levels of riboflavin (0.4, 0.6, 0.8 and 1.0mg/1000kcal) were followed by eight healthy college men. The riboflavin status was assayed by erythrocyte glutathione reductase activity coefficient (EGRAC) and urinary excretion of riboflavin. Riboflavin intake of the subjects who consumed a usual diet was 0.46mg/1000kcal. The riboflavin intakes of the subjects who consumed the experimental diet with 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0mg/1000kcal of riboflavin were 0.41, 0.60, 0.81, 0.97mg, respectively. Fecal riboflavin loss, absorbed riboflavin, urinary riboflavin loss and retained riboflavin increased in the subjects consumed 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0mg/1000kcal of riboflavin. The average EGRAC values for the subjects consumed 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0mg/1000kcal of riboflavin were  $1.303 \pm 0.029$ ,  $1.271 \pm 0.022$ ,  $1.239 \pm 0.013$ ,  $1.202 \pm 0.030$ , respectively and urinary riboflavin values ( $\mu\text{g/g}$  creatinine) were  $86.89 \pm 20.07$ ,  $123.88 \pm 15.88$ ,  $240.70 \pm 57.14$  and  $393.36 \pm 76.94$ , respectively. Results indicate that 0.6mg/1000kcal is the level of riboflavin intake needed to maintain urinary riboflavin within the normal range. And above 1.0mg/1000kcal of riboflavin is needed to maintain the EGRAC within the normal range. The riboflavin intake correlated positively with urinary riboflavin value, but correlated negatively with the EGRAC value. The EGRAC value correlated negatively to protein intake as well as animal protein intake. The linear equation of between riboflavin intake and EGRAC was  $\text{EGRAC} = -0.1667 \times \text{riboflavin intake} + 1.3710$ . The riboflavin intake to maintain EGRAC below 1.20 was calculated 1.02mg/1000kcal by the above equation.

Key words : riboflavin, balance, EGRAC, creatinine

#### 서 론

리보플라빈은 flavin adenin dinucleotide(FAD)와 flavin monophosphate(FMN)의 두가지 조효소 형태로 생물학적 산화환원 반응에 작용하므로 체내 에너지 대사 뿐만 아니라 단백질 대사에도 관여하여 성장과 조직의 보수에 필수적인 요소이다.

한국인 식생활의 경우 우유류 또는 육류 섭취량이 적은 관계로 리보플라빈 결핍은 한국인에게 상존하는 영양문제 중의 하나로 항상 거론되어 왔다<sup>1)</sup>. 또한 리보플

라빈 섭취량을 조사한 몇편의 문헌<sup>2-4)</sup>은 대체로 리보플라빈 섭취량이 0.63~1.4mg으로 부족함을 나타내고 있으며, 적혈구의 glutathione reductase 활성계수(EGRAC : erythrocyte glutathione reductase activity coefficient)를 사용하여 리보플라빈의 영양상태를 평가한 몇편의 문헌<sup>5-6)</sup>에서는 리보플라빈의 섭취량은 한국인 권장량 보다 높았지만 생화학적으로 본 리보플라빈 영양상태는 저조하다고 평가하였다. 또한 리보플라빈 섭취량과 생화학적 지표간의 상관관계를 밝힌 두편의 문헌<sup>7,8)</sup>은 리보플라빈 섭취량과 에너지, 단백질 섭취량 및 EGRAC 사이의 상관관계가 일치하지 않음을 보고하고 있어 리보플라빈, 에너지 및 단백질 섭취량이 EGRAC에 주는 영향 요인에 대한 보다 면밀한 분석이 필요하

<sup>1)</sup> 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국한술진흥재단의 지방대학 육성과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

다 하겠다. 한편 현재 한국인의 리보플라빈 권장량은 한국인을 대상으로 한 실험성적이 부족하여 Horwitt의 인체실험성적 등 8편의 외국문헌<sup>7-16)</sup>을 근거로 0.6 mg/1000kcal로 설정된 것이다. 그러나 최근에 이르러 Belko 등<sup>17-19)</sup>과 윤 등<sup>20)</sup>에 의해 현재 책정된 리보플라빈 권장량이 적당하지 않다고 지적되고 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 리보플라빈이 에너지대사에 광범위하게 요구되는 중요한 비타민이라는 점, 한국인의 식생활에서 결핍되기 쉬운 영양소라는 점, 생화학적으로 본 리보플라빈 영양상태가 불량하다는 점 및 리보플라빈 권장량의 재 책정이 필요하다는 점 등을 고려할 때 한국인에게 적합한 권장량을 설정하기 위해서는 한국인을 대상으로 한 다각적인 대사 성적이 얻어져야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 한국인 성인남자를 대상으로 하여 리보플라빈을 단계적으로 4주간 급여하여 리보플라빈의 생화학적 영양상태의 변화를 파악하였으며 리보플라빈 대사를 분석하였고, 리보플라빈 대사와 에너지 및 단백질 섭취량과의 상관을 분석하였다. 본 연구 결과가 리보플라빈의 권장량 설정을 위한 기초자료로 사용되므로써 국민보건 향상에 이바지하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험대상자의 선정

실험대상자는 동신전문대학 식품영양과에 재학중인 남대생 중에서 연령이 20세 이상이고 특기할만한 질환이 없으며 알콜중독, 약물복용 등의 습관이 없고 실험의 목적과 제반준수 사항을 충분히 이해하고 수행할 의사가 있는 사람 8명을 면접을 통해 선발하였다.

### 실험설계

실험기간은 실험 환경에 적응하는 예비실험기간 1주와 실험식이 급여기간 4주로 하였다. 실험기간 중 실험대상자들은 평소와 같은 자유로운 생활을 하며 적정체중이 유지되도록 하였다. 예비실험기간에는 실험대상자들의 일상적인 식생활(CF식이)을 영위하도록 하였으며 이때의 식품섭취 실태를 연속 7일간 24시간회상법으로 식이섭취 조사표에 기록하도록 하여 조사하였으며 면담을 통하여 확인함으로써 오차를 최소화하였다. 실험식은 한국인 영양권장량<sup>21)</sup>에 준하여 에너지와 단백질은 모두 2500kcal와 70g을 함유하도록 하였으며 리보플라빈은 에너지 1000kcal당 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0mg(각각 0.4RF식이, 0.6RF식이, 0.8RF식이 및 1.0RF

식이)이 되도록 하였다. 아울러 한국인에 있어서 섭취량이 부족되기 쉬운 무기질과 비타민 등의 공급에 유의하였으며, 주로 한국의 중류가정에서 상용되는 식품을 이용하여 각 실험식이마다 3종의 식단을 작성하였다. 식사는 일정한 장소에서 일정한 시간에 섭취토록 하였으며, 평량법으로 실제섭취량을 조사하였다. 또한 식단 이외로 섭취된 간식은 기록하도록 하였고 면담을 통해 확인하였다.

### 체위 계측 및 영양소 섭취량 산출

실험대상자의 신장은 각 실험식이 급여기간 첫날 신장계(Martin식 신장계, Siber Instrument Co., London)를 이용하여 계측하였으며, 체중은 각 실험기간이 끝나는 다음날 아침 전자식 체중계를 이용하여 계측하였고, 신장과 체중으로부터 BMI(Body Mass Index : weight (kg) / height (m)<sup>2</sup>)를 구하였다.

영양소 섭취량은 예비 실험기간 및 각 실험식이 급여기간의 섭취 기록표를 토대로 식품성분표<sup>22)</sup>에 의거 에너지, 단백질, 지방 및 리보플라빈 섭취량을 구하였고, 이로부터 지방 에너지비를 구하였다.

### 소변, 대변 및 혈액의 채취 및 처리

예비실험기간 1주와 실험식이 급여기간 4주에 걸쳐 실험대상자들의 대변과 소변 배설량을 매일 측정하였고, 시료는 1주일 중 3일간씩 수집하여 분석에 사용하였다. 대변은 미리 칭량된 용기에 수집하였고 이에 동량의 물을 넣어 혼합기로 균질화한 후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20°C의 냉동고에 보관하였다. 소변은 진한 염산 10ml가 들어있는 용기에 수집하여 총량을 측정한 후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 대변과 동일한 온도에 보관하였다.

혈액은 각 실험기간이 끝나는 다음날 아침 공복시에 채취된 처리된 주사기로 정맥혈을 취하였으며 일부는 즉시 혈액학적 분석에 사용하였고 나머지 혈액은 임상적 분석을 위하여 3000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 즉시 분석에 사용하였다. 한편 혈장과 buffy coat를 제거하고 남은 적혈구는 EGRAC 분석을 위하여 동량의 0.9% 식염수액(6~7°C)으로 1회 세척한 후 재차 원심분리하여 얻은 적혈구를 교반하여 용량 5ml의 시험관에 200μ씩 분배하여 -20°C에 보관하였다.

### 시료의 분석

혈액의 hemoglobin(Hb) 함량은 cyanomethemoglob-

in법<sup>23)</sup>으로, hematocrit(Hct)치는 capillary법<sup>23)</sup>으로, 혈청 protein치는 biuret법<sup>23)</sup>을 이용한 ET Test TP(Eiken Co., Tokyo) kit를 이용하여, 혈청 glucose는 효소법<sup>23)</sup>을 이용한 Glzyme(Eiken Co.,Tokyo) kit를 이용하여 각각 측정하였다. EGRAC는 200 $\mu$ l의 냉동 적혈구에 3.8ml의 인산완충액(pH 7.4, 0.1M)을 첨가하고 잘 혼합한 후 원침하여 그 상등액을 효소원으로 하여 Sauberlich 등의 방법<sup>24)</sup>에 의해 분석하였다. 대변의 리보플라빈 함량은 AOAC법<sup>25)</sup>에 의하여, 소변의 경우는 Pearson의 방법<sup>25)</sup>에 의하여 형광 분광광도계(spectrofluorometer MK 2 Farraud, emission filter 440nm, extinction filter 565nm)로 측정하였다. 이 때 실험실 내부의 형광등을 끄고 창문의 빛을 블라인더로 차단하였고 시험관 및 모든 실험기구를 알루미늄 호일로 싸는 등 시료가 광선에 노출되는 것을 최대한 억제하였다. 리보플라빈 흡수량은 리보플라빈 섭취량에서 대변을 통한 리보플라빈 손실량을 제하여 구하였고, 리보플라빈 보유량은 대변과 소변을 통한 리보플라빈 손실량을 제하여 산출하였다. 소변 중의 크레아티닌의 함량은 소변을 100배로 희석하여 Jaffe 반응을 이용한 Folin-Wu법<sup>22)</sup>으로 측정하였다.

#### 통계처리

실험결과는 SAS통계모델<sup>26)</sup>을 이용하여 평균치와 표

준편차를 구하였으며, 실험군간의 평균의 유의성은 Duncan's multiple range test로  $\alpha=0.05$  수준에서 검증하였다. 에너지와 단백질의 섭취량 및 리보플라빈 섭취량과 EGRAC 및 소변 중의 리보플라빈 배설량과의 관계는 Pearson의 상관계수를 이용하여 분석하였고, EGRAC를 1.20 미만 유지할 수 있는 리보플라빈의 양을 회귀분석으로 구하였다. 상관 및 회귀분석에서 얻어진 결과에 대해서는 5% 수준 이하에서 통계적 유의차를 보았다.

## 결과 및 고찰

### 실험대상자의 신체적 특성

본 실험에 참여한 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다. 연령은 20.1~23.5세로 평균 22.1세이었고, 신장은 평균 171.0cm(164.2~175.9cm)이었으며 체중은 평균 64.7kg(60.5~70.0kg)이었고 BMI는 평균 22.3(20.7~24.3)이었다. 이러한 결과는 한국인 성인의 표준 체위(170.5cm, 64kg)<sup>21)</sup>와 신장, 체중 모두 근사하였다.

한편 CF식이와 4종의 RF 실험식을 섭취하는 동안 체중, Hb 농도, 혈청 총 단백질 및 혈당치는 Table 2와 같았으며 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

Table 1. General characteristics of the subjects

Subject	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI	Hct (%)	Hb (mg/dl)	T. pro. (g/dl)	B.G. (mg/dl)
1	21.5	68.0	171.0	23.3	43.8	13.6	7.49	72.1
2	23.0	68.5	173.5	22.8	53.7	16.9	6.94	81.4
3	23.6	60.5	164.2	22.4	51.7	16.2	7.03	70.1
4	21.6	70.0	169.9	24.3	57.1	18.0	7.44	78.0
5	23.5	60.5	171.0	20.7	46.0	14.3	6.50	77.0
6	20.1	60.5	168.5	21.3	54.5	17.2	6.93	82.4
7	23.5	65.5	170.0	22.7	50.0	15.7	6.86	76.8
8	20.4	64.5	175.9	20.9	52.2	16.4	6.93	75.4
Mean $\pm$ S.D.	22.1 $\pm$ 1.4	64.7 $\pm$ 3.6	171.0 $\pm$ 0.2	22.3 $\pm$ 1.2	51.1 $\pm$ 4.1	16.0 $\pm$ 1.3	7.02 $\pm$ 0.29	76.6 $\pm$ 3.9

Hct : Hematocrit, Hb : Hemoglobin, T. pro. : Total protein, B.G. : Blood Glucose, Body Mass Index (BMI)=weight (kg)/height(m)<sup>3</sup>

Table 2. Changes in body weight, hemoglobin, blood total protein and blood glucose during experimental periods

	CF	0.4RF	0.6RF	0.8RF	1.0RF
Weight (kg)	64.7 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	64.4 $\pm$ 3.4 <sup>a</sup>	64.8 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	64.6 $\pm$ 2.9 <sup>a</sup>	65.3 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>
Hemoglobin (g/100ml)	16.0 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	15.1 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	15.6 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	16.1 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	16.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
B. total pro. (g/100ml)	7.0 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	6.7 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	6.8 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	7.1 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	7.2 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>
Blood glucose	76.6 $\pm$ 3.9 <sup>a</sup>	72.8 $\pm$ 4.4 <sup>a</sup>	74.9 $\pm$ 4.1 <sup>a</sup>	73.9 $\pm$ 4.7 <sup>a</sup>	72.7 $\pm$ 5.0 <sup>a</sup>

Values are mean standard deviation

CF : usual diet, (g/100ml) B. total pro. : Blood total protein, 0.4RF : 0.4mg/1000kcal riboflavin diet, 0.6RF : 0.6mg/1000kcal riboflavin diet, 0.8RF : 0.8mg/1000kcal riboflavin diet, 1.0RF : 1.0mg/1000kcal riboflavin diet

Values with the same superscript (s) in a row are not significantly different (p<0.05)

에너지 및 영양소 섭취 상태

평상식이와 실험식이 섭취기간 동안의 조사대상자들의 1일 평균 리보플라빈, 에너지, 단백질, 동물성 단백질 및 지방 섭취량은 Table 3과 같다.

섭취된 에너지 1000kcal 당 리보플라빈 섭취량(mg/1000kcal)은 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0RF식이 섭취시 각각 0.41±0.01, 0.60±0.03, 0.80±0.03 및 0.97±0.03이었으며, CF식이시는 0.46±0.09로 0.4RF식이와 근사한 수준이었다. 1일 리보플라빈 섭취량(mg/day)은 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0RF식이 섭취시 각각 1.07±0.05, 1.52±0.06, 1.98±0.09 및 2.59±0.03이었으며 CF식이시에는 0.97±0.26으로 역시 0.4RF식이와 근사하였다.

에너지 섭취량은 CF식이 섭취시 보다 RF식이 섭취

시 유의하게 증가되었다. 그러나 RF식이간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 단백질 섭취량은 CF식이 가장 낮았고 RF식이 섭취로 유의하게 증가되었으며, 리보플라빈 함량이 높을수록 증가되어 RF식이간에서 유의한 차이를 보였다. 동물성 단백질 섭취량도 총단백질 섭취량과 근사한 경향을 나타내었다. 지방 섭취량은 CF식이 섭취시 보다 RF식이 섭취시 유의하게 증가되었다. 그러나 RF식이간에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과를 살펴보면, CF식이시 실험대상자의 리보플라빈의 섭취량은 권장량에 미달되었으나, RF식이 섭취시 부터 유의하게 증가되었는데 리보플라빈 섭취량의 증가는 물론 식이의 리보플라빈 함량 증가에

Table 3. Changes in daily intakes of energy and nutrients during experimental periods

Nutrients	CF	0.4RF	0.6RF	0.8RF	1.0RF
Riboflavin (mg/1000kcal)	0.46±0.09 <sup>d</sup> 0.59~0.36	0.41±0.01 <sup>d</sup> 0.42~0.40	0.60±0.03 <sup>c</sup> 0.63~0.54	0.80±0.03 <sup>b</sup> 0.86~0.77	0.97±0.03 <sup>a</sup> 1.00~0.92
Riboflavin (mg/day)	0.97±0.26 <sup>e</sup> 1.34~0.59	1.07±0.05 <sup>e</sup> 1.15~0.98	1.52±0.06 <sup>c</sup> 1.62~1.41	1.98±0.09 <sup>b</sup> 2.13~1.83	2.59±0.03 <sup>a</sup> 2.64~2.53
Energy (kcal/day)	2173±461 <sup>b</sup> 3085~1571	2515±86 <sup>a</sup> 2661~2366	2524±143 <sup>a</sup> 2746~2279	2568±109 <sup>a</sup> 2749~2423	2661±90 <sup>a</sup> 2835~2541
Protein (g/day)	72.8±22.6 <sup>a</sup> 111.1~44.2	83.6±7.4 <sup>cd</sup> 97.7~75.3	90.8±5.0 <sup>bc</sup> 102.2~83.2	94.1±3.9 <sup>b</sup> 99.5~87.8	106.2±3.3 <sup>a</sup> 111.3~102.0
Animal pro. (g/day)	22.9±11.3 <sup>d</sup> 48.9~10.0	36.5±1.8 <sup>c</sup> 39.1~34.0	42.6±1.9 <sup>bc</sup> 46.0~40.1	49.1±2.4 <sup>b</sup> 53.8~46.3	58.8±2.5 <sup>a</sup> 61.4~52.8
Fat (g/day)	23.7±10.3 <sup>b</sup> 43.3~8.4	52.9±5.7 <sup>a</sup> 58.1~43.6	53.4±2.8 <sup>a</sup> 57.0~48.1	53.4±4.7 <sup>a</sup> 62.0~44.0	54.6±6.1 <sup>a</sup> 57.8~38.5

Values are mean±standard deviation

Values with the same superscript(s) in a row are not significantly different (p<0.05)

Animal pro. : animal protein CF : usual diet

0.4RF : 0.4mg/1000kcal riboflavin diet 0.6RF : 0.6mg/1000kcal riboflavin diet

0.8RF : 0.8mg/1000kcal riboflavin diet 1.0RF : 1.0mg/1000kcal riboflavin diet

Table 4. Changes in daily intakes, fecal, urinary and retained riboflavin by the diets with different riboflavin level

Nutrients	CF	0.4RF	0.6RF	0.8RF	1.0RF
Fecal ribo (mg/day)	0.156±0.083 <sup>d</sup> 0.326~0.050	0.194±0.053 <sup>d</sup> 0.308~0.141	0.392±0.050 <sup>c</sup> 0.514~0.348	0.598±0.030 <sup>b</sup> 0.685~0.555	0.866±0.041 <sup>a</sup> 0.916~0.773
Absorbed ribo. (mg/day)	0.811±0.187 <sup>d</sup> 1.054~0.540	0.876±0.044 <sup>d</sup> 0.930~0.791	1.128±0.069 <sup>c</sup> 1.221~1.013	1.432±0.048 <sup>b</sup> 1.547~1.386	1.724±0.046 <sup>a</sup> 1.837~1.674
Urinary ribo. (mg/day)	0.099±0.014 <sup>d</sup> 0.123~0.078	0.099±0.015 <sup>d</sup> 0.128~0.078	0.148±0.013 <sup>c</sup> 0.177~0.129	0.271±0.070 <sup>b</sup> 0.351~0.143	0.445±0.080 <sup>a</sup> 0.573~0.299
Retained ribo. (mg/day)	0.712±0.178 <sup>d</sup> 0.942~0.462	0.777±0.038 <sup>d</sup> 0.824~0.698	0.980±0.069 <sup>c</sup> 1.075~0.865	1.160±0.081 <sup>b</sup> 1.289~1.089	1.280±0.076 <sup>a</sup> 1.404~1.143

Values are mean±standard deviation

ribo. : riboflavin CF : usual diet

0.4RF : 0.4mg/1000 kcal riboflavin diet 0.6RF : 0.6mg/1000kcal riboflavin diet

0.8RF : 0.8mg/1000kcal riboflavin diet 1.0RF : 1.0mg/1000kcal riboflavin diet

Absorbed riboflavin was riboflavin intake-fecal riboflavin

Retained riboflavin was riboflavin intake-(fecal+urinary) riboflavin

Values with the same superscript(s) in a row are not significantly different (p<0.05)

기인된 것이며 이는 단백질과 동물성단백질 섭취량 증가와 연결지어 설명될 수 있겠다.

CF식이시 에너지 섭취량은 RF식이 섭취시 보다 낮았으며 권장량 보다도 낮은 수준이었는데 이는 개인간 섭취의 변이가 컸고 특히 지방에너지비가 낮았던 때문이 아닌가 생각된다. RF식이시 에너지 섭취량은 한국인 표준 성인 남자의 권장량에 근사하였으나 그 섭취량이 유의적으로 증가되지 않았는데 이는 리보플라빈의 주요 급원식품이 주로 동물성단백질 식품인 점으로 미루어 리보플라빈 함량의 증가를 주로 이들 식품에서 공급받았던 때문으로 보여진다.

단백질 섭취량은 CF식이 및 4종의 RF식이 섭취시 권장량을 상회하였으며 특히 식이내 리보플라빈 함량의 증가로 단백질과 동물성단백질 섭취량이 단계적으로 유의하게 증가되었다.

지방섭취량은 CF식이시 지방에너지비로 보았을 때 9.8%로 바람직한 수준<sup>21)</sup>에 비해 현저히 낮았는데 이는 개인간 섭취변이가 지나치게 컸기 때문이 아닌가 생각되며, RF식이 섭취시 18.7~19.0%로 증가되었으며 바람직한 수준에 근사하였다.

#### 리보플라빈 배설량, 체내흡수량 및 보유량

실험기간 동안 대변과 소변을 통한 1일 평균 리보플라빈 배설량과 이로부터 계산한 1일 평균 리보플라빈 체내 흡수량 및 보유량은 Table 4와 같다.

CF식이와 4종류의 RF 실험식이 섭취동안 대변을 통한 배설량은  $0.156 \pm 0.083$ ,  $0.194 \pm 0.053$ ,  $0.392 \pm 0.050$ ,  $0.598 \pm 0.030$  및  $0.866 \pm 0.041$ mg으로 리보플라빈 섭취량이 증가함에 따라 유의하게 증가되었으며, 0.4RF식이는 CF식이와 유의차가 없었다. 체내흡수량도  $0.811 \pm 0.187$ ,  $0.876 \pm 0.044$ ,  $1.128 \pm 0.069$ ,  $1.432 \pm 0.048$  및  $1.724 \pm 0.046$ mg으로 유의하게 높아졌고, 0.4RF식이는 CF식이와 유의차가 없었다. 또한 소변을 통한 배설량도  $0.099 \pm 0.014$ ,  $0.099 \pm 0.015$ ,  $0.148 \pm 0.013$ ,  $0.271 \pm 0.070$  및  $0.445 \pm 0.080$ mg으로 리보플라빈 섭취량이 증가함에 따라 유의하게 많아졌고, 0.4RF식이는 CF식이와 유의차가 없었다. 섭취량에서 대변과 소변을 통한 배설량을 제외한 체내보유량 역시  $0.712 \pm 0.178$ ,  $0.777 \pm 0.038$ ,  $0.980 \pm 0.069$ ,  $1.160 \pm 0.081$  및  $1.280 \pm 0.076$ mg으로 리보플라빈 섭취량이 증가함에 따라 유의하게 많아졌으나 0.4RF식이 CF식이와 유의차가 없었다.

이상의 실험결과, 0.4RF식이시 CF식이와 유의차가 없었던 것은 Table 3에서 보는 바와 같이 1일 리보플라

빈 섭취량이 유의적으로 증가하지 않았기 때문으로 생각된다. 그러나 0.6, 0.8 및 1.0RF식이시 리보플라빈 섭취량이 증가함에 따라 대변과 소변을 통한 배설량, 체내흡수량 및 체내보유량이 유의하게 증가된 점은 리보플라빈 섭취량이 많아지면 그 배설량과 보유량이 많아진다는 여러 보고들<sup>17,22-23)</sup>과 잘 일치된다.

한편 이와 백<sup>7)</sup>은 국내의 식품성분표를 기준으로 리보플라빈 섭취량을 계산했을 때 외국의 식품분석표를 기준으로 계산한 리보플라빈 섭취량 보다 높았다 하였으며, 윤 등<sup>20)</sup>도 AOAC방법으로 분석한 리보플라빈 섭취량은 식품성분표로 계산한 성적보다 30% 정도 낮았다고 보고하였다. 따라서 본 실험의 리보플라빈 섭취량에 대한 실측치가 얻어져야 정확한 흡수량과 보유량을 논할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 리보플라빈의 생화학적 영양상태

리보플라빈 영양상태를 생화학적으로 평가하기 위하여 분석한 소변의 1일 평균 리보플라빈 배설량, 크레아티닌 g당 리보플라빈 배설량 및 EGRAC는 Table 5 및 Fig. 1~3과 같다.

소변을 통한 리보플라빈 배설량을 기준하여 리보플라빈의 영양상태를 평가해 보았을 때<sup>25)</sup> Fig. 1에서 보는 바와 같이 CF식이 섭취시 대상자의 12.5%는 적정상태 ( $>120 \mu\text{g}/\text{day}$ )이었으며, 대상자의 87.5%가 위험정도가 중등인 결핍범주 ( $40 \sim 119 \mu\text{g}$ )에 속하였으나 위험정도가 높은 ( $<40 \mu\text{g}$ ) 경우는 없었다. 0.4RF식이 섭취시 CF식이와 동일하게 대상자의 12.5%는 적정상태였고, 대상자의 87.5%는 위험정도가 중등인 결핍범주에 속하였다. 그러나 0.6, 0.8 및 1.0RF식이 섭취시에는 전대상자의 소변을 통한 리보플라빈 배설량이 Tab-

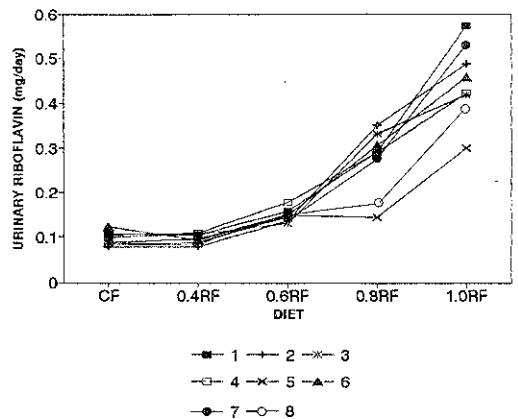


Fig. 1. Changes in urinary riboflavin (mg/day) during experimental periods.

ie 5에서 보는 바와 같이 120 $\mu$ g 이상으로 결핍대상자는 없었다.

한편 크레아티닌 g당 소변을 통한 리보플라빈의 배설량이 80 $\mu$ g/g creatinine 이하일 때를 리보플라빈의 결핍상태로 보았을 때<sup>39)</sup> Fig. 2에서 보는 바와 같이 CF

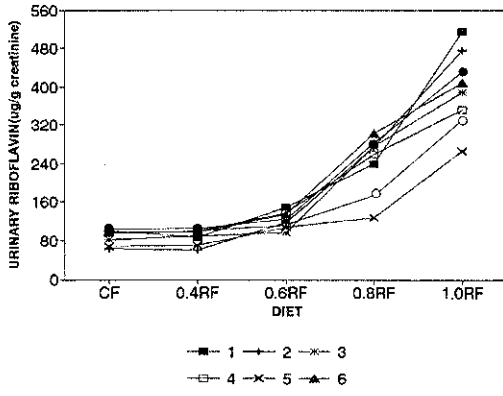


Fig. 2. Changes in urinary riboflavin( $\mu$ g/g creatinine/day) during experimental periods.

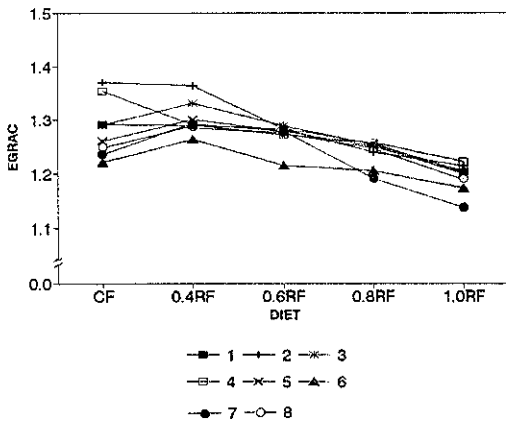


Fig. 3. Changes in EGRAC value during experimental periods.

식이 섭취시 대상자의 37.5%가 위험정도가 중등인 결핍범주(27~79 $\mu$ g/g creatinine)에 속하였고, 위험정도가 높은(<27 $\mu$ g/g creatinine) 경우는 보이지 않았다. 0.4 RF식이 섭취시 전대상자의 평균값은 Table 5에서 보는 바와 같이 80 $\mu$ g/g creatinine 이상이었으나 CF식이와 마찬가지로 대상자의 37.5%가 위험정도가 중등인 결핍 범주에 속하였다. 그러나 0.6, 0.8 및 1.0RF식이 섭취 시에는 전대상자의 소변을 통한 리보플라빈 배설량은 Table 5에서 보는 바와 같이 80 $\mu$ g/g creatinine 이상으로 결핍대상자는 없었다.

한편 EGRAC값을 기준하여 1.20 이상인 경우를 리보플라빈 결핍상태로 보면<sup>29)</sup> Fig. 3에서 보는 바와 같이 CF식이시 대상자 전원이 위험정도가 중등인 결핍 범주(1.20~1.40)로 나타났으며 위험정도가 높은 경우(>1.40)는 없었다. 0.4RF식이 섭취시도 대상자 전원이 위험정도가 중등인 결핍범주(1.20~1.40)로 나타났으며, 그 평균값은 대사실험 시작전 보다 높아졌으나 유의차는 없었다. 0.6RF식이 섭취시도 대상자 전원이 결

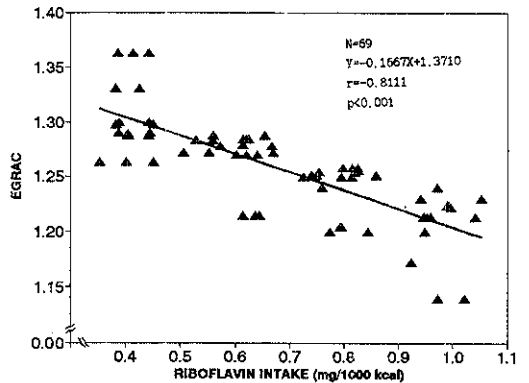


Fig. 4. Relationship between EGRAC and riboflavin intake during experimental periods.

Table 5. Urinary riboflavin, urinary riboflavin per gram creatinine and EGRAC value by the diets with different riboflavin level

	CF	0.4RF	0.6RF	0.8RF	1.0RF
Urinary ribo. (mg/day)	0.099 $\pm$ 0.014 <sup>d</sup> 0.123 ~ 0.078	0.099 $\pm$ 0.015 <sup>d</sup> 0.128 ~ 0.078	0.148 $\pm$ 0.013 <sup>c</sup> 0.177 ~ 0.129	0.271 $\pm$ 0.070 <sup>b</sup> 0.351 ~ 0.143	0.445 $\pm$ 0.080 <sup>a</sup> 0.573 ~ 0.299
Urinary ribo. (g/g creatinine)	85.26 $\pm$ 16.39 <sup>c</sup> 104.26 ~ 62.54	86.89 $\pm$ 20.07 <sup>c</sup> 122.57 ~ 59.79	123.88 $\pm$ 15.88 <sup>c</sup> 148.22 ~ 96.69	240.70 $\pm$ 57.14 <sup>b</sup> 302.09 ~ 127.76	393.36 $\pm$ 76.94 <sup>a</sup> 514.37 ~ 264.83
EGRAC	1.283 $\pm$ 0.052 <sup>b</sup> 1.370 ~ 1.220	1.303 $\pm$ 0.029 <sup>b</sup> 1.363 ~ 1.263	1.271 $\pm$ 0.022 <sup>b</sup> 1.295 ~ 1.288	1.239 $\pm$ 0.022 <sup>c</sup> 1.258 ~ 1.200	1.202 $\pm$ 0.030 <sup>d</sup> 1.230 ~ 1.140

Values are mean standard deviation

Values with same superscript (s) in a row are not significantly different ( $p < 0.05$ )

ribo. : riboflavin CF : usual diet

0.4RF : 0.4mg/1000kcal riboflavin diet 0.6RF : 0.6mg/1000kcal riboflavin diet

0.8RF : 0.8mg/1000kcal riboflavin diet 1.0RF : 1.0mg/1000kcal riboflavin diet

핍으로 나타났으나 전대상자의 평균값은 0.4RF식이 섭취시 보다 유의하게 감소하였고 대상자의 12.5%는 1.25 이하로 감소하였다. 0.8RF식이 섭취시도 대상자 전원이 결핍으로 나타났으나 전대상자의 평균값은 0.6RF식이에 비해 유의하게 감소하였고 대상자의 25%는 1.20에 근접하였다. 그러나 1.0RF식이 섭취시는 전대상자의 평균값이 0.8RF식이 섭취시 보다 유의하게 감소되어 1.20에 근접하였다.

따라서 리보플라빈 섭취량(mg/1000kcal)에 따른 EGRAC 값은 Fig. 4에서 보는 바와 같이  $EGRAC = -0.1667(\text{riboflavin intake}) + 1.3710$ 의 회귀식으로 나타났으며 동회귀식에 의해 1.20 미만의 EGRAC를 유지하기 위한 리보플라빈 섭취량은 1.02mg/1000kcal로 계산되었다.

소변을 통한 리보플라빈 배설량은 현재까지 많은 나라에서 권장량 책정의 근거 및 영양상태 판정의 기본으로 많이 사용되어 왔다. 본 실험결과 소변을 통한 리보플라빈 배설량은 일상식이 섭취시 1일 배설량에 준해서는 대상자의 87.5%가 그리고 creatinine g당 배설량에 준해서는 대상자의 37.5%가 불량한 상태로 나타났으나 이들 모두 0.6mg/1000kcal의 리보플라빈 섭취부터 리보플라빈의 배설이 양호한 것으로 나타났다. 따라서 소변을 통한 리보플라빈의 배설량을 리보플라빈의 생화학적인 영양상태를 나타내주는 지표로 삼는다면 본 실험에서 급여한 0.6RF식이 즉 0.6mg/1000kcal의 리보플라빈 섭취가 권장량으로 적당한 것으로 사료된다.

그러나 일반적으로 소변중의 비타민량은 최근의 음식물 섭취에 의해 좌우되는 경향이 있으며 체취시간, 육체적 활동 및 스트레스 등에 의하여 영향을 받는다.<sup>14,15</sup> 리보플라빈 투여량에 따른 배설량의 변화가 개인별로 일관성이 있지 않고 변이가 매우 심하다고 보고<sup>17,20</sup>되어 있는바 본 실험결과에서도 Fig. 1과 2에서 이를 확인할 수 있었다. 따라서 소변중의 배설량 측정이 단기간의 대사실험에서 영양판정을 위한 바람직한 지표인지 의문으로 제기되었다.

한편 EGRAC는 소변중의 리보플라빈 배설에 비해 분석방법이 빠르고 간편하며 민감하게 리보플라빈 영양상태를 반영하고 개인간의 변이가 작아서 새로운 리보플라빈 영양지표로 사용되고 있다.

본 실험결과 EGRAC 값은 일상식이 섭취시 대상자 전원이 불량한 상태로 나타났으나 0.6mg/1000kcal의 리보플라빈 섭취시 감소하기 시작하여 1.0mg/1000kcal의 리보플라빈 섭취시 전 대상자의 평균값이 1.20에 근

접하였다. 또한 EGRAC를 1.20 미만을 유지하기 위한 리보플라빈 섭취량은 회귀식에 의해 1.02mg/1000kcal으로 계산되었는바, 본 실험에서 급여한 1.0RF식이 즉 1.0mg/1000kcal 이상의 리보플라빈 섭취가 권장량으로 적당하다 하겠다. 이는 윤 등<sup>20</sup>이 한국 성인 여성을 대상으로 한 연구에서 EGRAC를 정상적으로 유지하기 위한 리보플라빈 섭취량은 1.14mg/1000kcal 이라 보고한 것이나 Belko 등<sup>17-19</sup>이 젊은 여성을 대상으로 하여 EGRAC를 정상적으로 유지하려면 1000kcal당 1.16mg이 필요하다는 보고들이나, Ajayi와 James가 성장기 소년<sup>36</sup>과 임신부<sup>17</sup>를 대상으로 또한 Bates 등<sup>30</sup>이 임신부와 수유부를 대상으로 한 연구에서 EGRAC를 정상적으로 유지하려면 하루 2mg 이상의 리보플라빈 섭취가 바람직하다 한 보고들과 근사하였다.

따라서 EGRAC를 기준한 리보플라빈의 권장량을 현재와 같이 0.6mg/1000kcal로 한다면 한국 성인 남자의 생화학적인 영양상태를 정상적으로 유지하지 못할 것이며 이보다 증가된 1.02mg/1000kcal 이상이 되어야 할 것으로 생각된다.

#### 리보플라빈 섭취량과 소변을 통한 리보플라빈 배설량 및 EGRAC와의 상관

리보플라빈 섭취량이 소변을 통한 리보플라빈 배설량 및 EGRAC에 얼마만큼 영향을 주고 있는지를 알아보기 위해 상관분석한 결과는 Table 6과 같다.

리보플라빈 섭취량은 1일 섭취량이나 1000kcal당 섭취량 모두 소변을 통한 1일 리보플라빈 배설량 및 creatinine g당 배설량과  $p < 0.001$  수준의 유의한 정상관을 나타내었고 EGRAC와는 동 수준의 유의한 역상관을 보였다. 소변을 통한 1일 리보플라빈 배설량(mg/day)은 creatinine g당 배설량과 고도의 정상관을 보였고 이들은 모두 EGRAC와  $p < 0.001$  수준의 유의한 역상관을 보였다. 즉 리보플라빈 섭취량이 높을수록 소변을 통한 리보플라빈 배설량은 높은 반면 EGRAC는 낮았다.

이러한 결과는 저자 등<sup>8</sup>이 성인여성을 대상으로 연구한 결과와 일치되며 Belko 등<sup>19</sup>도 리보플라빈 섭취량은 소변을 통한 배설량과는 정상관을, EGRAC와는 역상관을 보인다고 한 바 있다. 이와 백<sup>7</sup>은 한국인 여대생을 대상으로 한 연구에서 EGRAC와 리보플라빈 섭취량 사이에 상관이 없었다고 하였고, Campbell 등<sup>30</sup>이 EGRAC는 남녀 모두에서 리보플라빈 섭취량과 유의한 역상관이 있었으나, 소변을 통한 리보플라빈 배설량은 EGRAC나 리보플라빈 섭취량과 상관이 없었다고 한 내용과의 불일치는 이들의 경우 리보플라빈 섭취량을

**Table 6. Correlation between riboflavin intake, urinary riboflavin, and EGRAC of the subjects**

	Riboflavin intake	Urinary riboflavin		EGRAC
	(mg/1000kcal)	(mg/day)	( $\mu$ g/g creatinine)	
Riboflavin intake (mg/day)	0.9732*	0.8870*	0.8705*	-0.8173*
Riboflavin intake (mg/1000kcal)		0.8674*	0.8496*	-0.8111*
Urinary riboflavin (mg/day)			0.9752*	-0.7797*
Urinary riboflavin ( $\mu$ g/g creatinine)				-0.7807*

\* p<0.001

**Table 7. Correlation between energy, protein and animal protein intake and riboflavin intake, urinary riboflavin, and EGRAC of the subjects**

	Riboflavin intake		Urinary riboflavin (mg/day)	EGRAC
	(mg/day)	(mg/1000kcal)		
Energy intake (kcal)	0.2627*	0.0431	0.1998	-0.1201
Protein intake (g/day)	0.7446**	0.6450**	0.6495**	-0.4151**
Animal protein (g/day)	0.8789**	0.8406**	0.7881**	-0.3864**

\*p<0.05, \*\*p<0.001

3일간의 회상법에 의해 구하였으나 본 조사는 1주일간의 섭취량을 평량법으로 정확한 섭취량을 구했기 때문으로 생각된다.

본 실험 결과는 리보플라빈 섭취량이 증가할수록 EGRAC값이 낮아지며 소변을 통한 리보플라빈 배설량은 증가하여 리보플라빈의 영양상태가 향상됨을 나타내주었으며, 리보플라빈 섭취량은 1일 섭취량으로 나타내거나 에너지 1000kcal당 섭취량으로 나타내거나 이들 두개의 생화학적 지표와의 상관성은 거의 같음을 시사해 주었다.

에너지, 단백질 및 동물성단백질 섭취량과 리보플라빈 섭취량, 소변을 통한 리보플라빈 배설량 및 EGRAC와의 상관

에너지, 단백질 및 동물성단백질 섭취량과 리보플라빈 섭취량, 소변을 통한 리보플라빈 배설량 및 EGRAC와 상관은 Table 7과 같다.

에너지 섭취량은 1일 평균 리보플라빈 섭취량과 p<0.05 수준에서 정상관을 보여, 에너지 섭취량이 높을수록 리보플라빈 섭취량이 높은 것으로 나타났는데 이는 리보플라빈 섭취량이 에너지 섭취량과 관계있다고 널리 보고된 것들<sup>29,40,41)</sup>과 잘 일치된다. 그러나 에너지 섭취량과 리보플라빈 섭취량이 상관있었음에도 불구하고 소변을 통한 리보플라빈 배설량 및 EGRAC 사이에 유의한 상관성이 없었다. 이러한 결과는 성인여성을 대상으로 한 저자 등<sup>3)</sup>의 연구에서 에너지 섭취량은 EGRAC와 유의적인 부적상관을 보였던 것과 일치하지

않았는데 이는 Table 3에 나타나 있는 바 리보플라빈 섭취량이 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0RF 식이간 유의적으로 증가하는데 비해 에너지 섭취량은 유의적으로 증가하지 않았기 때문이었으며 이는 리보플라빈의 주요 급원식품이 주로 동물성단백질 식품인 점으로 미루어 리보플라빈 함량의 증가를 주로 이들 식품에서 공급받았던 때문이 아닌가 생각된다. 그러나 이와 백<sup>7)</sup>은 에너지 섭취량과 EGRAC사이에 유의적인 상관성이 없다고 보고하고 있어 본 조사 결과와 일치하였다. 따라서 본 실험결과 급여된 리보플라빈과 에너지 수준에서 에너지 섭취량은 리보플라빈의 생화학적인 영양상태에 영향을 주지 않는 것으로 보여진다.

한편 단백질 및 동물성 단백질의 섭취는 1일 평균 리보플라빈 섭취량 및 소변을 통한 리보플라빈 배설량과 p<0.001 수준에서 유의한 정상관을 보였으나, EGRAC와는 동수준에서 역상관을 보였다. 이러한 결과는 단백질 및 동물성 단백질의 섭취가 많을수록 리보플라빈의 섭취량이 많아지며 소변을 통한 리보플라빈의 배설이 많아지고 EGRAC는 낮아짐을 보여준다. 저자 등<sup>3)</sup>과 Campbell 등<sup>36)</sup>도 단백질 및 동물성단백질의 섭취는 리보플라빈 섭취량과는 정상관을, EGRAC와는 역상관을 보였다고하여 본 조사결과와 일치하였다. 따라서 본 실험에서 급여된 리보플라빈과 단백질 수준에서 단백질과 동물성단백질의 섭취량은 리보플라빈의 생화학적인 영양상태를 향상시켜줌을 특히 동물성단백질의 섭취가 더 효율적임을 알 수 있었다.



## 요 약

우리나라 성인남자의 리보플라빈 대사와 그 생화학적 영양상태를 정상적으로 유지하기 위한 리보플라빈의 필요량을 파악하기 위하여, 광주시에 거주하는 젊은 남성 8명을 대상으로 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0mg/1000 kcal 수준의 리보플라빈을 함유하고 있는 실험식사를 각각 1주일씩 연속 4주간 제공하여 리보플라빈의 대사와 생화학적 영양상태의 변화를 조사하고 이를 일상식이 섭취시와 비교한 결과는 다음과 같다. 실험대상자들의 평상시 리보플라빈 영양상태는 섭취량이 0.46 mg/1000kcal로 취약하였으며 소변을 통한 1일 배설량과 크레아티닌 g당 배설량에 준해서는 각각 대상자의 87.5%와 37.5%가, EGRAC로 보았을 때는 대상자 전원이 생화학적 결핍상태였다. 실험식사의 공급으로 리보플라빈 섭취량이 증가되면서 대변과 소변을 통한 리보플라빈 배설량이 많아졌으며 체내흡수량과 보유량도 높아졌다. 즉, 소변을 통한 1일 크레아티닌 g당 리보플라빈 배설량은 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0mg/1000kcal 리보플라빈을 함유하는 실험식사의 섭취로 각각  $99.7 \pm 14.7$ ,  $148.5 \pm 13.5$ ,  $271.5 \pm 69.6$  및  $444.6 \pm 80.2 \mu\text{g}$ 과  $86.9 \pm 20.1$ ,  $123.98 \pm 15.9$ ,  $240.7 \pm 57.1$  및  $393.4 \pm 76.9 \mu\text{g}/\text{creatinine}$ 으로 0.6mg/1000kcal 급여시 부터 양호하였다. 그러나 EGRAC는 각각  $1.303 \pm 0.029$ ,  $1.271 \pm 0.022$ ,  $1.239 \pm 0.022$  및  $1.202 \pm 0.030$ 으로 1.0mg/1000kcal 급여시에야 1.20에 근접하였다. 또한 리보플라빈 섭취량과 EGRAC와의 관계를 회귀분석하여 얻은 회귀식은  $\text{EGRAC} = -0.1667(\text{riboflavin intake}) + 1.3710$ 이었다. 이 회귀식으로 부터 EGRAC값을 1.20 미만으로 유지할 수 있는 리보플라빈의 섭취량은 1.02mg/1000kcal로 계산되었다. 한편 리보플라빈 섭취량과 소변을 통한 리보플라빈 배설량과는 정상관을, EGRAC와는 역상관을 나타냈으며, 에너지 섭취량은 리보플라빈 섭취량과 정상관을 보였고, 단백질과 동물성단백질 섭취량은 리보플라빈 섭취량 및 소변을 통한 리보플라빈 배설량과는 정상관을 보였으나 EGRAC와는 역상관을 보였다. 본 실험결과 리보플라빈 섭취수준이 증가되면 소변을 통한 배설량이 증가되며 EGRAC 값은 낮아지고, 리보플라빈의 영양상태는 소변을 통한 배설량 보다 EGRAC에 의해 더 민감하게 영향받음을 알 수 있었다. 또한 EGRAC를 1.20 미만을 유지시켜줄 수 있는 리보플라빈의 섭취량은 1.02mg/1000kcal로 나타났다. 따라서 리보플라빈의 권장량을 현재와 같이 0.6mg/1000 kcal로 한다면 한국 성인 남자의 생화학적인 영양상태를 정상

적으로 유지하지 못할 것이며 이 보다 증가되어야 할 것으로 생각된다. 그러나 리보플라빈 요구량의 바람직한 설정을 위하여는 리보플라빈 섭취량의 분석과 본 실험대상자와 환경, 체격과 체위, 생리적 상태, 운동량 및 식생활양식 등이 다른 조건에서의 영양소요량에 대한 실험이 더 수행되어야 하리라 본다.

## 문 헌

1. 한국영양학회 : 식량절약 및 식생활 개선을 위한 균형식단 개발에 관한 연구. 중앙문화사, 서울(1980)
2. 채법석 : 한국인의 식품 및 영양소의 섭취현황과 전망. 한국영양학회지, **23**, 187 (1990)
3. 이혜성, 이연경, Shirley, C. C. : 대학생의 식이섭취 섭취에 관한 연구. 한국영양학회지, **24**, 534 (1991)
4. 유오룡, 오승호 : 한국식이의 소화 흡수에 관한 연구. 고대의대잡지, **10**, 305 (1973)
5. Kim, C. I. : Assessment of thiamin, riboflavin and vitamin B<sub>6</sub> status of pregnant women in Korea. MS thesis., Seoul National Univ.(1980)
6. 채법석, 이진용, 김필은, 김옥익, 한정호 : 서울시내 영세민촌 가임여성의 비타민 B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> 영양상태에 관한 생화학적 연구. 서울의대잡지, **20**, 132 (1979)
7. 이일은, 백희영 : 생화학적 측정 방법의 의한 우리나라 여대생들의 리보플라빈 영양상태에 관한 연구. 한국영양학회지, **18**, 272 (1985)
8. 황금희, 오승호, 임현숙, 장유경 : 한국인 젊은 여성의 리보플라빈 섭취상태와 EGRAC에 관한 연구. 한국영양학회지, **20**, 103 (1991)
9. Horwitt, M. K., Hills, O. W., Harvey, C. C., Liebert, E. and Steinberg, D. L. : Effects of dietary depletion of riboflavin. *J. Nutr.*, **39**, 357 (1949)
10. Synderman, S. E., Ketrion, K. C., Burch, H. B., Lowery, O. H., Guy, L. P. and Holt, L. E., Jr. : The minimum riboflavin requirement of the infant. *J. Nutr.*, **9**, 219 (1949)
11. Bamji, M. S. : Glutathione reductase activity in blood cells and riboflavin nutritional status in humans. *Clin. Chem. Acta*, **26**, 263 (1969)
12. Thillotson, J. A. and Baker, E. M. : An enzymatic measurement of the riboflavin status in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **25**, 425 (1972)
13. Jansen, A. P. and Jansen, B. C. P. : Riboflavin excretion with urine in pregnancy. *Int. Zeit. Vit.*, **25**, 193 (1954)
14. Cooperman, J. M., Cole, H. S., Cordon, M. and Lopez, R. : Erythrocyte glutathione reductase as a measure of riboflavin nutritional status of pregnant women and new borns. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **143**, 326 (1973)
15. Brezinski, A., Bromberg, Y. M. and Braun, K. : Riboflavin excretion during pregnancy and early lactation. *J. Lab. Clin. Med.*, **39**, 84 (1952)
16. Prasad, A. S., Lei, K. Y., Oberieas, D., Moghissi, K. S. and Stryker, J. C. : Effect of oral contraceptive agents on nutrients. II. Vitamins. *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 385 (1975)
17. Belko, A. Z., Obarzanek, E., Kalkwarf, H. J., Rotter, M.

- A., Bouguse, S., Miller, D., Hass, J. and Roe, K. A. : Effects of exercise on riboflavin requirements of young women. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**, 309 (1983)
18. Belko, A. Z., Obarzanek, E., Weinberg, S., Roach, R. J., Rotter, M. A., Urban, G. and Roe, D. A. : Effects of aerobic exercise and weight loss on riboflavin requirements of moderately obese, marginally deficient young women. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 553 (1984)
  19. Belko, A. Z., Meredith, M. P., Kardwarf, H. J., Obarzanek, E., Weinberg, S., Roach, R., Mokeon, G. and Roe, D. A. : Effect of exercise on riboflavin requirement : Biological validation in weight reducing woman. *Am. J. Clin. Nutr.*, **41**, 270 (1985)
  20. 윤진숙, 임화재, 김석영 : 한국인의 리보플라빈 1일 필요량 측정을 위한 인체대사 연구. *한국영양학회지*, **22**, 507 (1989)
  21. 한국인영양권장량 : 제 5차 개정판. 고문사 (1989)
  22. 이삼열, 정문섭 : 임상병리검사법. 연세대학교 출판부 (1987)
  23. Sauberlich, H. E., Judd, J. H., Nichoalds, G. E., Broquist, H. P. and Darby, W. J. : Application of the erythrocyte glutathione reductase assay in evaluating riboflavin nutritional status in a high school student population. *Am. J. Clin. Nutr.*, **25**, 756 (1972).
  24. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 14th ed., Association of official analytical chemists. Washington, D. C., p.768 (1984)
  25. Pearson, W. N. : Riboflavin. In "The vitamins" Gyorgy, P. and Person, W. N. (eds.), Academic Press, New York, Vol. VII, p.99 (1967)
  26. Statistical Analysis system : SAS Institute Inc. Carrg N. C. (1973)
  27. 한인규, 김기남, 염규호, 이규호, 이연숙, 임현숙, 원할례, 장유경, 하종규 : 비타민 광물질 영양학. 학문사, p.127 (1985)
  28. Davis, M. V., Oldham, H. G. and Roberts, L. J. : Riboflavin excretion of young woman on diets containing varying levels of the B-vitamin. *J. Nutr.*, **32**, 143 (1946)
  29. Horwitt, M. K., Harvey, C. C., Hillis, O. W. and Liebrt, E. : Correlation of urinary excretion of riboflavin with dietary intake and symptoms of a riboflavinosis. *J. Nutr.*, **41**, 247 (1950)
  30. Brewer, W., Porter, T., Ingalls, R. and Ohlson, M. A. : The urinary excretion of riboflavin by college woman. *J. Nutr.*, **32**, 583 (1946)
  31. Kraut, H., Ramaswamy, S. S. and Wildemann, L. : Riboflavin requirement and riboflavin excretion. *Int. Zeit. Vit.*, **32**, 25 (1961)
  32. Moriey, H. H., Edwards, M. A., Moller, I. I., Woodring, M. J. and Storviocck, A. : Riboflavin in the blood and urine of woman on controlled intakes. *J. Nutr.*, **69**, 191 (1959)
  33. Sauberlich, H. E. : Implication of nutritional status on human biochemistry, physiology and health. *Clin. Biochem.*, **17**, 132 (1984)
  34. Hegsted, D. M., Gershoff, S. N., Trulson, M. F. and Jolly, D. H. : Variation in riboflavin excretion. *J. Nutr.*, **60**, 581 (1956)
  35. Plough, I. and Consolazio, F. C. : The use of casual urine specimens in the evaluation of the excretion rates of thiamin, riboflavin and N<sup>1</sup>-methylnicotinamide. *J. Nutr.*, **69**, 365 (1959)
  36. Ajayi, O. A. and James, O. A. : Effect of riboflavin supplementation on riboflavin nutriture of a secondary school population in Nigeria. *Am. J. Clin Nutr.*, **39**, 787 (1984)
  37. Ajayi, O. A. and James, O. A. : Effect of riboflavin supplementation on riboflavin requirements of oral contraceptive users and nonusers. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 495 (1982)
  38. Bates, C. J., Phil, D., Prentice, A. M., Paul, A. A., Sutcliffe, B. A., Watkinson, M., Whitehead, R. G. and Biol, F. I. : Riboflavin status in Gambian pregnant and lactating women and its implications for recommended dietary allowances. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 928 (1981)
  39. Campbell, T. C., Burn, T., Junshi, C., Zulin, F. and Parpia, B. : Questioning riboflavin recommendations on the basis of a survey in China. *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 436 (1990)
  40. Manual for Nutrition Surveys. 2nd ed., Interpartmental Committee on Nutrition for National Defense. Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., p.20402 (1963)
  41. O'Neal, R. M., Johnson, O. C. and Schaefer, A. E. : Guidelines for classification and interpretation of group blood and urine data collected as part of the National Nutrition Survey. *Pediatr. Res.*, **4**, 103 (1970)

(1994년 3월 10일 접수)