# 기초대사 측정에 있어 Douglas-Scholander 법과 Sanborn-Metabulator를 사용한 성적의 비교검토

이화여자대학교 의과대학 생리학교실

김 동 준·김 명 희·정 애 순

=Abstract=

## Comparative Study on the Basal Metabolism used by Douglas-Scholander and Sanborn Metabulator Method

**Dong Jun Kim, Myung Hee Kim** and **Ae Soon Chung**

*Department of Physiology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea*

Two methods have been widely used for measuring basal metabolic rates (BMR), Douglas-Scholander (open circuit) and Sanborn-Metabulator (closed circuit) methods. The latter has been used more by clinicians, since the process is simple. But it is not as accurate as the Douglas-Scholander method.

We measured the BMR of 938 healthy individuals who were selected at random, using a Douglas-Scholander method. The lowest value of the 6 measurments in three days was taken from each subject in the basal state.

A single determination of BMR also was made with the Metabulator for 684 individuals. We applied both methods for 13 subjects among them who have same physical conditions.

The results obtained were as follows:

1. The mean value of BMR with the Metabulator is significantly higher than Douglas-Scholander method by 9.2%.

2. The Metabulator can be used for measuring BMR, since the normal value is generally less than 15% of BMR. But one may considered that there is likely errors about 10% in Metabulator method.

## 서 론

기초대사 또는 기초신진대사라 함은 생명유지에 필요한 생리적 최소 energy을 말하는 것으로 성별, 연령, 기온, 생활양식, 체격 및 영양등에 의하여 영향을 받는다. 본 교실에서는 open circuit method인 Douglas 백과 Scholander 가스분석기를 이용하여 약 1,000명의 기초대사를 측정하였는데 연 3일, 2회씩 총 6회의 측정치중 가장 낮은값을 택하여 보고 하였다[1]. 그러나 호기가스의 분석이 필요치 않고 간편 하다는 이유로 임상에서는 closed circuit method인 Sanborn 제 Metabulator가 많이 이용되고 있는데 Consolazio 등에 의하면 이 방법은 open circuit method에 비해 오차가 크며 신빙성이 적은 것으로 보고되었다[2]. 따라서 임상에서 Metabulator를 사용하여 기초대사를 측정하더라도 이것이 비교적 정확하다고 인정을 받고 있는 open circuit method와는 얼마나 차이가 있는지를 고려하면서 사용한다면 큰 도움이 되리라 생각한다. 본 교실에서 는 한편 Metabulator도 사용하여 기초대사를 약 700여명 측정하였 었는데 이중 일부 대상자를 택하여 동시에 두가지 방법을 다 사용하여 측정한 결과를 비교 검토 하였다.

**Table 1.** BMR by Douglas-Scholander and Metabulator method

| Subject | Age | Surface area ($m^2$) | Dougles-Scholander | | | | | | | Metabulator |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Gas volume (l/min) | $CO_2$ % | $O_2$ % | $O_2$ used (ml/min) | Nin urine (g/hr) | None-N RQ | Cal/$m^2$/hr | Cal/$m^2$/hr |
| 1 | 20(F) | 1.44 | 4.94 | 2.52 | 3.0 | 148 | 0.334 | 0.83 | 30.1 | 36.0 |
| 2 | 20(F) | 1.45 | 4.30 | 2.71 | 3.6 | 146.5 | 0.164 | 0.75 | 31.4 | 37.0 |
| 3 | 20(F) | 1.58 | 5.44 | 2.78 | 3.5 | 190 | 0.208 | 0.79 | 35.1 | 37.0 |
| 4 | 20(F) | 1.41 | 5.36 | 2.47 | 3.0 | 161 | 0.201 | 0.81 | 33.4 | 36.0 |
| 5 | 20(F) | 1.51 | 5.36 | 2.53 | 3.1 | 166 | 0.261 | 0.82 | 32.0 | 38.0 |
| 6 | 20(F) | 1.52 | 4.96 | 2.70 | 3.7 | 179 | 0.124 | 0.82 | 34.4 | 36.0 |
| 7 | 20(F) | 1.37 | 7.08 | 2.14 | 3.0 | 177 | 0.154 | 0.84 | 37.7 | 35.2 |
| 8 | 20(F) | 1.54 | 4.98 | 2.97 | 3.5 | 174.5 | 0.186 | 0.85 | 33.0 | 32.5 |
| 9 | 20(F) | 1.46 | 5.80 | 2.85 | 3.1 | 179.5 | 0.218 | 0.91 | 35.8 | 36.3 |
| 10 | 20(F) | 1.44 | 4.60 | 2.46 | 3.2 | 147 | 0.114 | 0.76 | 29.8 | 38.0 |
| 11 | 20(F) | 1.43 | 4.34 | 2.84 | 4.3 | 171 | 0.114 | 0.85 | 34.9 | 36.7 |
| 12 | 20(F) | 1.55 | 5.76 | 2.37 | 2.9 | 167 | 0.252 | 0.82 | 32.0 | 37.4 |
| 13 | 20(F) | 1.49 | 5.19 | 2.94 | 3.5 | 181.7 | 0.278 | 0.84 | 35.1 | 38.5 |
| Mean±S.E. | | | | | | | | | 33.43±0.64 | 31.5±0.42 |

## 실험대상 및 방법

서울시내에 거주하고 비교적 년령, 생활, 신체 조건이 같은 여자 의과대학생 13인을 택하여 다음 두가지 방법을 다 적용하여 기초대사를 측정하였다.

### 가) Douglas-Scholander 법[3,4]

대상자는 측정전일 과로를 피하고 과식을 삼가며 각종 흥분성 음료 및 투약을 금하고 10시간 이상 충분히 수면을 취하게 하는 등 기초대사 측정에 필요한 일반 수칙을 엄수시켰고 측정당일 아침 일찌기 공복으로 도보 또는 택시를 이용하여 교실에 나오게 하였다. 교실 침상에서 30분 이상 충분히 안정시킨 후 기초상태(맥박수 80/min, 호흡수 25/min 이하)에 들어갔음을 확인하고 채기용 마스크와 Douglas 백을 사용하여 5분간 채기하였다. 백에 모인 호기는 가스메타를 사용하여 계량하고 표준상태로 환산하는 한편 채기된 호기의 일부를 유침주사기에 채취하여 Scholander 가스분석기를 사용하여 산소와 탄산가스의 비 fraction를 측정하고 호기량과 가스분석에서 얻은 성적으로 부터 산소소비량 및 탄산가스 발생량을 산출하였다. 한편 24시간 채뇨를 시켜 뇨량을 평량하고 이 뇨의 일부를 Micro-Kjeldahl[5]법에 의해 뇨중 질소량을 측정하여 체내 단백질 연소로 소비된 산소량과 탄산가스 발생량을 산출하고 나아가서는 비단백질 연소에 소비된 산소량과 탄산가스 발생량을 산출하였다. 이어서 비단백호흡상을 산출하고 Zuntz-Schumburg 표를 이용, 산소 1L를 소비할 때 생기는 칼로리를 찾아 산소소비량에서 부터 비단백 연소량을 계산하고 여기에 단백연소에 의한 열량을 가산하여 총 에너지를 산출하였다. 체표면적은 Dubois & Dubois[6]의 $A=W^{0.425}\times H^{0.725}\times 71.84$에 의해 계산하고 기초대사량을 체표면적 단위로 표시하였으며 6회 측정에서 얻은 성적중 가장 낮은 값을 택하였다.

### 나) Metabulator 법[7]

피검자에 대한 모든 조건은 위의 방법과 동일하며 이들이 기초상태에 들어갔음을 확인한 후 일정량의 순수한 산소를 채운 Sanborn 제—Metabulator를 사용하여 3~5분간 호흡을 하도록 하여 소비된 산소량을 기록한였다. 이때 발생되는 탄산가스는 sodalime을 통하여 흡수되며 leak가 없음을 확인하였다. 기록된 산소소비량으로 부터 연령과 체표에 따라 환산하였다.

## 성 적

연령과 신체적 조건이 유사한 여자 13인을 택하여 Douglas-Scholander 법과 Metabulator 법을 함께 사용하여 기초대사를 측정한 성적은 표 1과 같으며 Douglas 법에 의한 측정치는 33.43 Cal/$m^2$/hr 인데 비하여 Metabulator에 의한 값은 36.5 Cal/$m^2$/hr 로 약 9.2% 높았다($p<0.01$).

**Table 2.** BMR of Koreans by Douglas-Scholander method

| Age | Male | | Female | |
|---|---|---|---|---|
| | No. of case | Cal/m²/hr/(Mean±S.E.) | No. of case | Cal/m²/hr (Mean±S.E.) |
| 5 | 5 | 53.4±2.54 | 9 | 51.1±2.27 |
| 6 | 32 | 53.7±0.56 | 20 | 51.3±0.67 |
| 7 | 18 | 50.7±1.03 | 18 | 49.5±1.20 |
| 8 | 27 | 50.9±0.60 | 20 | 48.7±0.74 |
| 9 | 15 | 48.3±1.11 | 23 | 47.3±0.98 |
| 10 | 13 | 45.2±1.27 | 29 | 45.1±0.89 |
| 11 | 20 | 47.3±0.85 | 11 | 45.2±1.05 |
| 12 | 28 | 45.2±0.74 | 32 | 41.8 0.76 |
| 13 | 24 | 41.8±0.76 | 22 | 40.3±0.38 |
| 14 | 26 | 41.8±0.33 | 23 | 38.6±0.73 |
| 15 | 27 | 41.1±0.63 | 31 | 37.3±0.65 |
| 16 | 14 | 40.6±0.99 | 9 | 35.1±0.63 |
| 17 | 12 | 39.3±0.46 | 11 | 35.6±0.96 |
| 18 | 12 | 38.8±0.32 | 18 | 35.7±0.87 |
| 19 | 28 | 37.6±0.36 | 35 | 36.5±0.76 |
| 20 | 26 | 37.6±0.61 | 32 | 36.5±0.60 |
| 21～24 | 26 | 37.1±0.96 | 46 | 34.4±0.53 |
| 25～34 | 24 | 38.4±0.78 | 37 | 36.0±0.67 |
| 35～44 | 21 | 38.6±0.87 | 36 | 35.0±0.67 |
| 45～54 | 23 | 36.4±0.58 | 30 | 36.0±0.49 |
| 55～ | 9 | 34.0±1.10 | 16 | 33.1±0.95 |
| Total | 430 | | 508 | |

**Table 3.** BMR of Koreans by Sanborn Metabulator

| Age | Male | | Female | |
|---|---|---|---|---|
| | No. of case | Cal/m²/hr Mean±S.E. | No. of case | Cal/m²/hr Mean±S.E. |
| 21～24 | 16 | 40.8±1.32 | 19 | 40.0±1.25 |
| 25～34 | 85 | 40.3±0.89 | 82 | 39.0±1.18 |
| 35～44 | 117 | 41.1±0.73 | 123 | 37.9±0.82 |
| 45～54 | 92 | 38.9±0.59 | 77 | 38.0±1.03 |
| 55～ | 37 | 37.5±0.94 | 23 | 37.1±0.99 |
| Total | 347 | | 324 | |

## 고　　찰

기초 대사의 측정은 영양상태를 알 수 있는 지표가 되는 동시에 임상에서도 갑상선의 기능기타 생리적 기능시험에 많이 이용되어 왔다.

이미 저자들에 의하여 보고된 남자 430명, 여자 508명을 대상으로 Douglas-Schoander 법에 의해 측정한 기초대사는 표 2에서 보는바와 같으며 연령이 증가함에 따라 남녀모두가 감소하였다(Fig. 1). 또한 Metabulator 법에 의한 기초대사 측정은 남자 347명, 여자 324명을 대상으로 하였는데 그 결과는 표 3에 제시되었다. 즉 연령군이 21～24세의 남자는 Douglas 법에 의한 기초

대사가 37.1 Cal/m²/hr 인데 비하여 Metabulator 에 의한 성적은 40.8 Cal/m²/hr 로 9.97% 유의적으로 높았으며 같은 연령군의 여자는 Douglas 법이 34.4 Cal/m²/hr, Metabulator 법이 40.0 Cal/m²/hr 로 Metabulator 에 의한 측정치가 16.3% 유의적으로 높았다. 또한 25~34세의 연령군에서도 남자는 Douglas 법이 38.4 Cal/m²/hr, Metabulator 법이 40.3 Cal/m²/hr 로 약 5%, 여자는 Douglas 법이 36.0 Cal/m²/hr 인데 비하여 Metabulator 법이 39.0 Cal/m²/hr 로 8.3% 높았는데 이들은 각각 유의한 차였다.

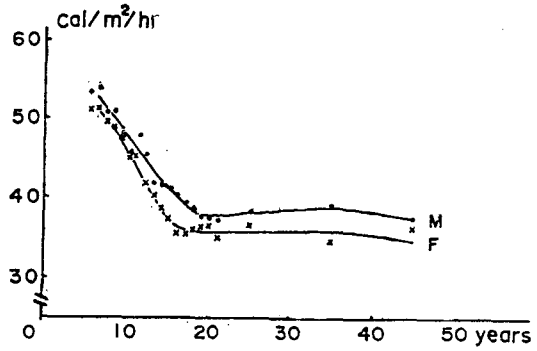


Fig. 1. BMR of Korans.

35~44세의 연령군에서는 남자와 여자가 각각 Douglas 법이 38.6 Cal/m²/hr, 35.0Cal/m²/hr 인데 비하여 Metabulator 법은 41.1 Cal/m²/hr, 37.9 Cal/m²/hr 로서 6.84%, 8.29% 유의적으로 높았다. 45~54세 연령군에서는 Douglas 법에 의해 측정한 기초대사가 남자와 여자 각각 36.4 Cal/m²/hr, 36.0 Cal/m²/hr 이며 Metabulator 에 의한 성적은 38.9 Cal/m²/hr, 38.0 Cal/m²/hr 로 남자가 6.9%, 여자가 5.6% 유의하게 높았다. 55세 이상의 연령에서도 역시 Douglas 법에 의한 기초대사 측정치는 남자 34.0Cal/m²/hr, 여자 33.1 Cal/m²/hr 이며 Metabulator 에 의한 측정치는 37.5 Cal/m²/hr, 37.1 Cal/m²/hr 로 각각 10.3%, 12.1% 유의하게 높았다.

저자들이 open circuit method 로 측정한 연령별 기초대사량은 10세 까지는 남녀 모두 Boothby[8] 의 성적과 거의 일치하였으나 10세를 넘어서 부터는 오히려 Boothby 의 성적보다 낮은 수치인 Fleisch[9]나 Robertson and Reid[10]의 성적과 가까웠다. 한편 측정방법이 간편하다는 이유로 임상에서는 closed circuit method 인 Metabulator 가 많이 이용되고 있으나 Consolazio 등은 open circuit method 는 오차가 약 0.2 Cal/m²/hr 로 기초대사량의 1% 이내 이지만 closed circuit method 는 오차가 훨씬 커서 신빙성이 적으므로 이 방법을 사용할 때는 그 점을 고려 해야 한다고 하였다. 또한 open circuit method 와 closed circuit method 의 차이에 관하여 여러 사람들의 성적이 보고되었는데 Fowler[11]등은 closed circuit method 에 있어서 표준오차가 약 2.3 cal/m²/hr 로서 이는 기초대사량의 약 7%에 해당한다고 하였고 Krough & Rasmussen[12]은 이 방법이 open circuit method 보다는 6~11%의 차이가 있다고 하였다. Hunt[13]는 12%, Lewis[14]등은 5%의 차이가 있음을 보고하였으며 Willard 등[15]은 10%의 차이를 주장하였다.

이에 저자들은비교적 조건이 같은 대상자 13인에서 closed circuit method 가 open circuit method 보다 약 9.2% 유의하게 높았는데 이는 Willard 의 주장과 일치하는 것이다. 따라서 open circuit method 보다 closed circuit method 로 측정한 기초대사량이 높은 이유는 전자가 후자에 비하여 전 환기량의 변동이나 호기의 leak 가 1/25정도로 적다는 방법상의 차이에도 관계가 있겠으나 주 원인은 후자의 방법은 단 1회의 측정으로서 좀처럼 basal state 에 들어가기 힘든데에 있는 것 같다. 즉 Dubois & Boothby 등이 조사한 바로는 수일동안 기초대사를 계속 측정하였더니 처음보다 수일 후에는 8~9%가 저하 된다고 하였다. 그러므로 일반적으로 기초대사 측정에는 open circuit method 인 Douglas-Scholander 법을 사용하여 적어도 3일간 6회 측정한 성적중 가장 낮은 값을 택하는 것이 타당하며 부득이하여 Metabulator 를 사용할 경우에는 약 10%의 오차를 고려해야 한다. 그러나 일반적으로 기초대사의 측정에 있어 기준치로부터 ±15% 이내를 정상범위로 간주하고 있으므로 Metabulator 의 사용이 크게 문제가 되지는 않으리라고 사료된다.

## 결 론

서울 시내에 거주하는 1,622명을 대상으로 일부는 Douglas-Scholander 방법으로 기초대사를 측정하고 나머지는 Metabulator 를 사용하여 측정하여 왔는데 이중에서 비교적 조건이 같은 13인을 택하여 위의 두가지 방법을 다 사용하여 기초대사를 측정하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Closed circuit method 인 Metabulator 를 사용하여 측정한 기초대사가 open circuit method 인 Douglas-Scholander 방법으로 측정한 성적보다 9.2%나 유의하게 높았다.

2. 기초대사 측정시 기준치로 부터 ±15% 이내를 정

상범위로 간주하므로 Metabulator의 사용이 큰 문제는 되지 않으나 이 방법에 의한 성적이 항상 약 10%정도 높다는 점을 고려하고 사용해야 한다.

## REFERENCES

1) 金東俊 : 韓國人의 基礎代謝量과 日常生活中의 消費熱量에 關한 硏究 대한 의학협회지, *14:879, 1971.*

2) Consolazio, C.F., R.E., Johnson and L.J.Pecora: *Physiological measurements of metabolic function in man. McGraw-Hill, New York, p. 23, 1963.*

3) Shepard, R.J.: *A critical examination of the Douglas bag technique. Am. J. Physiol., 127: 515-524, 1955.*

4) Scholander, P.F.: *Analyzer for accurate estimation of reipiratory gases in one cubic centimeter samples. J. Biol. Chem., 167: 1-15, 1947.*

5) Hawk, P.B., B.L., Oser, and W.H. Summerson.: *Practical physiological chemistry. 12th. ed., Blackiston, New York, p. 804, 1953.*

6) DuBois, D. and E.F. DuBois.: *Clinical calorimetry 10th paper, A formula to estimate approximate surface area if height and weight to known. Arch. Int. Med., 17:863, 1916.*

7) Benedict F.G.: *A portable respiration apparatus for clinical use. Boston. Med. & Surg. J., 178:667-678, 1918.*

8) Boothby, W.H., J. Berkson and H.L., Dunn.: *A standard for basal metabolism with normogram for clinical application. Am. J. Physiol. 116:468, 1936.*

9) Fleisch, A.: *Standards for basal metabolic rates. Hev. Med. Acta. 18:23, 1951.*

10) Robertson, I.D. and D.D., Reid.: *Standard for the basal metabolism for normal people in Britain. The Lancet, 10, May, p. 940-943, 1952.*

11) Fowler, W.S., C.M., Blackburn and H.F., Helmholz.: *Determination of basal rate of oxygen consumption by open and closed-circuit methods. J. Clin. Endocrinol. 17:786-796, 1957.*

12) Krogh, M. and O. Rasmussen.: *Ueber bestimmung des energieumsatzes bei patienten. Wien. Klin. Wchnschr. 35:803, 1922.*

13) Hunt, T.C.: *Determination of the basal metabolic rate. Lancet, 210(1):172-173, January 23, 1926.*

14) Lewis, R.C., A., Iliff and A.M. Duval.: *The comparative accuracy of the closed circuit bedside method and the open circuit chamber procedure for the determination of basal metabolism. J. Lab. & Clin Med. 28:1238-1245, 1943*

15) Willard, H.N. and G.A. Wolf.: *A source of error in the determination of basal metabolic rates by the closed-circuit technic. Ann. Int. Med. 34:148-162, 1951.*