

남자 노인에서 에너지 섭취 조사를 위한 24시간 회상법의 정확도 평가 -이중표식수법을 사용하여-

전지혜¹⁾ · 고나영¹⁾ · 이모란¹⁾ · Didace Ndahimana¹⁾ · 김은경^{2)†}

¹⁾강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과, 학생, ²⁾강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과, 교수

Accuracy of 24-hour Diet Recalls for Estimating Energy Intake in Elderly Men using the Doubly Labeled Water Method

Ji-Hye Jeon¹⁾, Na-Young Go¹⁾, Mo-Ran Lee¹⁾, Didace Ndahimana¹⁾, Eun-Kyung Kim^{2)†}

¹⁾Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea, Student

²⁾Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea, Professor

*Corresponding author

Eun-Kyung Kim
Department of Food and
Nutrition, Gangneung-Wonju
National University, Gangneung,
Korea.

Tel: (033) 640-2336
Fax: (033) 640-2330
E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr
ORCID: 0000-0003-1292-7586

Acknowledgments

This research was supported by a
grant from the National Research
Foundation of Korea
(2016R1D1A1B03935571)

Received: November 16, 2018
Revised: November 30, 2018
Accepted: November 30, 2018

ABSTRACT

Objectives: This study assessed the accuracy of the 24-hour diet recall method for estimating the energy intake of elderly men using the doubly labeled water as a reference method.

Methods: Seventeen subjects (mean age 72.5 ± 3.9 years), who maintained the same body weight during the two weeks study period, were included in this study. Three 24-hour diet recalls (two weekdays and one weekend) were obtained over a 14 day period to estimate the mean energy intake. The total energy expenditure was measured over the same 14 days using the doubly labeled water method. The total energy intake and total energy expenditure were compared by paired t-test.

Results: The total energy intake from the 24-hour diet recalls method was 2536.7 ± 350.6 kcal/day, and the total energy expenditure from the doubly labeled water method was 2659.8 ± 306.8 kcal/day. The total energy intake was slightly under-reported by -123.2 ± 260.8 kcal/day (-4.4%). On the other hand, no significant difference was observed between the total energy intake and total energy expenditure of the subjects ($p=0.069$). The percentage of accurate predictions was 64.7%. The correlation between the total energy intake and total energy expenditure was statistically significant ($r=0.697$, $p<0.005$).

Conclusions: The present study supports the use of the 24-hour diet recall method to estimate the mean energy intake in elderly men group. More studies are needed to assess the validity of 24-hour diet recall method in other population groups, including elderly women, adults and children.

Korean J Community Nutr 23(6): 516~524, 2018

KEY WORDS energy intake, 24-hour recall, doubly labeled water, elderly men

서론

전 세계에서 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있는 우리나라는 [1] 최근 65세 이상 노인 인구가 전체 인구의 14%를 넘어서며 고령사회에 진입하였다 [2]. 고령층이 증가할수록 만성퇴행성질환의 발생률도 함께 높아지고 있으며 [3], 이들의 주요 사망원인은 암, 심장질환, 뇌혈관계 질환, 폐렴 및 당뇨병 순이었으며 특히 이들 대부분 질환의 사망률은 여자보다 남자에서 더 높은 것으로 보고되었다 [2].

이러한 만성퇴행성질환의 예방과 관리에 있어서 중요한 요인 중 하나가 식사이다 [4-6]. 이때, 만성퇴행성질환과 식생활의 관계를 규명하고자 하는 경우 또는 영양 상태 평가 시 식사 섭취량 조사는 필수적이다 [7-9]. 특히 에너지섭취량은 개인의 에너지 요구량을 결정하는 요인이 되기 때문에 정확하게 평가하는 것이 중요하다 [10-11].

식사 섭취 조사 방법으로는 식사력, 식사기록법, 24시간 회상법 (24-hour recall) 및 식품섭취빈도 조사법 등 다양한 방법이 있으나 [12], 만성퇴행성질환과 식사에 관한 연구에서는 주로 24시간 회상법과 식품섭취빈도 조사법이 자주 사용되어왔다 [13]. 식품섭취빈도 조사법은 다양한 식품에 대하여 섭취 빈도와 양을 작성하는 설문지로, 장기간의 식사 섭취 패턴을 평가하기에 적합한 방법이다. 그러나 이 방법으로는 섭취한 식품의 상세 내용과 정량적인 정보를 조사하기에 어려움이 있다. 반면에 24시간 회상법은 하루 동안 섭취한 모든 식품의 종류와 양을 조사하는 방법으로 끼니별 섭취량 분석까지도 가능하다 [12]. 실제로 24시간 회상법은 우리나라의 국민건강영양조사뿐만 아니라 미국의 NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) 에서도 사용하고 있으며, 이를 통한 조사 결과는 국가 차원의 통계자료로 이용되기도 한다 [14].

이런 장점에도 불구하고 24시간 회상법에서 발생할 수 있는 가장 큰 오차는 기억에 의존한다는 점이다 [12,15]. 따라서 24시간 회상법은 성인에 비해 기억력이 감퇴된 노인에서 정확도가 낮다는 문제점이 제기되고 있다 [15-16]. 그러나 노인을 대상으로 24시간 회상법의 정확도를 평가한 외국의 연구결과 [17-18]에 따르면, 건강한 노인들과 성인들 간에 식사 조사 방법의 정확도에 있어서 차이가 없었다. 오히려 노인에서는 실측법 또는 식사기록법처럼 부담이 큰 식사 조사 방법보다 24시간 회상법이 더 정확한 정보를 제공할 수 있다고 하였다 [15]. 따라서 노인의 식사섭취량을 정확하게 조사하기 위한 식사 조사 방법에 대한 타당도 검증이 필요하다.

24시간 식사 회상법의 정확도를 평가하기 위한 준거 도구

로 실측법 및 식사기록법 [16] 등이 이용되기도 하는데, 이러한 조사방법들은 대부분 자기보고 (self-reported) 형태로 진행되므로 24시간 회상법과의 상관 오류가 발생할 수 있다 [12]. 한편 에너지소비량을 측정하는 이중표식수 (DLW, doubly labeled water) 법은 생화학적 지표로서 측정오차가 독립적이기 때문에, 24시간 회상법뿐만 아니라 모든 식사 조사 방법의 정확성을 검증하는데 사용될 수 있다 [12]. 이 방법은 에너지 평형의 원리에 따라 체중을 일정하게 유지하는 사람은 에너지섭취량과 소비량이 동일하다는 개념에 근거한다 [12,19-20]. 따라서 에너지 평형 상태에서 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량을 기준으로 24시간 회상법으로 조사된 에너지섭취량을 비교함으로써 정확도를 평가할 수 있다.

외국에서는 미취학아동 [21], 성인 [22] 및 노인 [18] 등을 대상으로 이중표식수법에 의해 측정된 총에너지소비량을 기준으로 24시간 회상법의 정확도를 평가한 연구들이 꾸준히 수행되고 있는데, 그 결과들을 살펴보면 모두 과소 보고된 것으로 나타났다. 그러나 이중표식수법은 많은 비용과 [23], 고도의 분석 기술을 요하기 때문에 [22] 아직까지 국내에서는 이 방법으로 식사 도구의 정확도를 평가한 연구는 물론, 이중표식수를 이용한 연구 자체가 매우 드물다 [24-25]. 이에 본 연구에서는 남자 노인을 대상으로, 이중표식수법으로 측정한 총에너지소비량을 기준으로 에너지 섭취 조사를 위한 24시간 회상법의 정확성을 평가하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상자

본 연구는 만 65세 이상의 남자 노인 총 25명을 대상으로 하였다. 연구 대상자 모집은 노인복지센터의 게시판 공고를 통하여 진행하였으며, 이중표식수 실험을 고려한 선발 요건은 다음과 같다. 1) 에너지 대사에 영향을 미치는 질환이 없고, 갑상선 이상, 신장질환 및 전립선 질환 등과 관련된 약물 복용을 하지 않는 자 2) 하루 40g 이상의 알코올을 섭취하지 않는 자 3) 과도한 신체적 활동이나 일을 하지 않는 자 4) 2주간의 연구 기간 동안 타 지역 방문 계획이 없는 자이다. 또한 선발된 대상자는 연구기간 동안 평소와 같은 일상생활과 식습관을 유지하고 체중 조절을 하지 않도록 하였다. 본 연구는 에너지 평형을 전제조건으로 설계되었기에 연구 기간 (14일) 전후 간에 유의한 체중 변동이 없는 (0.3 ± 0.6 kg, $p=0.05$) 17명만을 최종 대상으로 하였다.

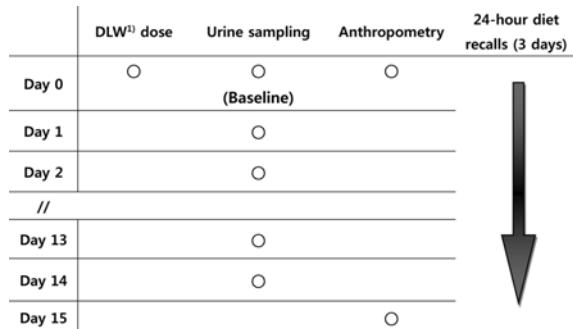


Fig. 1. Protocol of the study.
1) DLW : doubly labeled water.

2. 연구 프로토콜

연구 시작 전 모든 대상자에게 연구내용에 대해 충분히 설명한 후 동의서를 받았으며, 본 연구의 내용 및 방법에 대하여 본 대학 생명윤리위원회로부터 승인받았다(GWNUIRB-2016-26-1). 이중표식수법의 실험 기간은 노인의 총에너지소비량을 측정하는데 적절한 기간인 14일로 하였다[26]. 신체계측과 기준 소변 샘플(baseline)을 먼저 받은 후 조제한 이중표식수를 섭취하도록 하였으며, 소변 샘플은 총 5번에 걸쳐 수집되었다. 신체계측은 에너지 평형을 평가하기 위하여 조사 시작 일과 마지막 날, 총 2번 실시하였다. 24시간 회상법은 조사 기간 동안 비연속적인 3일(주중 2일, 주말 1일)간 진행하였다. 본 연구의 프로토콜은 Fig. 1과 같다.

3. 신체계측

연구 대상자의 신체계측은 실험시작 첫째 날(이중표식수 섭취 전)과 마지막 날(Day 15)에 하였다. 신장은 자동 신장계(BSM 330, Inbody, Korea)로 측정하였고, 체중 및 체지방량의 측정은 체성분 분석기(Inbody 620, Inbody, Korea)를 사용하였다. 체질량지수(BMI, body mass index)는 측정된 신장과 체중으로부터 계산되었다.

4. 24시간 회상법에 의한 식사 조사

본 연구에서 총에너지섭취량(TEI, total energy intake)은 3일간(주중 2일, 주말 1일) 24시간 회상법으로 조사되었다. 정확한 조사를 위하여 충분히 훈련받은 영양사가 진행하였으며, 국민건강영양조사의 조사표 및 영양조사지침서 방법(국민건강영양조사 제 6기 3차년도)을 적용하였다.

연구 대상자는 식사 조사 전날, 하루 동안 섭취한 모든 식품의 사진을 찍거나 기록하여 영양사에게 전달하였다. 그리고 대상자와의 인터뷰는 영양조사지침서를 활용하여 다음의 5단계로 진행하였다. 1단계) 끼니 정보 및 음식명 조사하기. 2단계) 섭취 보조 도구를 사용하여 각 음식별 섭취량(중량

또는 부피) 조사하기. 3단계) 조리 또는 식품에 대한 추가 조사할 항목을 구분하고, 식품 추가 정보와 조리 총량 조사하기. 4단계) 조사 내용에 대해 대상자에게 확인하기. 5단계) 보충 설문 조사하기의 순으로 실시하였다. 특히 2단계에서 사용한 조사도구는 계량컵, 계량스푼, 두께자, 실제 크기의 식품 사진 및 식품모형 등이었다.

24시간 회상법으로 조사한 자료의 영양소 분석은 한국영양학회에서 개발한 CAN PRO 5.0(Computer Aided Nutritional Analysis Program for Professionals, The Korean Nutrition Society, Korea) 전문가용을 사용하였다. 이 프로그램은 식품을 중량으로 입력하도록 되어 있기 때문에, 24시간 회상 조사에서 부피로 조사된 모든 식품의 섭취량은 식품별 영양성분 DB 구축 사업 - 눈대중량의 부피 및 중량 환산 DB 자료집- [27]을 이용하여 중량으로 환산한 후 영양소 섭취량을 분석하였다.

5. 이중표식수법에 의한 에너지소비량 측정

총에너지소비량(TEE, total energy expenditure)은 이중표식수법으로 측정되었다. 이중표식수는 체중 당 0.07 g의 중수소(^2H)와 체중 당 0.1 g 비율의 18번 산소(^{18}O)를 혼합하여 제조한 후, 대상자의 체중을 토대로 계산된 분량의 이중표식수를 섭취하도록 하였다[26].

연구 대상자는 실험 당일 기상해서 첫 소변을 보고, 실험실에 도착해서 기준 소변 샘플을 수집하였다. 그 후 대상자는 컵에 담긴 이중표식수를 빨대를 사용하여 섭취하였고, 추가적으로 제공된 100 ml 생수로 컵과 입안을 행구어 남아있는 것까지도 모두 마셨다[28].

소변 샘플은 이중표식수 섭취 후 총 4회(day1, day2, day13, day14)에 걸쳐 수집되었으며, 이때 샘플 수집 시간은 대상자가 편한 시간으로 하되 모두 동일하게 하였다. 대상자가 직접 수집한 소변 샘플은 채취한 시간을 기록 후 제출일까지 냉장 보관하도록 하였으며, 수집된 소변 샘플은 최종 분석 전까지 냉동 보관하였다.

소변 샘플의 ^2H 와 ^{18}O 원소는 동위 원소 질량 분석기(Finnigan Delta Plus, Thermo Fisher Scientific, USA)를 사용하여 분석하였다. 또한 산소와 수소가 신체로부터 소실되는 비율의 차이(각각 k_o , k_h)는 동위 원소 농도의 자연 로그(natural logarithm)를 사용하여 계산하였으며, 이때 대상자의 총체수분량(TBW, total body water)은 체중의 60%로 가정하였다[26]. 이 결과들로부터 이산화탄소 생성률(rCO_2)을 다음과 같이 계산하였다[26, 29].

$$rCO_2(\text{mol/day}) = 0.4554 \times TBW (1.007k_o - 1.041 k_h)$$

FQ(food quotient)는 3일간의 평균 식사 조사 결과를 토대로 Black 등 [30]이 보고한 아래와 같은 식을 사용하여 계산하였다.

$$FQ = \frac{P \times 0.91 \times 0.781}{P \times 0.91 \times 0.966} + \frac{F \times 0.965 \times 1.427}{F \times 0.965 \times 0.2019} +$$

$$\frac{C \times 0.746}{C \times 0.746} + \frac{A \times 0.973}{A \times 1.461}$$

(P: 단백질, F: 지방, C: 탄수화물, A: 알코올)

총에너지소비량은 Weir 등 [31]의 공식을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$TEE (\text{kcal/day}) = 1.1 rCO_2 + 3.9 rCO_2 / FQ$$

6. 통계분석

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 IBM SPSS Statistics, version 23.0 Program (IBM, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 정규분포를 검정하기 위하여 Kolmogorov-Smirnov 방법을 사용하였고, 그 결과 본 연구의 데이터가 정규분포를 이루어 모수 검정을 시행하였다. 본 연구에서 조사된 모든 값은 평균과 표준편차(Mean±SD)로 표시하였고, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 평가하였다. 본 연구 대상자의 조사 기간 내 체중 변화, 총에너지소비량과 에너지섭취량 간의 비교는 대응표본 t-검정을 사용하였다. 그리고 일원배치 분산분석(ANOVA)를 이용하여 3일간(주중 2일, 주말 1일) 조사된 각 에너지섭취량을 분석하고, 차이를 Tukey's HSD test로 사후분석하였다. 또한 24시간 회상법의 정확도를 평가하기 위하여 오차(%), RMSE (root mean squared prediction error), accurate prediction(%), under prediction(%), over prediction(%)을 계산하였다. RMSE는 에너지섭취량과 총에너지소비량간의 차이를 절대값으로 표시하였으며, 그 계산식은 다음과 같다[32].

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (TEI - TEE_{DLW})^2}$$

(TEI : 24시간 회상법으로 조사된 3일간의 평균 에너지섭취량, TEE_{DLW} : 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량)

Accurate prediction(%)은 에너지섭취량과 총에너지소비량과의 차이가 10% 이내인 대상자의 비율을 나타내며, under prediction(%)과 over prediction(%)은 각각 에너지섭취량이 에너지소비량의 90% 이하로 과소평가되거나,

110% 이상으로 과대평가된 대상자 비율을 나타낸다 [33-35].

24시간 회상법으로 산출된 3일간의 평균 에너지섭취량과 총에너지소비량과의 상관성은 피어슨 상관관계수(Pearson's correlation coefficients)로 평가하였고, 이어 Bland-Altman plot에 의하여 정확도와 정밀도를 나타내었다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 대상자의 평균 연령은 72.5 ± 3.9 세, 신장 및 체중은 각각 165.1 ± 5.0 cm와 63.5 ± 6.8 kg이었다. 그리고 체질량지수(BMI, body mass index)는 23.3 ± 2.1 kg/m² ($19.1 \sim 27.1$ kg/m²)이었다.

2. 총에너지소비량과 에너지섭취량 간의 비교

24시간 회상법으로 조사된 3일간의 에너지섭취량을 Table 2에 나타내었다. 주중 이틀간의 에너지섭취량은 각각 2509.4 ± 453.4 kcal/day와 2490.4 ± 610.2 kcal/day이었으며, 주말의 섭취량은 2610.2 ± 708.5 kcal/day로 3일 중 가장 높았으나, 주중과 주말 간에 유의한 차이는 없었다 ($p=0.83$).

Table 3은 총에너지섭취량과 이중표식수법으로 측정된

Table 1. Characteristics of the elderly men. (n=17)

Variables	Mean ± SD	Minimum	Maximum
Age (years)	72.5 ± 3.9	68	83
Height (cm)	165.1 ± 5.0	156	173
Body weight (kg) ¹⁾	63.5 ± 6.8	49.9	74
Body mass index (kg/m ²)	23.3 ± 2.1	19.1	27.1
Fat mass (kg) ²⁾	15.8 ± 4.2	6.2	23.2
Body fat (%) ²⁾	24.7 ± 5.2	12.4	33.5

1) No significantly different in body weight between pre and post measurement ($p=0.05$)

2) Measured with Inbody 720 body composition analyzer

Table 2. Comparison of energy intake from 24-hour recall method. (n=17)

Variables	Energy intake (kcal/day)	Minimum (kcal/day)	Maximum (kcal/day)
First weekday	2,509.4 ± 453.4 ^{1)a)}	1,831.6	3,465.5
Second weekday	2,490.4 ± 610.2 ^{a)}	1,523.1	4,034.1
Weekend ²⁾	2,610.2 ± 708.5 ^{a)}	1,618.4	3,973.0

1) Mean ± SD

2) a: means with same superscript is not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey HSD test ($p=0.83$).

Table 3. Total energy intake, total energy expenditure, and energy intake under-reporting in the elderly men. (n=17)

Variables	(Kcal/day)	Under-reporting ³⁾ (kcal/day)	p-value
Total energy intake ¹⁾	2,536.7 ± 350.6		
Total energy expenditure ²⁾	2,659.8 ± 306.8	-123.2 ± 260.8	0.069

1) Mean of energy intake estimated by three 24-hour diet recalls method

2) Total energy expenditure measured by the doubly labeled water method

3) Energy intake under-reporting by the 24-hour diet recalls = total energy intake - total energy expenditure

Table 4. Accuracy of energy intake for the 24-hour diet recalls based on bias, root mean squared prediction error (RMSE), and percentage of accurate predictions. (n=17)

Bias ²⁾ (%)	Maximum negative error ³⁾ (%)	Maximum positive error ⁴⁾ (%)	RMSE ⁵⁾ (kcal/day)	Accurate prediction ⁶⁾ (%)	Under prediction ⁷⁾ (%)	Over prediction ⁸⁾ (%)
-4.4 ± 10.5 ¹⁾	-16.9	21.4	281.4	64.7	29.4	5.9

TEE_{DLW}: total energy expenditure measured by the doubly labeled water method

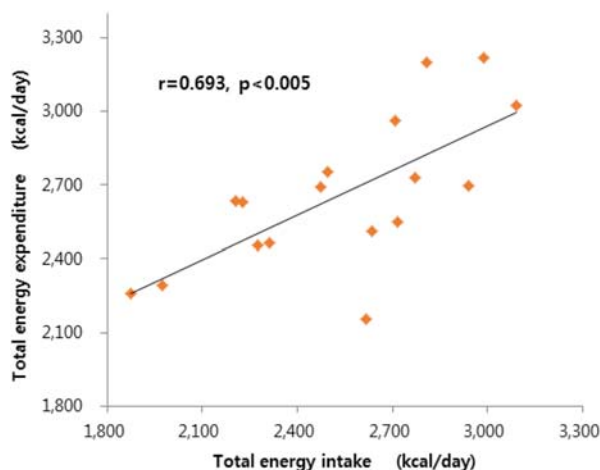
1) Mean ± SD

2) Mean percentage error between total energy intake and energy expenditure

3) The largest underprediction

4) The largest overprediction

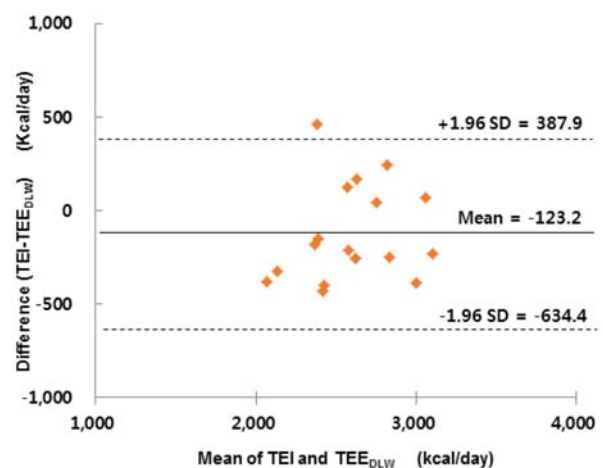
5) RMSE: root mean squared prediction error

6) The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls within 10% of TEE_{DLW}7) The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls < 10% of TEE_{DLW}8) The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls > 10% of TEE_{DLW}**Fig. 2.** Correlation between total energy intake by the 24-hour diet recalls and total energy expenditure measured by the doubly labeled water method in elderly men. (n=17)

총에너지소비량과의 차이를 나타내었다. 총에너지섭취량 (2536.7 ± 350.6 kcal/day)은 총에너지소비량 (2659.8 ± 306.8 kcal/day) 보다 -123.2 ± 260.8 kcal/day만큼 과소보고 되었으나, 두 값간에 유의한 차이는 없었다 (p=0.069).

총에너지섭취량과 총에너지소비량간의 오차율은 -4.4 ± 10.5%, RMSE는 281.4 kcal/day이었다. 그리고 에너지섭취량이 정확하게 예측된 비율은 64.7%이었으며 과소 또는 과대 예측율은 각각 29.4%와 5.9%이었다 (Table 4).

24시간 회상법으로 산출된 총에너지섭취량과 이중표식수

**Fig. 3.** Bland-Altman plots for the energy intake and energy expenditure in elderly men. (n=17)

TEI: total energy intake estimated by 24-hour diet recalls method.

TEE_{DLW}: total energy expenditure measured by the doubly labeled water method.

법으로 측정된 총에너지소비량과의 상관성을 살펴보면 (Fig. 2), 에너지섭취량이 증가할수록 에너지소비량도 함께 증가하는 유의한 양의 상관관계를 보였다 (r=0.693, p<0.005).

또한 Bland-Altman plot (Fig. 3)을 이용하여 두 측정값의 일치도를 살펴보면 일치 한계의 범위가 -634.4 kcal/day에서 387.9 kcal/day이었고, 이 범위 밖의 대상자 수는 1명 (5.9%) 이었다.

고 찰

본 연구는 만 65세 이상 남자 노인을 대상으로 3일간 실시한 24시간 회상법의 정확도를 평가하기 위하여 이중표식수법을 사용하여 총에너지소비량을 측정하였다. 현재까지 식사 조사 도구의 유효성을 검증하는 준거 도구로 이중표식수법이 가장 정확하다고 알려져 있다[11]. 1980년대까지만 해도 식사 섭취 조사의 정확도를 평가하는 것은 어려웠으나, 에너지소비량을 측정하기 위하여 안정동위원소(^2H , ^{18}O)를 사용하는 이중표식수법의 개발로 식사 조사법의 정확도 검증이 가능하게 되었다[11]. 이 방법은 에너지 평형 시 에너지소비량과 에너지섭취량이 동등하다는 에너지 대사의 원리를 근거로 한다.

그러나 이중표식수법은 안정동위원소(18번 산소) 및 분석 비용이 많이 들고, 분석 기술 또한 까다로워 대규모 역학 연구에서 에너지섭취량의 정확도를 검증하기 위하여 사용하는데 어려움이 있다[36-37]. 실제로, 본 연구 또한 이중표식수법의 고비용으로 인하여 대상자 수가 25명으로 제한되었다. 외국에서 역시 동일한 이유로 이중표식수법을 이용하여 24시간 회상법의 정확도를 평가한 연구 대상자 수는 제한적이다. 예를 들면 노인인 대상 연구[18]와 성인 남자 대상 연구[38]의 대상자 수는 각각 20명과 6명이었고, 미취학아동[21] 연구에서 대상자 수는 24명이었다.

본 연구도 대상자 수가 제한적이었으나 신체계측 결과는 2016년 국민건강통계[14]에 보고된 65세 이상 남자의 평균 신장(165.4 cm), 체중(64.9 kg), 그리고 BMI(23.7)와 비교하였을 때 모두 유사한 수준이었다. 본 연구에서 24시간 회상법으로 산출된 3일간의 평균 에너지섭취량은 2536.7 ± 350.6 kcal/day로 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량(2659.8 ± 306.8 kcal/day)과 비교하여 -4.4% 과소보고 하였으나, 유의한 차이는 없었다($p=0.069$).

이중표식수법을 이용하여 측정한 본 연구 대상자의 1일 총 에너지소비량은 2659.8 ± 306.8 kcal/day로 외국[36, 39-41]에서 같은 방법으로 조사된 남자 노인의 에너지소비량(약 2,660~2,790 kcal/day)과 유사하거나 다소 낮았다. 또한 최근 국내에서 이중표식수법으로 측정한 성인 남자(33.5세, 35명)[28]의 에너지소비량(2706 kcal/day)과도 거의 유사한 수준이었다. 본 연구대상 노인의 경우, 규칙적으로 노인복지회관을 찾아 다양한 신체활동 프로그램(탁구, 당구, 댄스스포츠 등)에 참여함을 감안할 때 성인 수준의 신체활동을 하고 있음을 알 수 있었다.

한편 본 연구 대상자의 에너지섭취량은 2536.7 ± 350.6 kcal/day로 국민건강영양조사[14]에서 보고된 65세 이상 남자 노인의 평균 에너지섭취량(1912 kcal)보다 높은 수준이었다. 본 연구대상자의 3일간의 24시간 회상법 기록지를 상세 분석한 결과에 따르면, 3일간의 결식율은 0%였으며, 매일 1회 이상 간식을 섭취하고 있었고, 조사기간 중 1회 이상 외식을 한 경우가 82%에 해당하여 국민건강영양조사의 표본이 된 남자 노인에 비하여 양호한 식생활을 하고 있었다. 실제로 노인복지회관을 이용하는 본 연구대상자의 경우, 비교적 경제적으로 생활이 안정된 노인층으로 회관에서 영양사가 제공하는 균형 잡힌 점심식사를 하고 있었다.

남자 노인을 대상으로 이중표식수법에 의한 에너지섭취량을 기준으로 실측법의 정확도를 평가한 연구결과들을 살펴보면, 계절별로 4일을 조사한 Black 등[39]과 3일간 조사한 Tomoyasu 등[40] 모두 에너지섭취량이 과소보고(각각 -12%, -23%) 되었다. 또한 3일간의 식사기록법의 정확도를 검증한 연구[36,41]에서도 모두 -12%만큼 섭취량이 과소보고 되었다고 하였다. 이에 비하여 본 연구 대상자인 남자 노인에서 24시간 회상법을 사용한 식사 섭취량 조사 결과는 낮은 과소보고율(-4.4%)을 보였다.

한편, 24시간 회상법의 정확도를 이중표식수법으로 검증한 연구에서, 대상자별로 그 결과를 비교하여 보면 노인 여자와 성인여자[18]에서는 각각 -16%와 -13%, 미취학아동 연구[21]에서는 -3%, 중년 여성(59~60세)[17]에서는 -2% 그리고 저체중 성인 남성[38]에서는 -1%의 과소보고율을 보였다. 이 중 가장 과소보고율이 높았던 노인여자와 성인여자[18] 연구는 24시간 회상법을 2일간 조사하였고, 한편 가장 과소보고율이 낮았던 저체중의 성인 남성[38]에서는 7일간 진행하였다. 한편 이 연구들은 식사조사 방법에 있어서 영양사와의 면담 또는 전화 면담 등 그 방법이 다양하였고, 조사 일 수 또한 2일에서 7일까지 차이가 있었으므로, 일률적인 비교가 어렵다.

이와 같이 24시간 회상법의 정확도는 조사 일수 및 조사 방법에 따라 달라질 수 있다[13]. 실제로 하루 만의 식사 섭취 조사결과가 일상적인 섭취량을 대표하기에 적합하지 않으므로 반복 조사해야 함이 제기되어 왔다[4, 7, 15, 19]. 에너지섭취량 평가를 위하여 필요한 24시간 회상법의 조사 일 수를 연구한 Ma 등[10]에 따르면 최소한 3일간의 조사가 가장 정확하였고, 특히 과소보고율을 낮추기 위하여 섭취량이 많아지는 주말이 조사 일에 포함되어야 한다고 하였다. 노인을 대상으로 한 국내의 24시간 회상법 연구[13, 42]에서도 주중 2일과 주말 1일을 조사하였으며, 59~60세 여성[17]과 4~7세 남녀 아동[21]을 대상으로 한 외국연구에서

도 24시간 회상법을 3일간 실시하였다.

한편 24시간 회상법의 자료 수집 방법 또한 식사 섭취량에 영향을 미친다. Lee 등 [13]에 따르면, 훈련된 영양사와의 면담이 대상자가 직접 기록하는 방법보다 식사 섭취량 조사의 재현성이 높았다. 성인 남녀(40명)를 대상으로 이중표식수법을 이용하여 3일간의 24시간 회상법의 정확도를 조사방법에 따라 비교한 연구에 따르면 [43], 면담으로만 조사하는 방법(남녀 각각 -17%와 -13%)보다 카메라를 활용하여 섭취한 모든 식품을 촬영하고 그 정보와 함께 면담하였을 때(남녀 각각 -9%와 -7%) 대상자의 과소보고 비율이 유의하게 낮았다. 또한 성인 남녀를 대상으로 한 Gemming 등의 연구 [44]에서도 카메라를 이용하였을 때의 정확도가 12.5% 더 높게 나타났다.

본 연구에서는 식사조사 시 충분히 훈련받은 영양사가 대면 방법으로 국민건강영양조사에서 사용하는 24시간 회상법 조사표와 영양조사지침서를 이용하였고, 아울러 조사 전날 대상자가 식사 섭취 전과 후에 촬영한 사진을 활용함으로써 24시간 회상법의 정확도(과소보고율 4.4%)를 높일 수 있었다. 그러나 본 연구의 대상자 수가 17명이고, 활동에 지장이 없는 한 지역의 건강한 남자 노인을 대상으로 하였기에 본 연구 결과가 남자 노인을 대표하기에는 부족하다는 제한점이 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 이중표식수법으로 측정한 에너지소비량을 참값(true value)으로 하여 24시간 회상법의 정확도를 검증한 남자 노인 대상 국내 최초의 연구로 큰 의미를 가진다.

이중표식수법을 이용한 본 연구 결과에 따르면, 3일간의 24시간 회상법에 의한 식사 조사는 남자 노인 집단(group)의 에너지소비량을 정확하게 예측한 것으로 나타났다. 그러나 이와 같은 정확도 평가 결과를 인용하기 위한 기본 조건은 24시간 조사 방법의 정확성이다. 즉, 표준화된 식사 조사 방법을 사용하여 체계적으로 훈련받은 영양사가 일대일 면접법과 사진 촬영 등의 보조 수단을 효율적으로 활용한 반복 조사된 24시간 회상법에 따른 식사조사에 한하여 위와 같은 본 연구 결과의 적용이 가능하다.

요약 및 결론

본 연구는 강원도에 위치한 노인복지센터의 남자 노인 17명을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 측정한 에너지소비량을 기준으로 식사 섭취 조사를 위한 24시간 회상법의 정확도를 평가하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 연구 대상자의 평균 연령은 만 72.5 ± 3.9 세였으며, 신장과 체중은 각각 165.1 ± 5.0 cm와 63.5 ± 6.8

kg로 이들의 BMI는 23.3 ± 2.1 kg/m²이었다.

2. 24시간 회상법으로 산출된 에너지섭취량을 살펴보면 주중 이틀간의 평균섭취량이 2499.9 ± 402.0 kcal/day로, 주말(2610.2 ± 708.5 kcal/day)보다 낮았으나 주중과 주말간에 유의한 차이는 없었다(p=0.59).

3. 3일간의 24시간 회상법으로 조사된 총에너지섭취량(2536.7 ± 350.6 kcal/day)은 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량(2659.8 ± 306.8 kcal/day)과 비교하여 과소보고율(bias)이 -4.4% 이었으나, 유의한 차이는 없었다(p=0.069).

4. 24시간 회상법으로 산출된 에너지섭취량이 이중표식수법으로 측정된 에너지소비량을 정확하게 예측한 확률이 64.7%로 조사 방법의 정확성이 높았으며, 이 두 방법 간의 피어슨 상관계수가 r=0.693으로 의미 있는(p<0.005) 양의 상관성을 보여주었다.

5. 에너지섭취량과 총에너지소비량과의 차이 값 평균은 -123.2 kcal/day이었으며 일치 한계의 최대값과 최소값의 범위는 -634.4~387.9 kcal/day (1022.3 kcal/day) 이었다.

이상의 결과를 요약하면, 남자 노인에서 24시간 회상법으로 산출한 에너지섭취량과 이중표식수법으로 측정한 에너지소비량 간에 유의한 차이가 없었으므로, 24시간 회상법이 집단의 평균적인 섭취량을 평가하기에 적절한 것으로 나타났다.

본 연구 결과는 24시간 회상법을 적용하는 남자 노인대상 식사조사 연구를 계획하고 수행 시 중요한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다. 아울러 여자 노인 및 다양한 연령대를 대상으로 이중표식수법에 의한 에너지소비량 측정값을 기준으로 식사 도구의 정확도가 검증되어야 할 것이다.

References

1. Statistics Korea. KOSTAT statistics plus [Internet]. Statistics Korea; 2018 [cited 2018 Nov 6]. Available from: <http://kostat.go.kr/>.
2. Statistics Korea. Statistics report about senior [Internet]. Statistics Korea; 2018 [cited 2018 Nov 6]. Available from: <http://kostat.go.kr/>.
3. Kim HR. Nutrition transition and shifting diet linked non-communicable disease and policy issues. Health Welf Policy Forum 2013; 198: 27-37.
4. Ma Y, Hebert J, Ebbeling C, Ockene I. International aspects of coronary heart disease epidemiology. In: Becker RC, Alpert JS, editor. Cardiovascular medicine-practice and management. London: Arnold; 2001. p. 3-20.
5. Liu S. Whole-grain foods, dietary fiber, and type 2 diabetes: searching for a kernel of truth. Am J Clin Nutr 2003; 77(3):

- 527-529.
6. World Cancer Research Fund. Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global perspective [Internet]. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research; 2007 [cited 2018 Nov 7]. Available from: <http://www.dietandcancerreport.org/>.
7. Michels KB. Nutritional epidemiology-past, present, future. *Int J Epidemiol* 2003; 32(4): 486-488.
8. Baik I, Cho NH, Kim SH, Shin C. Dietary information improves cardiovascular disease risk prediction models. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(1): 25-30.
9. Streppel MT, Sluijk D, van Yperen JF, Geelen A, Hofman A, Franco OH et al. Nutrient-rich foods, cardiovascular diseases and all-cause mortality: the Rotterdam study. *Eur J Clin Nutr* 2014; 68(6): 741-747.
10. Ma Y, Olendzki BC, Pagoto SL, Hurley TG, Magner RP, Ockene IS et al. Number of 24-hour diet recalls needed to estimate energy intake. *Ann Epidemiol* 2009; 19(8): 553-559.
11. Hill RJ, Davies PS. The validity of self-reported energy intake as determined using the doubly labelled water technique. *Br J Nutr* 2001; 85(4): 415-430.
12. The Korean Society of Nutritional Epidemiology. Nutritional epidemiology (translated version). 3th ed. USA original written by Willett W. Seoul: Kyomunsa; 2013.
13. Lee MS, Woo MK, Kim SA, Oh SI, Kwak CS. Reproducibility of nutrient intake estimated by three-day 24-hour dietary recall of middle-aged subjects for 6 month intervals. *Korean J Community Nutrition* 2003; 8(4): 603-609.
14. Ministry of Health and Welfare of Korea, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea health statistics 2016: Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES VII-1). Ministry of Health and Welfare of Korea; 2018 Jan. Report No. 117002.
15. Brio G, Hulshof KF, Ovesen L, Amorim Cruz JA. Selection of methodology to assess food intake. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56(S2): 25-32.
16. Salvador Castell G, Serra-Majem L, Ribas-Barba L. What and how much do we eat? 24-hour dietary recall method. *Nutr Hosp* 2015; 31(3): 46-48.
17. Bathalon GP, Tucker KL, Hays NP, Vinken AG, Greenberg AS, McCrory MA et al. Psychological measures of eating behavior and the accuracy of 3 common dietary assessment methods in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(3): 739-745.
18. Sawaya AL, Tucker K, Tsay R, Willett W, Saltzman E, Dallal GE et al. Evaluation of four methods for determining energy intake in young and older women: comparison with doubly labeled water measurements of total energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 1996; 63(4): 491-499.
19. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy balance and obesity. *Circulation* 2012; 126(1): 126-132.
20. Schoeller DA. How accurate is self-reported dietary energy intake? *Nutr Rev* 1990; 48(10): 373-379.
21. Johnson RK, Driscoll P, Goran MI. Comparison of multiple-pass 24-hour recall estimates of energy intake with total energy expenditure determined by the doubly labeled water method in young children. *J Am Diet Assoc* 1996; 96(11): 1140-1144.
22. Johnson RK, Soutanakis RP, Matthews DE. Literacy and body fatness are associated with underreporting of energy intake in US low-income women using the multiple-pass 24-hour recall: a doubly labeled water study. *J Am Diet Assoc* 1998; 98(10): 1136-1140.
23. Subar AF, Kipnis V, Troiano RP, Midthune D, Schoeller DA, Bingham S et al. Using intake biomarkers to evaluate the extent of dietary misreporting in a large sample of adults: the open study. *Am J Epidemiol* 2003; 158(1): 1-13.
24. Lee SJ, Kim HR. Total energy expenditure of professional soccer players measured by the doubly labeled water method. *J Exerc Nutr Biochem* 2003; 7(3): 214-246.
25. Kim EK, Ndahimana D, Ishikawa-Takata K, Lee S, Kim H, Lim K et al. Validation of dietary reference intakes for predicting energy requirements in elementary school-age children. *Nutr Res Pract* 2018; 12(4): 336-341.
26. Park J, Kazuko IT, Kim E, Kim J, Yoon J. Estimating free-living human energy expenditure: practical aspects of the doubly labeled water method and its applications. *Nutr Res Pract* 2014; 8(3): 241-248.
27. Lee YN. Development of food and nutrient database: food portion/weight database. Korea Health Industry Development Institute; 2007 Dec. Report No. 2007-114.
28. Kim EK, Kim JH, Kim MH, Ndahimana D, Yean SE, Yoon JS et al. Validation of dietary reference intake equations for estimating energy requirements in Korean adults by using the doubly labeled water method. *Nutr Res Pract* 2017; 11(4): 300-306.
29. Bhutani S, Racine N, Shriver T, Schoeller DA. Special considerations for measuring energy expenditure with doubly labeled water under atypical conditions. *J Obes Weight Loss Ther* 2015; 5(S5): 1-20.
30. Black AE, Prentice AM, Coward WA. Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly-labelled water method of measuring energy expenditure. *Hum Nutr Clin Nutr* 1986; 40(5): 381-391.
31. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949; 109(1-2): 1-9.
32. Barnston AG. Correspondence among the correlation, RMSE, and Heidke forecast verification measures; refinement of the Heidke score. *Weather Forecast* 1992; 7(4): 699-709.
33. Weijs PJ. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(4): 959-970.
34. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 2005; 105(5): 775-789.
35. Marra M, Montagnese C, Sammarco R, Amato V, Della Valle E, Franzese A et al. Accuracy of predictive equations for estimating resting energy expenditure in obese adolescents. *J Pediatr* 2015; 166(6): 1390-1396.
36. Johnson RK, Goran MI, Poehlman ET. Correlates of over- and underreporting of energy intake in healthy older men and

- women. *Am J Clin Nutr* 1994; 59(6): 1286-1290.
37. Rothenberg E, Bosaeus I, Lernfelt B, Landahl S, Steen B. Energy intake and expenditure: validation of a diet history by heart rate monitoring, activity diary and doubly labeled water. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52(11): 832-838.
38. Riumallo JA, Schoeller D, Barrera G, Gattas V, Uauy R. Energy expenditure in underweight free-living adults: impact of energy supplementation as determined by doubly labeled water and indirect calorimetry. *Am J Clin Nutr* 1989; 49(2): 239-246.
39. Black AE, Bingham SA, Johansson G, Coward WA. Validation of dietary intakes of protein and energy against 24 hour urinary n and DLW energy expenditure in middle-aged women, retired men and post-obese subjects: comparisons with validation against presumed energy requirements. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51(6): 405-413.
40. Tomoyasu NJ, Toth MJ, Poehlman ET. Misreporting of total energy intake in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47(6): 710-715.
41. Goran MI, Poehlman ET. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metab* 1992; 41(7): 744-753.
42. Cho YE, Lee SL, Cho EH, Ria-Ann LL, Kwak EH, Kim YA et al. Comparison of nutrient intakes of Korean elderly people living in rural area between 24-hour recall and food frequency method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2006; 35(6): 698-707.
43. Gemming L, Rush E, Maddison R, Doherty A, Gant N, Utter J et al. Wearable cameras can reduce dietary under-reporting: doubly labelled water validation of a camera-assisted 24 h recall. *Br J Nutr* 2015; 113(2): 284-291.
44. Gemming L, Doherty A, Kelly P, Utter J, Mhurchu CN. Feasibility of a sensecam-assisted 24-h recall to reduce under-reporting of energy intake. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(10): 1095-1099.