Research Article

OPEN ACCESS

Received: Sep 3, 2020
Revised: Sep 24, 2020
Accepted: Sep 29, 2020

Correspondence to

Eun-Kyung Kim

Department of Food and Nutrition,
 Gangneung-Wonju National University, 7
 Jukheon-gil, Gangneung 25457, Korea.
 Tel: +82-33-640-2336
 E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

© 2020 The Korean Nutrition Society
 This is an Open Access article distributed
 under the terms of the Creative Commons
 Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>)
 which permits unrestricted non-commercial
 use, distribution, and reproduction in any
 medium, provided the original work is properly
 cited.

ORCID iDs

Kye-Wol Park
<https://orcid.org/0000-0001-8775-0266>
 Na-Young GO
<https://orcid.org/0000-0003-4803-7243>
 Ji-Hye Jeon
<https://orcid.org/0000-0001-5030-8415>
 Didace Ndahimana
<https://orcid.org/0000-0001-7070-3973>
 Kazuko Ishikawa-Takata
<https://orcid.org/0000-0003-2995-2956>
 Jonghoon Park
<https://orcid.org/0000-0002-5994-399X>
 Eun-Kyung Kim
<https://orcid.org/0000-0003-1292-7586>

Funding

This work was supported by grants from
 the National Research Foundation of Korea
 (2016R1D1A1B03935571).

에너지 섭취 조사를 위한 24시간 회상법의 정확도 평가: 여자노인을 대상으로 이중표식수법을 이용하여

박계월 ¹, 고나영 ², 전지혜 ², Didace Ndahimana ³, Kazuko Ishikawa-Takata ⁴,
 박종훈 ⁵, 김은경 ²

¹강릉아산병원 영양과
²강릉원주대학교 식품영양학과
³르완다대학교 식품과학과
⁴일본 동경농업대학 영양과학과
⁵고려대학교 체육교육과

Accuracy of the 24-hour diet recall method to determine energy intake in elderly women compared with the doubly labeled water method

Kye-Wol Park ¹, Na-Young Go ², Ji-Hye Jeon ², Didace Ndahimana ³,
 Kazuko Ishikawa-Takata ⁴, Jonghoon Park ⁵, and Eun-Kyung Kim ²

¹Department of Nutrition and Dietetics, Gangneung Asan Hospital, Gangneung 25457, Korea
²Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea
³Department of Food Science and Technology, University of Rwanda, Musanze 210, Rwanda
⁴Faculty of Applied Biosciences, Tokyo University of Agriculture, Tokyo 1568502, Japan
⁵Department of Physical Education, Korea University, Seoul 02841, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study evaluated the accuracy of the 24-hour diet recall method for estimating energy intakes in elderly women using the doubly labeled water (DLW) method.

Methods: The subjects were 23 elderly women with a mean age of 70.3 ± 3.3 years and body mass index (BMI) of 23.9 ± 2.8 kg/m². The total energy expenditure (TEE_{DLW}) was determined by using the DLW and used to validate the 24-hour diet recall method. The total energy intake (TEI) was calculated from the 24-hour diet recall method for three days.

Results: TEI (1,489.6 ± 211.1 kcal/day) was significantly lower than TEE_{DLW} (2,023.5 ± 234.9 kcal/day) and was largely under-reported by -533.9 ± 228.0 kcal/day (-25.9%). The accurate prediction rate of elderly women in this study was 8.7%. The Bland-Altman plot, which was used to evaluate the TEI and the TEE_{DLW}, showed that the agreement between them was negatively skewed, ranging from -980.8 kcal/day to -86.9 kcal/day.

Conclusion: This study showed that the energy intake of elderly women was underreported. Strategies to increase the accuracy of the 24-hour diet recall methods in the elderly women should be studied through analysis of factors that affect underreporting rate. Further studies will be needed to assess the validity of the 24-hour diet recall method in other population groups.

Conflict of Interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

Keywords: energy intake, nutrition assessment, energy expenditure, elderly

서론

24시간 회상법 (24-hour recall)이 국내의 국민건강영양조사와 미국의 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 대규모 연구에서 영양소 섭취량을 평가하는 방법으로 사용하게 된 것 [1]은 영양역학 연구에서 식품섭취빈도조사법으로는 식사 요인과 질병과의 관계를 찾기 어렵다는 연구결과와 관련이 있다 [2-4].

24시간 회상법은 면담 전날 하루 동안 섭취한 식품의 종류와 양을 조사하는 방법 [5]으로 영양소별 분석뿐만 아니라, 식품군별 및 끼니별로 섭취량을 세분화하여 살펴볼 수 있다는 장점이 있다. 또한 조사자와의 일대일 인터뷰를 통하여 진행되므로 응답자가 직접 기록해야 하는 부담을 덜 수 있다 [6]. 그러나 24시간 회상법의 경우, 섭취한 식품이 정확히 무엇인지, 그리고 각 식품을 얼마나 섭취하였는지 (목적량 또는 중량)를 응답자의 기억력에 의존하는 자가 보고 (self-reported) 방식이므로, 성인에 비해 기억력이 감퇴한 노인에서 정확도가 낮다는 문제점이 있다 [7,8]. 이러한 24시간 회상법의 타당도 평가를 위한 기준 (준거도구)으로 실측법 [5] 및 식사기록법 등 [8]이 사용되어 왔다. 그러나 24시간 회상법으로 조사된 에너지섭취량이 평가기준으로 사용되어온 실측법으로 조사된 에너지섭취량보다 과소보고율이 낮다 [5]는 연구 결과도 있다.

에너지 평형 원리에 근거하여 체중이 일정하게 유지되는 경우, 즉 에너지섭취량과 에너지소비량이 동일하다는 전제하에 [9,10] 일일 총에너지소비량이 에너지섭취량 조사방법의 정확성을 평가하는 준거도구가 될 수 있다. 이중표식수 (doubley labeled water, DLW)법은 에너지 소비량을 가장 정확하게 평가하는 gold standard로 알려져 있다 [11]. 그러나 이중표식수법은 실제로 고가의 비용 [12]과 고도의 분석 기술 [13]을 필요로 하므로 이중표식수법을 이용한 국내 연구는 매우 제한적이다.

외국에서는 저소득층 여성 [13], 폐경기 여성 [14] 및 노인 [15] 대상으로 이중표식수법에 의해 측정된 총에너지소비량을 기준으로 24시간 회상법의 정확도를 평가한 연구들이 수행된 바 있다.

24시간 회상법의 정확도는 대상자의 연령과 관련이 있다 [16]. 실제로 이중표식수법을 이용하여 24시간회상법의 정확도를 평가한 Sawaya 등 [15]에 따르면 여자노인 (평균 74세)이 젊은 여자 (평균 25세)에 비해 과소보고율이 높게 나타났다. 또한 성별도 24시간 회상법의 정확도에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 노인을 대상으로 24시간 회상법의 정확도를 평가한 외국의 연구 결과들을 살펴보면, Goran과 Poehlman [17]의 연구 (남녀 각각 -12%와 -31%)와 Johnson 등 [18]의 연구 (남녀 각각 -12%와 -24%) 모두, 여자의 과소보고율이 남자보다 높았다.

한국인 남자노인 [19]을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 24시간 회상법의 정확도를 평가한 Jeon 등 [19]에 따르면 과소보고율이 -4.4%로 나타나, 24시간 회상법이 집단 (group)의 평균적인 에너지섭취량을 평가하기에 적절한 것으로 보고하였다. 그러나 성별이 24시간 회상

법의 정확도 (특히 과소보고율)에 영향을 미치는 주요한 요인으로 보고된 바 있으므로, 이중표식수법으로 측정된 일일 총에너지소비량을 기준으로 여자노인에 있어서 24시간 회상법의 정확성에 대한 평가가 필요한 바, 본 연구를 수행하게 되었다.

연구방법

연구대상자

본 연구는 강원도에 거주하는 자로 노인종합복지관 게시판공고를 통해 모집된 만 65세 이상의 건강한 여자노인 총 23명을 대상으로 하였다. 연구 대상자 모집 시 에너지 대사에 문제가 있는 사람, 갑상선 질환이나 신장질환 및 전립선 질환 등과 관련된 약물을 복용하는 사람, 하루 40 g 이상 알코올을 섭취하는 사람, 강도 높은 육체적 활동이나 노동을 하는 사람, 예정된 연구 기간 동안 타 지역으로의 이동 계획이 있는 자는 제외하였다. 에너지 평형이 실험설계의 전제 조건이므로 대상자들은 평상시와 같은 일상생활과 식습관을 유지하고 체중감소나 증가에 대한 어떠한 노력도 하지 않도록 하였다. 연구 대상자 23명은 연구 기간 (14일) 전후의 체중 간에 유의한 차이 (0.07 ± 0.62 kg, $p = 0.62$)를 보이지 않았다. 본 연구는 본 대학 생명윤리위원회로부터 승인 (GWNUIRB-2016-26-1)을 받은 후 진행하였다.

신체계측

이중표식수법에 의한 총에너지소비량 측정기간 (총 14일) 동안 실험시작 첫째 날과 마지막 날 총 2회에 걸쳐, 대상자에 대한 신체계측을 하였다. 신장은 기상 후 공복상태에서 대소변을 본 후에 가벼운 옷차림 (즉 시계, 모자, 두꺼운 옷, 양말과 스타킹 등을 벗은 상태)을 한 상태에서 신발을 벗고 직립한 자세로 자동 신장계 (BSM 330; InBody, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 체중과 체지방량의 측정을 위하여 생체전기저항법을 이용한 체성분 분석기 (Inbody 620; InBody)를 사용하였다. 측정을 통해 얻은 대상자의 신장과 체중을 이용하여 체질량지수 (body mass index, BMI)를 계산하였다.

이중표식수법에 의한 에너지소비량 측정

이중표식수의 제조와 섭취

이중표식수는 연구대상자의 체중 1 kg 당, 1.03 g의 $H_2^{18}O$ (10% enriched; Taiyo Nippon Sanso, Tokyo, Japan)와 0.07 g의 2H_2O (99.9% enriched; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 혼합하여 제조하였다. 연구대상자의 체중 1 kg당 1.1 g의 비율로 제조된 이중표식수를 섭취하도록 하였다 [20].

소변 샘플 채취 및 분석

소변 샘플은 이중표식수 경구 투여 후 14일 동안 총 5회 (baseline, 이중표식수 섭취 후 1일, 2일, 13일 및 14일) 채취하였다. 각 소변 채취 30분 전부터 물을 포함한 모든 음식물의 섭취를 자제하도록 하였으며, 소변 채취 시간대가 이른 아침인 경우에는 반드시 기상 후 첫 소변은 버리고 1시간 이후의 소변을 채취하도록 하였다. 채취한 소변 샘플은 분석 전 전까지 $-30^{\circ}C$ 이하의 냉동고에 보관하였다. 소변 샘플의 2H 와 ^{18}O 원소는 동위원소 질량분석기 (Finnigan Delta Plus; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하여 분석하였다.

이중표식수법에 의한 에너지소비량 산출

신체로부터 감소하는 ^2H 의 1일 배출률 (k_o)과 ^{18}O 의 1일 배출률 (k_h)을 구하였다. 이 결과로부터 이산화탄소 배출률 (rate of CO_2 production, $r\text{CO}_2$)을 다음과 같이 계산하였으며 [20,21], 총 체수분량 (total body water, TBW)은 체중의 60%로 가정하였다 [20].

$$r\text{CO}_2 \text{ (mol/day)} = 0.4554 \times \text{TBW} \times (1.007 k_o - 1.041 k_h)$$

일일 총에너지소비량 (total energy expenditure, TEE_{DLW})은 Weir [22]의 식에 이산화탄소 배출률 ($r\text{CO}_2$)과 식사섭취조사 결과로부터 산출한 food quotient (FQ)값을 적용하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{TEE}_{\text{DLW}} \text{ (kcal/day)} = 3.9 \times (r\text{CO}_2/\text{FQ}) + 1.1 \times (r\text{CO}_2)$$

24시간 회상법에 의한 식사 조사

본 연구에서 총에너지섭취량 산출을 위한 식사 조사는 이중표식수 섭취 실험이 진행되는 2주 중 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간 24시간 회상법으로 조사되었다. 자가보고 (self-reported) 방법의 오차를 최소화하기 위하여, 훈련받은 영양사 (연구자)가 직접 인터뷰를 통하여 식품 사진이나 그림을 이용하여 섭취한 식품의 종류와 1인 1회 분량을 조사하였다. 이때 국민건강영양조사의 조사표 및 영양조사지침서 (국민건강영양조사 제6기 3차년도)에 따른 다음의 5단계를 적용하고자 하였다. 1단계: 끼니 및 음식명 정보 조사, 2단계: 보조 도구 (계량컵, 계량스푼, 두께자 등)를 사용하여 각 음식별 섭취한 중량이나 부피 조사, 3단계: 식품 또는 조리 방법에 대한 추가 조사할 항목 구분, 4단계: 조사한 식품 정보에 대해 확인, 5단계: 보충설문 순이다. 국민건강영양조사에서는 가정방문 조사를 통하여 가정식에 대한 3단계 조리조사를 실시하여 사용한 양념 종류 (상표 포함)까지도 조사하나, 본 연구에서는 이와 같은 3단계 조사는 실시하지 못하였다.

24시간 회상법으로 조사한 자료를 토대로 한국영양학회에서 개발한 전문가용 CAN-Pro 5.0 (Web ver.; Korean Nutrition Society, Seoul, Korea)을 사용하여 영양소 섭취량을 분석하였다. 24시간 회상법 조사 시 음식명으로 조사된 자료는 각각의 식재료로 세분화하여 입력하였다. 또한 섭취한 식품의 중량을 입력하도록 되어 있으므로 부피로 조사된 식품의 섭취량은 식품별 영양 성분 DB 구축 사업: 눈대중량의 부피 및 중량 환산 DB 자료집 [23]을 이용하여 중량으로 환산 입력한 후, 영양소 섭취량을 분석하였다. 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간의 에너지섭취량의 평균값을 일일 총에너지섭취량 (total energy intake, TEI)으로 하였다.

통계분석

IBM SPSS Statistics 23.0 Program (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 본 연구에서 얻은 자료를 통계처리를 하였다. Kolmogorov-Sminov test를 이용하여 자료의 정규성을 검정하였으며, 모든 값은 평균과 표준편차 ($\text{mean} \pm \text{SD}$)로 표시하였다. 본 연구 대상자의 조사 기간 내 체중 변화, 총에너지소비량과 총에너지섭취량간의 비교는 대응표본 T-검정을 사용하였다. 그리고 이중표식수법으로 측정한 일일 총에너지소비량 (TEE_{DLW})을 기준으로 24시간 회상법의 정확도를 평가하기 위하여 bias, root mean squared prediction error (RMSE), 정확도 비율 (accurate prediction, %), 과소평가 비율 (under prediction, %) 및 과대평가 비율 (over prediction, %)을 계

산하였다. RMSE는 24시간 회상법으로 조사된 3일간의 평균 에너지섭취량 (TEI)과 이중표식수방법으로 측정된 총에너지소비량 (TEE_{DLW})간의 차이를 절대값으로 표시하였으며, 계산식은 다음과 같다 [24].

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

정확도 비율 (accurate prediction, %)은 전체 대상자 중 총에너지섭취량과 총에너지소비량과의 차이가 10% 이내인 대상자의 비율로 나타내었으며, 에너지섭취량이 에너지소비량의 90% 이하인 대상자의 비율을 과소평가 비율 (under prediction, %)로, 110% 이상인 대상자 비율을 과대평가 비율 (over prediction, %)로 정의하였다 [25-27]. Bland-Altman plot에 의해 정밀도와 정확도를 평가하였고, 피어슨 상관계수 (Pearson's correlation coefficients)를 이용하여 24시간 회상법으로 조사된 3일간의 평균 에너지섭취량 (TEI)과 이중표식수방법으로 측정된 총에너지소비량 (TEE_{DLW})간의 상관성을 평가하였다. 본 연구의 모든 자료는 유의수준 5%에서 유의성을 검증하였다.

결과

연구대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자의 평균 연령은 70.3 ± 3.3세로, 60대가 10명, 70대가 13명이었다. 신장과 체중은 각각 153.0 ± 5.9 cm와 56.0 ± 8.0 kg이었고 이를 이용하여 계산한 체질량지수 (BMI)는 23.9 ± 2.8 kg/m²로, 세계보건기구 (World Health Organization, WHO) 기준에 의하면 정상체중 범위에 해당하였다. 체성분 분석기 (Inbody 620; InBody)를 이용하여 측정된 체지방량은 33.5% ± 5.0%였다.

총에너지섭취량과 총에너지소비량

연구 대상자의 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간의 에너지섭취량을 살펴보면 **Table 1**과 같다. 주중 이틀 간의 에너지섭취량은 각각 1,515.9 ± 220.1 kcal/day와 1,452.2 ± 232.6 kcal/day로 평균 섭취량은 1,484.1 ± 213.1 kcal/day였다. 주말 하루의 섭취량은 1,500.7 ± 221.4 kcal/day로 주중 평균 섭취량과 유의한 차이가 없었다. 총 3일 (주중 이틀과 주말 하루)간의 평균 에너지섭취량은 1,489.6 ± 211.1 kcal/day였다.

24시간 회상법으로 조사된 총에너지섭취량 (1,489.6 ± 211.1 kcal/day)은 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량 (2,023.5 ± 234.9 kcal/day)보다 -533.9 ± 228.0 kcal/day만큼 유의하게 (p

Table 1. Comparison of energy intake using 24-hour diet recalls method between weekdays and weekend

Variables	Energy intake	
	Mean ± SD (kcal/day)	Minimum-Maximum (kcal/day)
Weekday		
First weekday	1,515.9 ± 220.1 ^a	1,093.9-1,915.8
Second weekday	1,452.2 ± 232.6 ^a	977.5-1,807.4
Average of weekday	1,484.1 ± 213.1	1,035.7-1,861.6
Weekend	1,500.7 ± 221.4 ^a	1,075.7-1,886.5
TEI ¹⁾	1,489.6 ± 211.1 ^a	1,040.0-1,826.7

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

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

^aMeans with same superscript is not significantly different at p < 0.05 by Tukey HSD test (p = 0.42).

Table 2. Accuracy of 24-hour diet recalls for estimating energy intake based on difference, bias, maximum errors and RMSE

	Energy intake (kcal/day)	Difference (TEI-TEE _{DLW}) (kcal/day)	Bias (%) ¹⁾	Maximum negative error ²⁾ (%)	Maximum positive error ³⁾ (%)	RMSE (kcal/day)
TEI	1,489.6 ± 211.1					
TEE _{DLW}	2,023.5 ± 234.9	-533.9 ± 228.0	-25.9 ± 10.5	-42.8	-2.2	578.5

Values are expressed as mean ± SD.

TEI, total energy intake estimated by 24-hour diet recalls method; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by the doubly labeled water method; RMSE, root mean squared prediction error.

¹⁾Mean percentage error between total energy intake and energy expenditure. ²⁾The largest underprediction. ³⁾The largest overprediction.

< 0.001) 낮았다. 총에너지섭취량과 총에너지소비량간의 오차율은 -25.9% ± 10.5%, RMSE (root mean squared prediction error)는 578.5 kcal/day로 나타났다 (Table 2).

24시간 회상법을 이용하여 총에너지섭취량이 정확하게 예측된 비율은 8.7%인 반면, 과소 예측율은 91.3%이었고, 과대 예측율은 0%이었다 (Table 3).

24시간 회상법으로 산출된 총에너지섭취량과 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량과의 상관성은 Fig. 1과 같다. 에너지섭취량이 증가할수록 에너지소비량도 함께 증가하는 유의한 양의 상관관계를 보였다 ($r = 0.482$, $p < 0.05$).

Bland-Altman 방법으로 총에너지섭취량과 총에너지소비량간의 일치도를 평가한 결과 (Fig. 2), 두 값의 일치 한계의 범위가 -980.8 kcal/day에서 -86.9 kcal/day로 음의 값으로 치우쳐 나타났다.

Table 3. Accuracy of 24-hour diet recalls for estimating energy intake based on percentages of accurate predictions

	Energy intake (kcal/day)	Accurate prediction ¹⁾ (%)	Under prediction ²⁾ (%)	Over prediction ³⁾ (%)
TEI	1,489.6 ± 211.1			
TEE _{DLW}	2,023.5 ± 234.9	8.7	91.3	0

Values are expressed as mean ± SD.

TEI, total energy intake estimated by 24-hour diet recalls method; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by the doubly labeled water method.

¹⁾The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls within 10% of TEE_{DLW}. ²⁾The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls < 90% of TEE_{DLW}. ³⁾The percentage of subject predicted by the 24-hour diet recalls > 110% of TEE_{DLW}.

Fig. 1. Correlation between the TEI and TEE_{DLW} in elderly women ($n = 23$).

TEI, total energy intake estimated by 24-hour diet recalls method; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by the doubly labeled water method.

Fig. 2. Bland-Altman plot for the TEI and TEE_{DWL} in elderly women (n = 23).

TEI, total energy intake estimated by 24-hour diet recalls method; TEE_{DWL}, total energy expenditure measured by the doubly labeled water method.

고찰

본 연구는 여자노인을 대상으로 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량을 기준으로 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간 조사한 24시간 회상법의 정확도를 평가하였다. 본 연구대상자의 신체측 결과 (신장 153.0 cm, 체중 56.0 kg 및 BMI 23.9 kg/m²)는 2018년 국민건강영양조사 [28]에서 보고된 65세 이상 여자 노인의 평균 신장 151.8 cm, 체중 56.5 kg 및 BMI 24.5 kg/m²와 유사하였다. 대상자의 대부분은 1일 3회 식사를 하고 있었으며, 신체적 기능장애 없이 일상생활을 하고 있었다.

연구 대상자의 1일 총에너지소비량은 2,023.5 ± 234.9 kcal/day로 외국 [15,17,18]에서 조사된 65세-74세의 건강한 여자 노인의 에너지소비량 (1,797.90-2,230.1 kcal/day)과 유사하거나 다소 낮았다. 한편 이중표식수법으로 측정된 한국인 남자노인 [19]의 총에너지소비량 (2,659.8 ± 306.8 kcal/day) 보다는 낮게 나타났다. 본 연구 대상자의 에너지섭취량은 1,489.6 ± 211.1 kcal/day로 국민건강영양조사 [28]에서 보고된 65세 이상의 여자노인의 에너지섭취량 (1,434.6 ± 89.7 kcal/day)과 비슷한 수준으로 나타났다.

24시간 회상법으로 식사 조사 시, 발생하는 가장 큰 오차는 기억력의 한계 [7,8]이므로, 이 문제점을 보완하기 위하여 대상자가 섭취한 음식을 카메라로 촬영한 사진과 함께 면담을 할 경우 정확도가 12.5% 더 높았다고 하였다 [29]. 또한, 24시간 회상법의 정확도는 조사 일수와 조사 방법에 따라 다를 수 있다 [30]. Ma 등[31]은 최소한 3일 이상 조사하는 것이 가장 정확하며 이때 과소보고율을 낮추기 위해 주말을 포함해야 한다고 하였다. 실제로 중년 [30]과 노인 [32]을 대상으로 한 국내 연구에서도 주중 이틀과 주말 하루를 포함하여 3일간 조사하였으며, 폐경기 여성 [14] 및 아동 [33]을 대상으로 한 외국 연구에서도 24시간 회상법을 3일간 실시하였다.

이에 본 연구에서도 대상자가 카메라로 직접 섭취한 음식을 촬영하도록 하였고 24시간 회상법도 주말을 포함하여 3일간 조사하였다. 그러나 본 연구에서 24시간 회상법으로 조사된 에너지섭취량은 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량 (2,023.5 ± 234.9 kcal/day)보다 533.9

kcal가 적은 $1,489.6 \pm 211.1$ kcal/day로 -25.9%의 과소보고율을 보였으며, 두 값 간에 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.001$).

식사 조사 방법의 정확도를 검증하는 준거 도구로서 가장 정확한 방법으로 평가받는 이중표식수법 [11]에 의해 측정된 총에너지소비량을 기준으로 24시간 회상법, 실측법 및 식사 기록법의 정확도를 평가한 연구 결과들을 살펴보면 다음과 같다. 이중표식수법을 이용하여 3일간의 식사 기록법의 정확도 검증을 한 Johnson 등 [18]에 따르면 남자노인 (56-78세)은 -12%의 과소보고율을 보인 반면, 여자노인 (56-81세)은 -24% 과소보고율을 보여, 본 연구 대상인 여자노인의 과소보고율 (-25.9%)과 유사하였다. 그러나 한국인 남자노인을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 24시간 회상법의 정확도를 평가한 연구 [19]에서 보고한 과소보고율은 -4.4%로 매우 낮았다. 한편 한국인 성인 프로 축구선수 [34]를 대상으로 한 연구에서는 매우 미비한 과소보고율 (-1.8%)을 보였는데, 이는 연구 대상자가 직접 식사 내용을 기록하여 보고한 것이 아니라 식사를 제공한 영양사가 직접 매 끼니마다 대상자가 섭취한 모든 식품과 음료수 등의 섭취량을 기록하였기 때문으로 사료된다.

식사 조사 방법의 과소보고율에 영향을 미치는 요인으로는 성별, 연령, 비만도 (신체 크기)와 체지방량, 소득수준 및 식사 제한 여부 등을 들 수 있다. Johnson 등 [18]에 따르면 3일간 식사 기록법으로 조사한 경우, 여자노인 (-24%)의 과소보고율이 남자노인 (-12%)에 비해 유의하게 ($p < 0.01$) 더 높았으며, 특히 여자노인의 과소보고율은 체지방 (adiposity)과 음 (-)의 상관관계 ($r = -0.42$, $p = 0.001$)를 보였다. 즉, 여성에서 체지방 (%)이 높을수록 에너지 섭취에 대한 과소보고율도 높았다. 그러나 남자노인에서는 과소보고율과 관련있는 생리학적 예측인자를 보이지 않았다.

Black 등 [35]은 37편의 관련 논문들을 분석한 결과, 젊은 남성보다 젊은 여성이 식사 조사에서 과소보고 경향을 보이고 있음을 발견하였다. 그리고 이러한 성별에 따른 차이의 근거로 ‘여성은 날씬해야 한다’는 사회적 압력이 ‘적게 먹는 사람 (small eater)’으로 보여지기 위해 식사 조사 시 과소보고하도록 영향을 주었다고 하였다 [35]. 실제로 Lichtman 등 [16]에 따르면 젊고 비만인 경우, 실제 음식 섭취량을 47% 낮게 보고하였다고 하였다. 그러나 비만이 아닌 정상체중 노년 여성에서도 체지방량 (%)은 에너지 섭취의 저하를 예측하는 강력한 예측 변수로 나타났다 [18]. 연령 또한 식사조사의 과소보고율에 영향을 미치는 중요한 변수이다. Sawaya 등 [15]은 평균 연령이 다른 두 여성 군 (각각 74세와 24세)을 대상으로 24시간 회상법의 과소보고율을 조사한 결과, 각각 -16%와 -13%로 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. 그러나 이들 연구 대상 인원이 각각 10명이 채 되지 않아 연령이 미치는 영향이 나타나지 않았을 가능성을 시사하며 추후 관련 연구의 필요성을 제시하였다.

앞서 [16,18] 체지방량 (%)이 과소보고율을 높이는 주요 요인임이 제시된 바 있다. 한편 20-32세의 저체중 남자를 대상으로 한 연구 [36] 결과에 따르면, 7일간의 24시간 회상법의 과소보고율은 -1%로 매우 낮았다. 따라서 비만 또는 저체중이 식사 조사에서 서로 다른 방향으로 과소보고율에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 저소득층 여성 (19-46세)을 대상으로 4일간 24시간 회상법으로 식사 조사를 한 Johnson 등 [13]의 연구에서도 과소보고율이 -17%로 나타났으며, 그 밖에 폐경기 여성 [14]에서 식사를 제한하는 그룹과 제한하지 않는 두 그룹을 대상

으로 3일간 24시간 회상법으로 조사한 결과, 식사를 제한하는 그룹에서 과소보고율이 더 높았다. 이는 식사를 제한해야 한다는 심리적 압박감이 대상자로 하여금 섭취한 식품을 과소 보고케 하는 것으로 나타났다 [14]. 한편, 성별, 연령, 비만도 (신체 크기)와 체지방량, 소득수준 및 식사 제한 여부 이외에 비생리적인 특성들(결혼 및 교육 상태 등)도 식사 조사시의 과소보고율과 관련이 있을 것으로 사료된다. 따라서 앞으로 이에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구와 동일한 방법으로 조사한 한국인 남자노인에서의 24시간 회상법의 과소보고율은 -4.4%였고, 정확하게 예측한 비율은 64.7%인 반면, 본 연구대상자인 여자노인의 과소보고율은 -25.9%이고, 정확하게 예측한 비율은 8.7%에 불과하였다. 이러한 커다란 차이는 성별에 따른 차이, 즉 여성에서 과소보고율이 높다는 앞서 외국에서 수행된 연구 결과 [17,18,35]와 일치한다. 따라서 여성(노인)을 대상으로 한 연구에서 24시간 회상법의 정확도를 높이기 위하여는 여성의 신체상에 대한 인식 및 이와 관련된 식사조사에서의 심리 등에 관한 깊이 있는 연구를 바탕으로, 남성 대상 식사 조사와는 구별되는 접근방법이 필요함을 시사한다.

본 연구 대상자는 일부 지역에 살고 있는 65세 이상의 건강한 여자 노인이며, 이중표식수법의 고비용으로 인하여 참여 인원도 23명으로 매우 제한적이다. 따라서 본 연구 결과를 여자노인에 대하여 일반화하기에는 어려움이 있다. 또한 국민건강영양조사의 식사조사 지침서에 따른 5단계를 본 연구에서 그대로 적용하지 못하였음도 참고해야 할 것이다.

이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 에너지평형상태를 충족하는 조건에서 에너지섭취량을 조사하는 식사 도구의 정확성을 평가 시 가장 유효한 준거도구가 되는 이중표식수법을 이용하여 여자노인을 대상으로 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간 실시한 24시간 회상법의 정확도를 검증한 매우 귀한 국내 연구로서 큰 의의가 있다고 하겠다.

요약

본 연구는 만 65세 이상의 여자 노인 23명을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 측정한 에너지소비량을 기준으로 에너지섭취량을 조사하는 24시간 회상법의 정확도를 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 연구 대상자 평균 연령은 70.3 ± 3.3 세, 신장 및 체중은 각각 153.0 ± 5.9 cm와 56.0 ± 8.0 kg, 체질량지수 (BMI)는 23.9 ± 2.8 kg/m²이었다. 24시간 회상법으로 산출된 총 에너지섭취량 (TEI)과 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량 (TEE_{DLW}) 간의 피어슨 상관계수는 $r = 0.482$ 로 두 값 간에 의미 있는 양의 상관성 ($p < 0.05$)을 보여주었다. 그러나 24시간 회상법으로 조사된 3일간의 평균 에너지섭취량 ($1,489.6 \pm 211.1$ kcal/day)은 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량 ($2,023.5 \pm 234.9$ kcal/day)보다 -533.9 ± 228.0 kcal/day만큼 과소 보고 되었으며, 두 값 간에 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$). 총에너지섭취량과 총에너지소비량간의 과소보고율은 $-25.9\% \pm 10.5\%$ 로 나타났다. Bland-Altman 방법으로 총에너지섭취량과 총에너지소비량간의 일치도 평가 결과로 두 값 일치 한계의 범위가 -980.8 kcal/day에서 -86.9 kcal/day로 음의 값으로 치우쳐 나타났다. 본 연구 결과에 따르면 에너지섭취량을 조사하는 24시간 회상법을 여자노인에게 적용시, 과소보고율이 -25.9%로 높았고, 에너지섭취량을 정확하게 예측한 비율 (오차범위 $\pm 10\%$ 이내)도 8.7%로 낮았다.

따라서 여자노인을 대상으로 24시간 회상법으로 에너지섭취량을 조사하고자 하는 경우, 남자와 다른 별도의 접근법이 강구되어야 할 것이다. 성별이 24시간 회상법의 정확도에 영향을 미치는 주요한 요인으로 보고된 만큼 향후 연구 대상자 수를 증가하여 더 다양한 연령에서 성별에 따른 차이를 평가하는 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

1. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2016: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII-1). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017.
2. Bingham SA, Luben R, Welch A, Wareham N, Khaw KT, Day N. Are imprecise methods obscuring a relation between fat and breast cancer? *Lancet* 2003; 362(9379): 212-214.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Kipnis V, Subar AF, Midthune D, Freedman LS, Ballard-Barbash R, Troiano RP, et al. Structure of dietary measurement error: results of the OPEN biomarker study. *Am J Epidemiol* 2003; 158(1): 14-21.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
4. Schatzkin A, Kipnis V, Carroll RJ, Midthune D, Subar AF, Bingham S, et al. A comparison of a food frequency questionnaire with a 24-hour recall for use in an epidemiological cohort study: results from the biomarker-based Observing Protein and Energy Nutrition (OPEN) study. *Int J Epidemiol* 2003; 32(6): 1054-1062.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
5. Willett W. Nutritional epidemiology (translated version). 3rd ed. The Korean Society of Nutritional Epidemiology, translator. Seoul: Kyomunsa; 2013.
6. Willett W. Nutritional Epidemiology. 2nd ed. New York (NY): Oxford University Press; 1995
7. Biró G, Hulshof KE, Ovesen L, Amorim Cruz JAEFCOSUM Group. Selection of methodology to assess food intake. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56 Suppl 2: S25-S32.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
8. 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 Suppl 3: 46-48.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy balance and obesity. *Circulation* 2012; 126(1): 126-132.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Schoeller DA. How accurate is self-reported dietary energy intake? *Nutr Rev* 1990; 48(10): 373-379.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
13. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
14. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
15. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

16. Lichtman SW, Pisarsky K, Berman ER, et al. Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. *N Engl J Med* 1992; 327(27): 1893-1898.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Goran MI, Poehlman ET. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism* 1992; 41(7): 744-753.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
18. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Jeon JH, Go NY, Lee MR, Ndahimana D, Kim EK. Accuracy of 24-hour diet recalls for estimating energy intake in elderly men using the doubly labeled water method. *Korean J Community Nutr* 2018; 23(6): 516-524.
[CROSSREF](#)
20. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. 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(Suppl 5): 002.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949; 109(1-2): 1-9.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Lee YN. Report No. 2007-114. Development of food and nutrient database: food portion/weight database. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute; 2007.
24. Barnston AG. Correspondence among the correlation, RMSE, and Heidke forecast verification measures; refinement of the Heidke score. *Weather Forecast* 1992; 7(4): 699-709.
[CROSSREF](#)
25. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
26. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
27. 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): 1390-6.e1.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
28. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2018: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII-3) [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2020 [cited 2020 Jan 16]. Available from: <http://knhanes.cdc.go.kr/>.
29. Gemming L, Doherty A, Kelly P, Utter J, Ni Mhurchu C. Feasibility of a SenseCam-assisted 24-h recall to reduce under-reporting of energy intake. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(10): 1095-1099.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
30. 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 Nutr* 2003; 8(4): 603-609.
31. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. 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.
[CROSSREF](#)
33. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
34. Lee SJ, Kim HR. Total energy expenditure of professional soccer players measured by the doubly labeled water method. *Korean J Exerc Nutr* 2003; 7(3): 214-246.

35. Black AE, Goldberg GR, Jebb SA, Livingstone MB, Cole TJ, Prentice AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 2. Evaluating the results of published surveys. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45(12): 583-599.
[PUBMED](#)
36. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)