

GL 예측모델 (estimated Glycemic Load, eGL)을 활용한 한국 성인의 식사 평가 및 대사질환 지표와의 연관성 연구 : 2013 ~ 2016년 국민건강영양조사 자료를 활용하여*

하경호¹, 남기선², 송윤주^{3†}

¹서울대학교 보건대학원 보건학과, ²(주)풀무원 풀무원기술원, ³가톨릭대학교 생활과학부 식품영양학전공

Estimated glycemic load (eGL) of mixed meals and its associations with cardiometabolic risk factors among Korean adults: data from the 2013 ~ 2016 Korea National Health and Nutrition Examination Survey*

Kyungho Ha¹, Kisun Nam² and YoonJu Song^{3†}

¹Department of Public Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Health & Nutrition Research Center, Pulmuone Co., Ltd., Seoul 06367, Korea

³Major of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea, Bucheon, Gyeonggi 14662, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study evaluated the glycemic response of diets using estimated glycemic load (eGL), which had been developed for mixed meals for Korean adults, and examined its associations with cardiometabolic risk factors among Korean adults. **Methods:** A total of 4,655 men and 6,760 women aged 19 years and above were included from the 2013 ~ 2016 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. eGL was calculated by each meal (breakfast, lunch, dinner, and snack) and then summed to give daily total eGL. A multiple logistic regression analysis was used to examine the association. **Results:** Mean daily total eGL was 112.6 in men and 99.3 in women. Daily total eGL was positively associated with carbohydrate and fiber intakes, but negatively associated with protein and fat intakes in both men and women ($p < 0.05$ for all). Daily total eGL showed an inverse association with HDL-cholesterol level in both men and women ($p = 0.0036$ for men and $p = 0.0008$ for women). Men in the highest quintile of daily total eGL showed a 66% increased risk of hypercholesterolemia (OR, 1.66; 95% CI, 1.10 ~ 2.50; p for trend = 0.0447) compared with those in the lowest quintile. **Conclusion:** These findings suggest that eGL based on carbohydrate, protein, fat and fiber intakes can reflect glycemic response and therefore can be used as an index for dietary planning, nutrition education and in the food industry.

KEY WORDS: glycemic load, mixed meal, carbohydrate, dyslipidemia, Koreans

서 론

최근 탄수화물 섭취와 대사질환과의 연관성에 많은 관심이 쏠리고 있다. 탄수화물은 지방, 단백질과 함께 체내에서 에너지를 제공하는 3대 영양소이며, 특히 탄수화물과 지방은 에너지 제공 측면에서 상보적인 관계에 있다 [1]. 이에 고탄수화물 식사는 전형적으로 지방이 차지하는 비율이 낮고 그에 따라 대사질환에 긍정적인 것이라 기대한 것과 달리, 탄수화물의 과도한 섭취는 고중성지방혈증

또는 저고밀도지질단백질 (high-density lipoprotein, HDL)-콜레스테롤혈증과 같은 이상지질혈증 [2-5], 대사증후군 [3,5,6], 제2형 당뇨병 [7-11] 등의 대사질환과 유의한 연관성이 있는 것으로 보고되었다.

이와 관련한 역학연구들은 탄수화물의 섭취 수준을 주로 탄수화물 섭취량, 에너지 섭취 비율, 또는 탄수화물 주요 급원 식품인 백미나 통곡류 (whole grains)의 섭취량으로 평가하였는데, 사용하는 변수에 따라 상이한 결과를 나타냈다 [2,6,10,12,13]. 이러한 지표들 중에서 흰 쌀밥, 흰

Received: March 20, 2019 / Revised: June 21, 2019 / Accepted: June 27, 2019

* This work was supported by the research grant funded from the Pulmuone Co., Ltd.

† To whom correspondence should be addressed.

tel: +82-2-2164-4681, e-mail: yjsong@catholic.ac.kr

© 2019 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.

빵 등과 같은 정제된 곡류 (refined grains)의 섭취는 제2형 당뇨병의 위험을 증가시키는 [7,9,10] 반면, 정제되지 않은 통곡류의 섭취는 제2형 당뇨병의 위험을 감소시키는 것으로 [10,14,15] 보고되어 탄수화물 섭취와 대사질환과의 연관성 평가 시 탄수화물의 양적인 측면뿐만 아니라 질적인 측면을 평가하는 것이 중요함을 보고하였다.

식품에 함유된 탄수화물의 질을 평가하는 방법으로 혈당지수 (glycemic index) 혹은 혈당부하지수 (glycemic load, GL)가 많이 이용되는데, 이는 포도당 또는 흰 빵 등의 기준 식품과 비교하여 특정 식품의 식후 혈당반응을 수치화한 지표이다. 여러 연구에서 혈당지수 및 혈당부하지수와 심혈관질환 [16-19], 제2형 당뇨병 [7,8,20,21]과 연관성이 있음을 보고하였다. 이에 혈당지수 및 혈당부하지수는 당뇨병의 치료에 효과적인 도구로 활용되기도 한다 [22].

그러나, 식품의 혈당지수를 활용할 경우, 단일 식품을 섭취했을 때에 비해 여러 식품 및 음식으로 구성된 혼합 식사에서 혈당반응이 달라지기 때문에 혼합 식사의 혈당지수가 단순히 개별 식품의 혈당지수의 합이 아니라는 점에서 제한점이 있다 [23]. 또한, 혈당지수 또는 혈당부하지수가 낮은 식품은 탄수화물 함량은 낮지만 단백질과 지질의 함량이 높아지는 경향이 있으므로, 전체 식사에 혈당지수를 적용할 때에는 탄수화물의 양뿐만 아니라 함께 섭취하는 다른 다량영양소 및 식이섬유의 섭취도 같이 고려하는 것이 중요하다 [24-26].

이러한 단일 식품의 혈당지수로 추정된 식사 (혼합식)의 혈당지수 예측의 한계를 극복하고자 선행연구에서 한국인을 대상으로 혼합식 섭취 후의 혈당변화량을 토대로 GL 예측모델 (estimated Glycemic Load, eGL)을 개발하였다 [27,28]. 본 연구에서는 이를 활용하여 한국 성인의 식사를 평가하고, 대사질환 지표와의 연관성을 규명하여 당함수지수 (eGL)의 유용성을 제시하고자 하였다.

연구방법

연구 대상

본 연구는 2013~2016년 국민건강영양조사 참여자 중 1일 24시간 회상법 조사를 완료한 만 19세 이상 성인 21,499명을 대상으로 선정하였다. 이 중 하루 에너지 섭취량이 500 kcal 미만이거나 5,000 kcal를 초과하는 대상자 (396명) [29,30]와 다른 음식은 섭취하지 않고 소주만 섭취하여 다량영양소 섭취량이 존재하지 않는 대상자 (1명)와 신체계측 및 생화학적 지표에 대한 정보가 없는 대상자 (2,755명), 임신 및 수유부 (188명)를 제외한 총 18,159명 (남자 : 7,606명, 여자 : 10,553명)을 최종 분석대상자 1 (Sample

1)로 선정하여 당함수지수 (eGL)의 성별·연령별 분포 및 다량영양소 섭취량과의 상관성을 살펴보았다.

이 중 대사질환이 있는 대상자의 경우 질환의 진단 시점 또는 치료 기간 중 식사가 변화했을 가능성이 있으므로, 당함수지수와 대사질환과의 연관성을 평가하기 위해 조사당시에 고혈압, 이상지질혈증, 당뇨병으로 진단받았거나 관련 약을 복용하고 있는 대상자 (5,705명) 및 이와 관련한 정보가 없는 대상자 (806명)를 추가적으로 제외하였다. 이에 더하여 혈액검사 전 공복시간이 8시간 미만인 대상자 (233명)를 제외하여 총 11,415명 (남성 : 4,655명, 여성 : 6,760명)을 분석대상자 2 (Sample 2)로 선정하여 당함수지수 (eGL)와 대사질환 지표와의 연관성을 분석하였다.

국민건강영양조사는 2014년까지 질병관리본부 연구윤리심의위원회의 승인을 받아 수행되었고 (승인번호 : 2013-07CON-03-4C, 2013-12EXP-03-5C), 2015년부터 생명윤리법 제2조 제1호 및 동법 시행규칙 제2조 제2항 제1호에 따라 국가가 직접 공공복리를 위해 수행하는 연구에 해당하여 연구윤리심의위원회의 심의를 받지 않고 수행되고 있다.

당함수지수를 이용한 식사평가

GL 예측모델 (estimated Glycemic Load, eGL)은 건강한 한국 성인을 대상으로 다량영양소의 구성비가 다양한 개별 식품 또는 혼합 식품을 섭취하게 한 후 측정한 혈당부하량과 탄수화물, 단백질, 지방, 식이섬유와의 회귀식을 기반으로 개발되었고 [27,28], 단일 식품의 혈당지수와 차별화되도록 당함수지수 (eGL)로 명칭하기로 하였다. 본 지수에 의하면 설탕 10 g과 백미밥 1공기 (210 g)의 당함수지수는 각각 10, 30이다. 당함수지수의 추정식을 아래와 같이 제시하였고, 각 변수의 상수는 임의의 알파벳으로 대체하였다.

$$\text{당함수지수 (eGL)} = a + (b \times (\text{total carbohydrate-dietary fiber})) - (c \times \text{fat}) - (d \times \text{protein}^2) - (e \times \text{dietary fiber}^2)$$

본 연구에서는 국민건강영양조사의 1일 24시간 회상법 자료를 이용하여 대상자의 끼니별 (아침, 점심, 저녁, 간식) 탄수화물, 단백질, 지방, 식이섬유의 섭취량 (g)을 산출하였고, 이를 토대로 끼니별 당함수지수와 1일 총 당함수지수를 계산하였다. 식이섬유 섭취량 자료는 Yeon 등 [31]에 의하여 구축된 식이섬유 성분표를 이용하여 2013년 국민건강영양조사 자료부터 제공하고 있다. 당함수지수의 산출을 위해 총 탄수화물 섭취량에서 식이섬유 섭취량을 뺀 탄수화물 섭취량을 계산해야 하는데, 일부 식품에서 식이섬유의 함량이 탄수화물의 함량에 비해 높아 음수값이 발생하여, 이러한 경우에 한해서만 식이섬유의 값을 탄수

화물 값으로 대체하여 사용하였으며, 24시간 회상법 자료에 출현한 전체 식품 2,659개 중 90개 (3.4%)였다.

식품군 섭취량 평가

당흡수지수 수준에 따른 대상자의 식사유형을 평가하기 위하여 대상자가 섭취한 식품을 곡류 (300 kcal/회), 고기·생선·달걀·콩류 (100 kcal/회), 채소류 (15 kcal/회), 과일류 (50 kcal/회), 우유·유제품 (125 kcal/회)의 다섯 개의 그룹으로 분류하고, 각 식품군별 섭취횟수를 보건복지부의 “2015 한국인 영양소 섭취기준”의 생애주기별 권장식사패턴에 제시되어 있는 식품군별 섭취 횟수와 비교하여 권장섭취횟수 대비 섭취비율을 산출하였다 [32]. 권장식사패턴은 대상자의 성별·연령별 기준 에너지에 따라 적용하였고, 우유 및 유제품을 1회 권장하고 있는 패턴을 사용하였다.

신체계측 및 생화학적 검사

대상자의 신체계측 및 생화학적 검사는 훈련된 조사원이 표준화된 프로토콜에 의하여 진행하였다. 신장과 허리둘레는 각각 신장계와 허리둘레 측정자를 이용하여 0.1 cm 간격으로 측정하였고, 체중은 체중계를 이용하여 0.1 kg 간격으로 측정하였다. 신장 및 체중을 이용하여 체질량지수 (body mass index, BMI) (kg/m^2)를 계산하였다. 혈압은 앉은 상태로 5분 이상 안정기를 가진 후 3회 측정하였고, 두 번째와 세 번째 측정치의 평균을 사용하였다. 혈액검사를 통해 공복시간이 8시간 이상인 대상자의 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방, 혈당을 측정하였다. 저밀도지질단백질 (low-density lipoprotein, LDL)-콜레스테롤은 중성지방이 400 mg/dl 미만인 대상자에 한하여 Friedwald의 공식에 따라 계산하였다 [33].

사회경제적 특성 및 생활습관

대상자의 사회경제적 특성으로 교육수준 및 소득수준을 포함하였고, 생활습관 변수로 신체활동 실천율, 음주상태, 흡연상태를 포함하였다. 교육수준은 중학교 졸업 이하, 고등학교 졸업, 대학교 졸업 이상으로 분류하였고, 소득수준은 가구소득 사분위수를 이용하여 하, 중하, 중상, 상으로 분류하였다. 신체활동 실천율은 중강도 신체활동을 일주일에 2시간 30분 이상 또는 고강도 신체활동을 1시간 15분 이상 또는 중강도와 고강도 신체활동을 혼합하여 각 활동에 상당하는 시간을 실천한 대상자의 비율로 정의하였다. 음주상태의 경우 최근 1년 동안 월 1회 이상 음주한 대상자 중 1회 평균 음주량이 남자 7잔 이상, 여자 5잔 이상이면서 주 2회 이상 음주하는 대상자를 고위험음주자로

정의하였다. 흡연상태는 평생 담배 5갑 (100개비) 이상 피웠고 현재 담배를 피우는 경우 “현재 흡연자”로, 5갑 이상 피웠으나 현재 피우지 않는 경우는 “과거 흡연자”로 정의하였다.

대사질환지표 정의

본 연구에서 대사질환은 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 제2형 당뇨병으로 정의하였고, 대사증후군과 이상지질혈증을 구성하고 있는 각 세부요소들도 포함하였다. 대사증후군도 미국 National Cholesterol Education Program (NCEP)의 Adult Treatment Panel (ATP) III의 기준에 따라 정의하였으나 [34], 복부비만의 경우 대한비만학회의 기준을 적용하였다 [35]. 복부비만은 허리둘레가 남자 90 cm 이상, 여자 85 cm 이상인 경우, 고혈압은 수축기혈압이 130 mmHg 이상이거나 이완기혈압이 85 mmHg 이상인 경우, 저HDL-콜레스테롤혈증은 남자 < 40 mg/dL, 여자 < 50 mg/dL인 경우, 고중성지방혈증은 중성지방이 150 mg/dL 이상인 경우, 고혈당은 공복혈당이 100 mg/dL 이상인 경우로 정의하였고, 다섯 개의 요소 중 3개 이상에 해당할 경우 대사증후군으로 정의하였다. 이상지질혈증은 미국 NCEP-ATP III의 기준 [36]과 선행연구 [37]에 따라 고콜레스테롤혈증 (총콜레스테롤 ≥ 240 mg/dL), 고중성지방혈증 (중성지방 ≥ 200 mg/dL), 고LDL-콜레스테롤혈증 (LDL-콜레스테롤 ≥ 160 mg/dL), 저HDL-콜레스테롤혈증 (HDL-콜레스테롤 남자 < 40 mg/dL, 여자 < 50 mg/dL) 중 한 가지 이상에 해당할 경우로 정의하였다. 고혈압은 수축기혈압 140 mmHg 이상이거나 이완기혈압 90 mmHg 이상인 경우로 정의하였고, 제2형 당뇨병의 경우 공복혈당이 126 mg/dl 이상인 경우를 판별하였다.

통계처리

모든 통계적인 분석은 SAS (Statistical Analysis System version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 실시하였고, 국민건강영양조사의 복합표본설계 (complex sampling design) 특성을 반영하여 분산추정층 (strata), 집락추출변수 (cluster), 가중치 (weight)를 적용하여 분석하였다.

연령, 영양소 및 식품군 섭취량 등의 연속변수는 평균과 표준오차 (standard error, SE)로 제시하였고, 사회경제적 특성 및 생활습관 등의 범주형 변수는 백분율 (%)로 제시하였다. 1일 총 당흡수지수 및 끼니별 당흡수지수와 다량영양소와의 상관성을 분석하기 위해 당흡수지수가 정규분포하지 않은 점을 고려하여 성별로 Spearman 순위상관분석을 실시하였고, 연령과 총 에너지 섭취량을 보정한 상관

계수를 산출하였다. 본 연구에서 추정한 당흡수지수는 탄수화물, 단백질, 지방 및 식이섬유 섭취량을 고려한 지표로 개인의 총 에너지 섭취량에 영향을 받으므로 잔차모델(residual method)을 사용하여 총 에너지 섭취량을 보정하였다. 잔차보정된 1일 총 당흡수지수는 성별로 5분위수로 분류하여 영양소 및 식품군 섭취량과 대사질환 지표와의 관련성을 분석하였다. 1일 총 당흡수지수에 따른 성별 일반적 특성의 차이는 연속형 변수의 경우 일반선형모형(general linear model)을, 범주형 변수의 경우 카이제곱검정을 이용하여 검정하였다. 1일 총 당흡수지수에 따른 영양소 및 식품군 섭취량과 신체계측 및 생화학적 지표의 수준은 일반선형모형을 이용하여 대상자의 연령, 사회경제적 특성, 생활습관 등을 보정하여 산출하였다. 다중로지스틱 회귀분석을 이용하여 1일 총 당흡수지수 5분위수에 따라 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 제2형 당뇨병의 교차비(odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간(95% confidence interval, 95% CI)를 산출하였다. 선행연구에 따라 한국인의 대사증후군, 고혈압, 당뇨병에 영향을 미치며 [38,39], 당흡수지수 수준에 따라 유의한 차이가 있었던 연령, 교육수준, 소득수준, 흡연상태, 음주상태, 신체활동 수준, BMI,

총 에너지섭취량을 보정변수로 포함하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 를 기준으로 하여 양측 검정을 하였다.

결 과

한국 성인 식사의 당흡수지수 분포

만 19세 이상 한국 성인 총 18,159명의 1일 총 당흡수지수는 평균 107.5 (표준오차 0.4)이었고, 남자는 113.8, 여자는 101.1이었다. 당흡수지수를 60 미만, 60~80, 80~100, 100~120, 120~140, 140 이상의 6개의 구간으로 분류하여 성별·연령별 분포를 살펴본 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 전체 대상자 중 당흡수지수가 60 미만인 대상자가 9.6%인데 반하여, 140 이상인 비율은 18.8%로 높았고, 남자는 24.0%로 여자의 13.5%에 비해 140 이상인 비율이 더 높았다 (Fig. 1A). 1일 총 당흡수지수의 분포는 연령 그룹에 따라서도 차이를 보였는데, 20대 성인에서 140 이상인 비율은 13.4%였으나 70세 이상 노인의 경우 22.0%로 20대 성인에 비해 1.6배 높았다 (Fig. 1B). 반면, 당흡수지수가 60 미만인 비율은 20대 성인에서 15.6%, 70세 이상 노인에서 5.0%로 연령에 따라 감소하는 경향을 보였다.

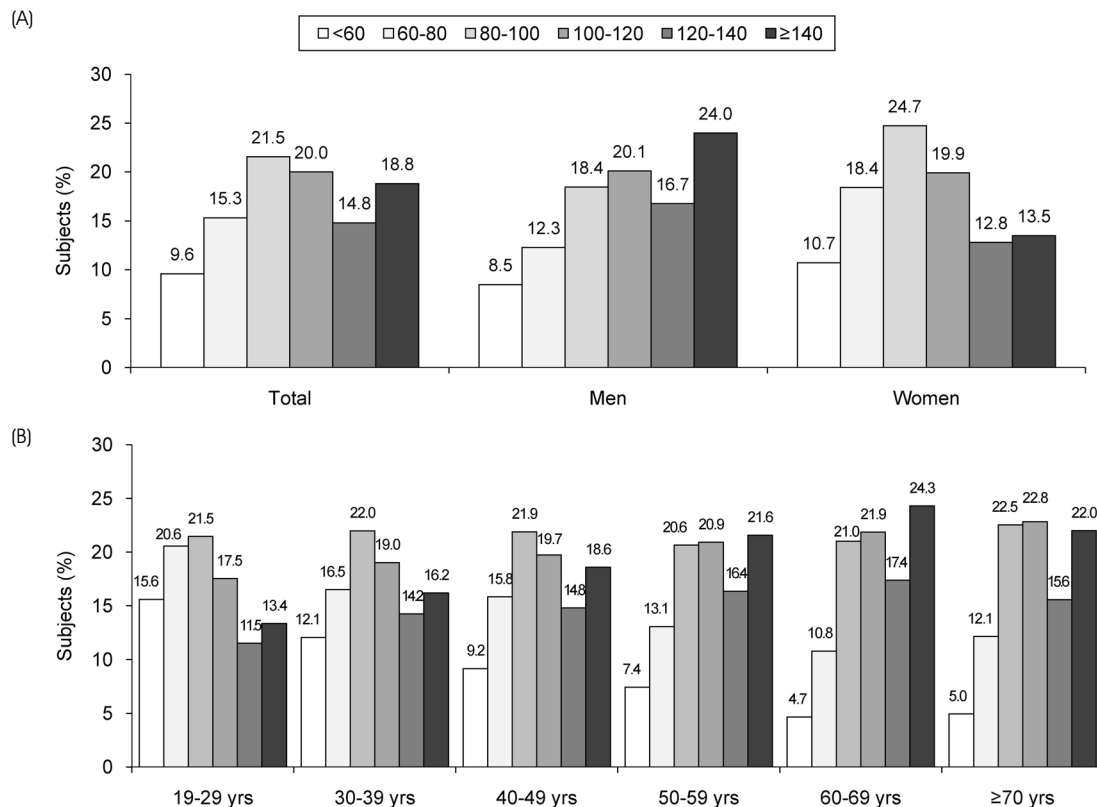


Fig. 1. Distribution of estimated glycemic load among Korean adults by sex (A) and age groups (B) using the data from 2013 ~ 2016 KNHANES. The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used.

Table 1. The mean daily total estimated glycemic load (eGL) and eGL at each meal by sex and age groups¹⁾²⁾

	Sex			Age (yrs)						
	Men (n = 7,606)	Women (n = 10,553)	p value	19 ~ 29 (n = 2,042)	30 ~ 39 (n = 2,923)	40 ~ 49 (n = 3,413)	50 ~ 59 (n = 3,582)	60 ~ 69 (n = 3,290)	≥ 70 (n = 2,909)	p value
Number of meals	3.5 ± 0.0	3.6 ± 0.0	0.0660	3.3 ± 0.0	3.5 ± 0.0	3.6 ± 0.0	3.7 ± 0.0	3.7 ± 0.0	3.7 ± 0.0	< 0.0001
Total eGL	113.8 ± 0.6	101.1 ± 0.5	< 0.0001	97.4 ± 1.0	103.5 ± 0.9	107.2 ± 0.8	112.5 ± 0.9	116.4 ± 0.8	113.9 ± 1.0	< 0.0001
eGL by meal										
Breakfast	23.9 ± 0.3	22.0 ± 0.2	< 0.0001	15.4 ± 0.5	19.0 ± 0.4	22.2 ± 0.4	25.9 ± 0.4	30.1 ± 0.3	31.5 ± 0.4	< 0.0001
Lunch	33.6 ± 0.3	28.4 ± 0.2	< 0.0001	29.1 ± 0.5	31.4 ± 0.4	31.3 ± 0.3	31.8 ± 0.4	31.8 ± 0.4	30.6 ± 0.4	< 0.0001
Dinner	30.0 ± 0.3	25.3 ± 0.2	< 0.0001	26.5 ± 0.5	27.0 ± 0.4	27.2 ± 0.4	27.6 ± 0.4	29.2 ± 0.3	30.7 ± 0.4	< 0.0001
Snack	26.3 ± 0.3	25.5 ± 0.3	0.0188	26.4 ± 0.5	26.2 ± 0.4	26.6 ± 0.4	27.2 ± 0.5	25.2 ± 0.4	21.1 ± 0.4	< 0.0001
eGL by meal (%)										
Breakfast	20.5 ± 0.2	21.4 ± 0.2	0.0007	14.9 ± 0.4	17.9 ± 0.3	20.6 ± 0.3	23.2 ± 0.3	26.1 ± 0.2	28.1 ± 0.3	< 0.0001
Lunch	30.4 ± 0.2	28.4 ± 0.2	< 0.0001	30.7 ± 0.5	31.0 ± 0.4	29.9 ± 0.3	28.8 ± 0.3	27.4 ± 0.3	26.8 ± 0.3	< 0.0001
Dinner	26.0 ± 0.2	25.1 ± 0.2	0.0008	27.1 ± 0.4	25.6 ± 0.3	25.0 ± 0.3	24.2 ± 0.3	25.1 ± 0.3	27.0 ± 0.3	< 0.0001
Snack	23.2 ± 0.2	25.1 ± 0.2	< 0.0001	27.3 ± 0.5	25.5 ± 0.3	24.6 ± 0.3	23.8 ± 0.4	21.3 ± 0.3	18.1 ± 0.3	< 0.0001

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used.

2) All values are presented as mean ± standard error.

끼니별 당합수지수 분포와 다량영양소와의 상관성

연구 대상자들의 성별·연령별 끼니별 당합수지수의 분포를 Table 1에 제시하였다. 1일 총 당합수지수를 끼니별로 분류하였을 때, 전체 대상자의 아침, 점심, 저녁, 간식으로부터 얻는 당합수지수는 각각 23.0, 31.0, 27.7, 25.9였다. 남녀 모두 총 당합수지수에서 점심이 차지하는 비율이 약 30%정도로 가장 높았고, 그 다음으로는 저녁, 간식, 아침 순으로 높았다. 연령이 높아질수록 아침으로부터 얻는 당합수지수는 증가하는 경향을 보였고, 간식으로부터 얻는 당합수지수는 감소하는 경향을 보였다.

1일 총 당합수지수 및 끼니별 당합수지수와 다량영양소 섭취량과의 상관성을 성별에 따라 나누어 살펴보았다

(Table 2). 대상자의 연령과 총 에너지 섭취량을 보정하였을 때, 남녀 모두에서 탄수화물 섭취량 및 에너지섭취비율은 총 당합수지수 및 끼니별 당합수지수와 양의 상관성이 있었고, 단백질과 지방 섭취량 및 에너지섭취비율과는 음의 상관성이 있었다. 식이섬유 섭취량은 남자에서만 총 당합수지수와 유의한 상관관계가 있었고, 끼니별 당합수지수와는 성별로 다른 상관관계를 나타냈다.

당합수지수에 따른 대상자의 일반적 특성

당합수지수와 대사질환 지표와의 연관성을 살펴보기 위하여, 조사 당시에 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증으로 진단을 받은 적이 있거나 약을 복용하고 있는 대상자를 제외

Table 2. Partial spearman correlation coefficients between estimated glycemic load (eGL) and macronutrient intakes by sex¹⁾

Men (n = 7,606)	Total eGL	Number of meals	eGL of breakfast	eGL of lunch	eGL of dinner	eGL of snack
Carbohydrate (g)	0.8626**	0.2239**	0.3766**	0.3722**	0.5656**	0.3766**
Protein (g)	-0.4382**	0.0395*	-0.1456**	-0.2409**	-0.3152**	-0.1867**
Fat (g)	-0.4517**	-0.0424*	-0.2668**	-0.2756**	-0.3184**	-0.0857**
Fiber (g)	0.1131**	0.1599**	0.0728**	-0.0332*	0.0322*	0.1214**
Carbohydrate (% E) ²⁾	0.7884**	0.1263**	0.3689**	0.3997**	0.5465**	0.2808**
Protein (% E)	-0.6729**	-0.0572**	-0.2450**	-0.3064**	-0.4725**	-0.3293**
Fat (% E)	-0.6142**	-0.1112**	-0.3284**	-0.3282**	-0.4243**	-0.1759**
Women (n = 10,553)	Total eGL	Number of meals	eGL of breakfast	eGL of lunch	eGL of dinner	eGL of snack
Carbohydrate (g)	0.8780**	0.1460**	0.3339**	0.3754**	0.4667**	0.2995**
Protein (g)	-0.5547**	0.0311*	-0.1658**	-0.2353**	-0.3135**	-0.2291**
Fat (g)	-0.6296**	-0.0552**	-0.2911**	-0.3191**	-0.3660**	-0.1368**
Fiber (g)	0.0164	0.1203**	0.0077	-0.0501**	-0.0491**	0.0874**
Carbohydrate (% E)	0.8175**	0.0887**	0.3305**	0.3807**	0.4649**	0.2576**
Protein (% E)	-0.6382**	-0.0023	-0.1977**	-0.2536**	-0.3589**	-0.2903**
Fat (% E)	-0.7032**	-0.0919**	-0.3153**	-0.3420**	-0.4033**	-0.1809**

1) Adjusted for age and total energy intake by using Spearman rank-order correlation.

2) percentage of total energy

* p < 0.05, ** p < 0.0001

Table 3. General characteristics of study participants according to quintile of energy-adjusted daily total estimated glycemic load (eGL) by sex¹⁾

Men	Energy-adjusted daily total eGL ²⁾					p value
	Quintile 1 (n = 931)	Quintile 2 (n = 931)	Quintile 3 (n = 931)	Quintile 4 (n = 931)	Quintile 5 (n = 931)	
Age (yrs)	36.3 ± 0.4	39.4 ± 0.5	41.2 ± 0.5	44.2 ± 0.5	45.8 ± 0.5	< 0.0001
Survey year						< 0.0001
2013	220 (21.9)	244 (25.4)	215 (21.8)	251 (25.8)	281 (30.2)	
2014	198 (22.5)	230 (24.8)	218 (24.3)	206 (23.8)	228 (24.7)	
2015	209 (23.0)	213 (23.0)	240 (26.5)	244 (26.1)	227 (25.1)	
2016	304 (32.6)	244 (26.7)	258 (27.5)	230 (24.4)	195 (20.1)	

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used. All values are presented as mean ± standard error for continuous variables or n (%) for categorical variables.

2) Daily total eGL was energy-adjusted by residual method.

3) Physical activity: "yes", performed vigorous-intensity activities for at least 75 min, or moderate-intensity activities for at least 150 min, or an equivalent combination of moderate- and vigorous-intensity activity during a typical week

4) Alcohol consumption: "none", no consumption of any type of alcoholic beverage or drank less than once a month over the past year, "moderate", drank alcoholic beverages more than once a month over the past year, "high", drank more than 7 glasses of alcoholic beverages for men and 5 glasses of alcoholic beverages for women per occasion more than two times per week

5) Smoking: "never", never smoked cigarettes of smoked < 100 cigarettes in lifetime, "former", smoked ≥ 100 cigarettes in lifetime but current non-smoker, "current", smoked ≥ 100 cigarette in lifetime and current smoker

Table 3. continued

Men	Energy-adjusted daily total eGL ²⁾					p value
	Quintile 1 (n = 931)	Quintile 2 (n = 931)	Quintile 3 (n = 931)	Quintile 4 (n = 931)	Quintile 5 (n = 931)	
Education						< 0.0001
Middle school or less	94 (7.8)	151 (10.9)	182 (13.2)	217 (16.0)	272 (20.4)	
High school	377 (43.7)	347 (42.8)	368 (43.3)	314 (37.6)	320 (39.3)	
College or more	440 (48.5)	417 (46.2)	365 (43.5)	384 (46.5)	327 (40.3)	
Household income						0.0002
Lowest	82 (7.7)	103 (10.4)	113 (8.9)	128 (11.1)	166 (13.2)	
Lower middle	211 (22.6)	202 (20.9)	238 (25.6)	247 (25.9)	243 (24.7)	
Upper middle	283 (30.0)	304 (33.8)	301 (34.6)	264 (30.0)	274 (32.4)	
Highest	354 (39.7)	320 (34.9)	276 (30.9)	286 (33.0)	246 (29.6)	
Physical activity, yes ³⁾	539 (62.9)	489 (55.8)	491 (57.6)	427 (48.9)	479 (55.9)	< 0.0001
Alcohol consumption ⁴⁾						< 0.0001
None	146 (15.8)	197 (20.0)	262 (26.9)	309 (32.0)	336 (33.1)	
Moderate	506 (55.0)	531 (59.4)	524 (57.5)	495 (54.7)	486 (54.1)	
High	275 (29.2)	195 (20.7)	140 (15.6)	119 (13.3)	103 (12.8)	
Smoking ⁵⁾						< 0.0001
Never	266 (31.0)	268 (31.2)	271 (33.9)	242 (29.2)	271 (31.7)	
Former	226 (21.3)	271 (25.5)	313 (27.6)	341 (32.2)	358 (34.1)	
Current	435 (47.7)	384 (43.3)	341 (38.5)	339 (38.5)	295 (34.3)	
Women	Quintile 1 (n = 1,352)	Quintile 2 (n = 1,352)	Quintile 3 (n = 1,352)	Quintile 4 (n = 1,352)	Quintile 5 (n = 1,352)	p value
Age	36.8 ± 0.4	39.1 ± 0.4	40.8 ± 0.4	44.4 ± 0.5	48.8 ± 0.5	< 0.0001
Survey year						< 0.0001
2013	298 (19.6)	307 (22.0)	356 (24.7)	380 (27.9)	401 (29.1)	
2014	335 (26.1)	338 (23.6)	296 (22.9)	313 (24.0)	343 (25.7)	
2015	309 (24.4)	314 (25.9)	308 (24.3)	310 (22.9)	316 (24.5)	
2016	410 (29.9)	393 (28.4)	392 (28.2)	349 (25.1)	292 (20.7)	
Education						< 0.0001
Middle school or less	141 (8.7)	191 (12.7)	254 (15.8)	362 (22.2)	560 (33.8)	
High school	555 (42.4)	518 (40.3)	512 (40.2)	485 (38.7)	416 (35.4)	
College or more	645 (48.9)	621 (47.0)	572 (44.0)	492 (39.2)	358 (30.8)	
Household income						< 0.0001
Lowest	101 (7.9)	112 (7.8)	158 (10.8)	178 (12.2)	274 (16.8)	
Lower middle	314 (23.3)	338 (24.7)	281 (20.8)	354 (25.8)	362 (25.9)	
Upper middle	417 (30.4)	448 (33.5)	439 (33.8)	382 (28.4)	359 (29.0)	
Highest	516 (38.4)	450 (34.0)	469 (34.7)	435 (33.6)	352 (28.4)	
Physical activity, yes	686 (54.0)	607 (46.5)	596 (47.2)	618 (48.2)	511 (41.2)	< 0.0001
Alcohol consumption						< 0.0001
None	510 (36.1)	646 (46.6)	717 (50.5)	818 (58.9)	903 (64.0)	
Moderate	675 (51.7)	612 (46.8)	574 (46.1)	489 (38.0)	407 (33.3)	
High	161 (12.1)	91 (6.6)	51 (3.4)	37 (3.2)	29 (2.8)	
Smoking						< 0.0001
Never	1,158 (84.9)	1,211 (88.9)	1,232 (91.2)	1,255 (92.7)	1,261 (94.1)	
Former	81 (6.6)	58 (4.5)	57 (4.2)	37 (2.7)	40 (3.4)	
Current	107 (8.5)	80 (6.6)	52 (4.6)	51 (4.5)	37 (2.5)	

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used. All values are presented as mean ± standard error for continuous variables or n (%) for categorical variables.

2) Daily total eGL was energy-adjusted by residual method.

3) Physical activity: "yes", performed vigorous-intensity activities for at least 75 min, or moderate-intensity activities for at least 150 min, or an equivalent combination of moderate- and vigorous-intensity activity during a typical week

4) Alcohol consumption: "none", no consumption of any type of alcoholic beverage or drank less than once a month over the past year, "moderate", drank alcoholic beverages more than once a month over the past year, "high", drank more than 7 glasses of alcoholic beverages for men and 5 glasses of alcoholic beverages for women per occasion more than two times per week

5) Smoking: "never", never smoked cigarettes or smoked < 100 cigarettes in lifetime, "former", smoked ≥ 100 cigarettes in lifetime but current non-smoker, "current", smoked ≥ 100 cigarette in lifetime and current smoker

한 11,415명의 잔차 보정한 1일 총 당합수지수 값을 이용하여 대상자를 성별로 5분위수로 분류하였다. 당합수지수에 따른 대상자의 일반적 특성은 Table 3에 제시하였다. 남녀 모두에서 1일 총 당합수지수에 따라 연령과 교육수준, 가구소득수준에 유의한 차이가 있었다. 1일 총 당합수지수가 높을수록 대상자의 연령이 증가하였고 ($p < 0.0001$ for all), 교육수준 ($p < 0.0001$ for all) 및 가구소득수준 (남 : $p = 0.0002$, 여 : $p < 0.0001$)은 낮았다. 신체활동수준과 음주

및 흡연상태도 1일 총 당합수지수에 따라 차이가 있었는데, 당합수지수가 가장 높은 남녀는 가장 낮은 남녀에 비하여 신체활동을 실천하는 대상자의 비율이 낮았고, 고위험음주자와 현재흡연자의 비율이 낮았다 ($p < 0.0001$ for all).

당합수지수에 따른 영양소 및 식품군 섭취 상태

대상자의 당합수지수에 따른 식사유형을 평가하기 위하여 1일 총 당합수지수 5분위수에 따른 영양소 (Table 4)

Table 4. Mean estimated glycemic load (eGL) of mixed meal and macronutrient intake of study participants according to quintile of energy-adjusted daily total eGL by sex¹⁾²⁾

Men	Energy-adjusted daily total eGL ³⁾					p for trend ⁴⁾
	Quintile 1 (n = 931)	Quintile 2 (n = 931)	Quintile 3 (n = 931)	Quintile 4 (n = 931)	Quintile 5 (n = 931)	
Total eGL	58.9 ± 0.8	95.2 ± 0.4	115.6 ± 0.3	134.8 ± 0.3	171.0 ± 0.9	< 0.0001
eGL by meal						
Breakfast	13.4 ± 0.6	21.3 ± 0.6	23.5 ± 0.6	28.6 ± 0.7	35.6 ± 0.9	< 0.0001
Lunch	21.0 ± 0.7	29.8 ± 0.6	34.5 ± 0.6	38.2 ± 0.6	46.7 ± 0.9	< 0.0001
Dinner	12.0 ± 0.6	22.7 ± 0.6	31.6 ± 0.6	37.5 ± 0.7	48.7 ± 0.8	< 0.0001
Snack	12.5 ± 0.6	21.4 ± 0.6	26.0 ± 0.6	30.5 ± 0.8	39.9 ± 1.1	< 0.0001
Energy (kcal/d)	2,493.1 ± 37.5	2,218.7 ± 33.4	2,155.2 ± 28.8	2,312.1 ± 28.4	2,736.0 ± 30.7	< 0.0001
Energy (% of EER ⁵⁾)	100.6 ± 1.4	90.1 ± 1.3	87.5 ± 1.1	93.4 ± 1.1	110.5 ± 1.2	< 0.0001
Carbohydrate (g/d)	238.8 ± 2.6	307.7 ± 1.7	344.2 ± 1.5	381.9 ± 1.4	449.6 ± 2.2	< 0.0001
Protein (g/d)	103.0 ± 1.4	89.8 ± 1.0	81.8 ± 0.7	76.6 ± 0.7	63.9 ± 0.7	< 0.0001
Fat (g/d)	68.5 ± 1.1	60.1 ± 0.8	52.9 ± 0.7	46.5 ± 0.7	30.4 ± 0.7	< 0.0001
Dietary fiber (g/d)	22.4 ± 0.5	24.0 ± 0.4	24.1 ± 0.4	24.6 ± 0.4	24.8 ± 0.4	0.0001
Percentage energy from (%)						
Carbohydrate	51.5 ± 0.3	59.8 ± 0.2	65.2 ± 0.2	69.6 ± 0.2	76.5 ± 0.2	< 0.0001
Protein	19.9 ± 0.2	16.4 ± 0.1	14.6 ± 0.1	13.3 ± 0.1	11.4 ± 0.1	< 0.0001
Fat	28.6 ± 0.3	23.8 ± 0.3	20.2 ± 0.2	17.1 ± 0.2	12.1 ± 0.2	< 0.0001
Women	Quintile 1 (n = 1,352)	Quintile 2 (n = 1,352)	Quintile 3 (n = 1,352)	Quintile 4 (n = 1,352)	Quintile 5 (n = 1,352)	p for trend
Total eGL	57.7 ± 0.7	86.7 ± 0.5	101.3 ± 0.5	115.6 ± 0.5	141.6 ± 0.7	< 0.0001
eGL by meal						
Breakfast	11.0 ± 0.5	15.2 ± 0.6	18.9 ± 0.7	22.2 ± 0.6	27.0 ± 0.7	< 0.0001
Lunch	17.5 ± 0.6	25.1 ± 0.7	28.6 ± 0.7	32.8 ± 0.7	38.2 ± 0.8	< 0.0001
Dinner	13.2 ± 0.6	23.0 ± 0.6	27.2 ± 0.7	30.9 ± 0.6	38.0 ± 0.7	< 0.0001
Snack	16.0 ± 0.7	23.4 ± 0.8	26.7 ± 0.8	29.6 ± 0.9	38.5 ± 1.1	< 0.0001
Energy (kcal/d)	1,846.3 ± 30.3	1,639.2 ± 30.0	1,635.7 ± 29.5	1,739.9 ± 30.2	2,049.9 ± 31.4	< 0.0001
Energy (% of EER)	95.2 ± 1.5	84.9 ± 1.5	84.3 ± 1.5	89.5 ± 1.5	106.4 ± 1.6	< 0.0001
Carbohydrate (g/d)	199.8 ± 2.1	251.2 ± 1.5	276.1 ± 1.5	300.0 ± 1.7	347.5 ± 1.8	< 0.0001
Protein (g/d)	77.0 ± 0.9	63.7 ± 0.8	57.9 ± 0.7	52.9 ± 0.8	43.1 ± 0.7	< 0.0001
Fat (g/d)	56.5 ± 0.8	45.8 ± 0.7	39.2 ± 0.7	31.1 ± 0.7	16.7 ± 0.7	< 0.0001
Dietary fiber (g/d)	18.8 ± 0.4	20.1 ± 0.4	20.3 ± 0.4	19.9 ± 0.5	19.8 ± 0.4	0.0337
Percentage energy from (%)						
Carbohydrate	51.8 ± 0.3	61.3 ± 0.2	67.0 ± 0.2	72.3 ± 0.2	79.3 ± 0.3	< 0.0001
Protein	18.7 ± 0.2	15.2 ± 0.2	13.6 ± 0.2	12.5 ± 0.2	10.7 ± 0.2	< 0.0001
Fat	29.5 ± 0.3	23.6 ± 0.3	19.4 ± 0.3	15.2 ± 0.3	10.0 ± 0.3	< 0.0001

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used.

2) All values are presented as adjusted mean ± standard error after adjusting for age, body mass index, education, household income, physical activity, smoking, alcohol consumption, and total energy intake (except energy intake).

3) Daily total eGL was energy-adjusted by residual method.

4) P for trends were obtained from a general linear model.

5) EER: Estimated energy requirement

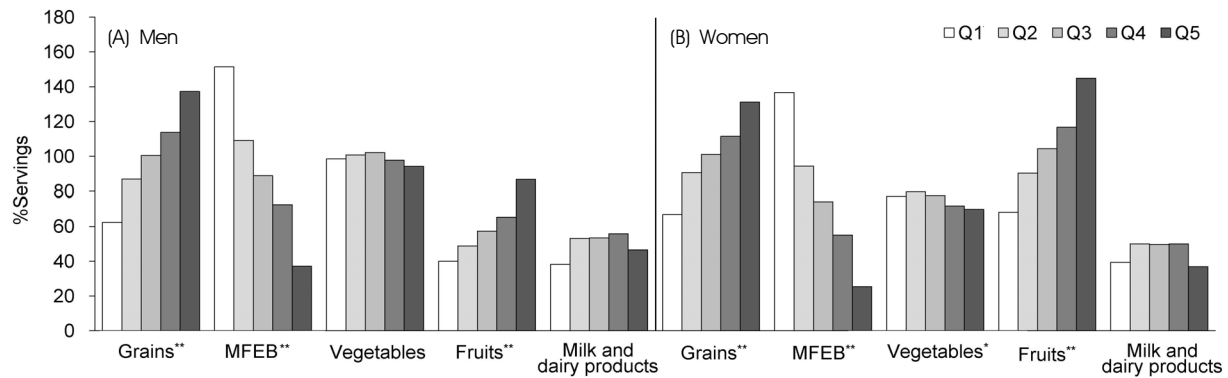


Fig. 2. Food group consumption of study participants according to quintile of energy-adjusted daily total estimated glycemic load (eGL) by sex. Q: quintile of energy-adjusted daily total eGL. %Servings = the number of servings consumed/the recommended number of servings based on the Dietary Reference Intakes for Koreans $\times 100$. MFEB: meat, fish, eggs, and beans. The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used from a general linear model after adjusted for age, body mass index, education, household income, physical activity, smoking, alcohol consumption, and total energy intake. *p for trend < 0.05, **p for trend < 0.0001

Table 5. Anthropometric and biochemical variables of study participants according to quintile of energy-adjusted daily total estimated glycemic load (eGL) by sex¹⁾²⁾³⁾

	Energy-adjusted daily total eGL ⁴⁾					p for trend ⁵⁾
	Quintile 1 (n = 931)	Quintile 2 (n = 931)	Quintile 3 (n = 931)	Quintile 4 (n = 931)	Quintile 5 (n = 931)	
Men						
BMI (kg/m ²) ⁶⁾	24.9 \pm 0.2	25.1 \pm 0.2	24.9 \pm 0.2	24.6 \pm 0.2	24.7 \pm 0.2	0.0028
Waist circumference (cm)	85.5 \pm 0.4	84.4 \pm 0.3	84.5 \pm 0.4	84.5 \pm 0.4	83.8 \pm 0.4	0.0009
Total cholesterol (mg/dL)	190.5 \pm 1.2	191.6 \pm 1.3	189.3 \pm 1.2	190.4 \pm 1.3	191.9 \pm 1.5	0.8603
HDL-cholesterol (mg/dL) ⁷⁾	49.2 \pm 0.4	48.5 \pm 0.4	47.8 \pm 0.4	47.8 \pm 0.4	47.8 \pm 0.4	0.0036
LDL-cholesterol (mg/dL) ⁸⁾	112.1 \pm 1.1	113.4 \pm 1.2	111.8 \pm 1.1	113.0 \pm 1.2	114.7 \pm 1.3	0.2859
Triglycerides (mg/dL)	163.5 \pm 6.1	163.0 \pm 4.6	158.5 \pm 4.8	162.8 \pm 4.5	160.9 \pm 5.0	0.5397
Fasting glucose (mg/dL)	96.8 \pm 0.5	98.4 \pm 0.6	98.6 \pm 0.8	97.4 \pm 0.5	98.2 \pm 0.7	0.2693
SBP (mmHg) ⁹⁾	119.1 \pm 0.5	118.9 \pm 0.5	119.5 \pm 0.5	119.4 \pm 0.5	118.7 \pm 0.5	0.7468
DBP (mmHg) ¹⁰⁾	77.7 \pm 0.4	78.0 \pm 0.4	78.3 \pm 0.3	77.9 \pm 0.4	77.9 \pm 0.4	0.7978
Women						
BMI (kg/m ²)	23.3 \pm 0.2	23.3 \pm 0.2	23.4 \pm 0.2	23.1 \pm 0.2	23.1 \pm 0.2	0.0650
Waist circumference (cm)	78.6 \pm 0.4	78.5 \pm 0.4	78.9 \pm 0.4	78.4 \pm 0.5	78.3 \pm 0.4	0.4217
Total cholesterol (mg/dL)	194.1 \pm 1.4	194.7 \pm 1.5	193.3 \pm 1.5	191.8 \pm 1.5	190.8 \pm 1.5	0.0052
HDL-cholesterol (mg/dL)	57.8 \pm 0.6	57.4 \pm 0.6	56.7 \pm 0.6	56.5 \pm 0.6	56.0 \pm 0.6	0.0008
LDL-cholesterol (mg/dL)	113.3 \pm 1.2	114.1 \pm 1.3	113.2 \pm 1.3	112.0 \pm 1.3	111.7 \pm 1.3	0.1420
Triglycerides (mg/dL)	119.2 \pm 3.4	119.3 \pm 3.5	120.3 \pm 3.1	121.6 \pm 3.4	118.7 \pm 3.6	0.6054
Fasting glucose (mg/dL)	93.4 \pm 0.5	93.1 \pm 0.5	94.2 \pm 0.6	94.1 \pm 0.5	93.9 \pm 0.6	0.2396
SBP (mmHg)	112.0 \pm 0.5	112.2 \pm 0.5	112.8 \pm 0.5	113.0 \pm 0.6	112.9 \pm 0.6	0.0293
DBP (mmHg)	73.1 \pm 0.4	73.4 \pm 0.4	73.6 \pm 0.4	73.4 \pm 0.4	73.2 \pm 0.4	0.5375

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used.

2) All values are adjusted mean \pm standard error after adjusting for age, body mass index (except the model of waist circumference), education, household income, physical activity, smoking, alcohol consumption, and total energy intake.

3) Blood sample were collected from the participants after fasting for at least 8 hours or more.

4) Daily total eGL was energy-adjusted by residual method.

5) P for trends were obtained from a general linear model.

6) BMI: body mass index

7) HDL: high-density lipoprotein

8) LDL (low-density lipoprotein)-cholesterol was calculated in accordance with the Friedewald's formula for subjects whose triglyceride level was < 400 mg/dL.

9) DBP: diastolic blood pressure

10) SBP: systolic blood pressure

Table 6. Multivariable-adjusted odds ratios and 95% confidence intervals of metabolic diseases according to quintile of energy-adjusted daily total estimated glycemic load (eGL) by sex¹⁾²

	Energy-adjusted daily total eGL ³⁾					p for trend ⁴⁾
	Quintile 1 (n = 931)	Quintile 2 (n = 931)	Quintile 3 (n = 931)	Quintile 4 (n = 931)	Quintile 5 (n = 931)	
Men						
Median (range)	66.7 (2.0 ~ 84.6)	97.6 (84.6 ~ 108.0)	117.7 (108.0 ~ 126.9)	136.5 (126.9 ~ 148.1)	163.8 (148.1 ~ 271.3)	
Metabolic syndrome ⁵⁾	1.00	1.27 (0.96 ~ 1.68)	1.35 (0.99 ~ 1.86)	1.40 (1.05 ~ 1.88)	1.03 (0.74 ~ 1.43)	0.4872
Increased waist circumference	1.00	0.72 (0.57 ~ 0.90)	0.74 (0.58 ~ 0.93)	0.69 (0.54 ~ 0.87)	0.64 (0.50 ~ 0.82)	0.0005
Elevated blood pressure	1.00	0.93 (0.74 ~ 1.18)	0.98 (0.76 ~ 1.25)	0.98 (0.77 ~ 1.24)	0.88 (0.68 ~ 1.12)	0.4208
Reduced HDL-cholesterol	1.00	1.14 (0.88 ~ 1.49)	1.15 (0.87 ~ 1.50)	1.21 (0.92 ~ 1.59)	1.15 (0.88 ~ 1.51)	0.2434
Elevated triglycerides	1.00	1.10 (0.88 ~ 1.37)	1.05 (0.84 ~ 1.32)	1.17 (0.93 ~ 1.48)	1.03 (0.81 ~ 1.31)	0.5976
Elevated fasting glucose	1.00	1.21 (0.95 ~ 1.54)	1.18 (0.91 ~ 1.53)	1.12 (0.87 ~ 1.44)	1.21 (0.93 ~ 1.57)	0.2293
Dyslipidemia ⁶⁾	1.00	1.21 (0.96 ~ 1.51)	1.16 (0.92 ~ 1.46)	1.18 (0.94 ~ 1.50)	1.19 (0.94 ~ 1.51)	0.1721
Elevated total cholesterol	1.00	1.49 (1.01 ~ 2.19)	1.43 (0.96 ~ 2.15)	1.29 (0.86 ~ 1.93)	1.66 (1.10 ~ 2.50)	0.0447
Elevated triglycerides	1.00	1.17 (0.90 ~ 1.52)	1.12 (0.85 ~ 1.46)	0.99 (0.74 ~ 1.31)	1.07 (0.81 ~ 1.43)	0.9183
Elevated LDL-cholesterol	1.00	1.14 (0.72 ~ 1.80)	1.06 (0.67 ~ 1.68)	1.17 (0.76 ~ 1.80)	1.56 (0.99 ~ 2.46)	0.0815
Reduced HDL-cholesterol	1.00	1.14 (0.88 ~ 1.49)	1.15 (0.87 ~ 1.50)	1.21 (0.92 ~ 1.59)	1.15 (0.88 ~ 1.51)	0.2434
Hypertension ⁷⁾	1.00	1.05 (0.78 ~ 1.40)	1.07 (0.77 ~ 1.47)	1.20 (0.88 ~ 1.62)	1.05 (0.77 ~ 1.43)	0.5241
Type 2 diabetes ⁸⁾	1.00	1.89 (0.98 ~ 3.63)	2.02 (0.98 ~ 4.15)	1.37 (0.73 ~ 2.58)	1.72 (0.89 ~ 3.30)	0.2260
Women						
Median (range)	64.8 (1.6 ~ 79.4)	89.2 (79.4 ~ 96.8)	104.3 (96.8 ~ 111.4)	118.6 (111.4 ~ 126.3)	137.7 (126.3 ~ 227.0)	
Metabolic syndrome	1.00	1.02 (0.72 ~ 1.45)	1.23 (0.88 ~ 1.73)	1.30 (0.93 ~ 1.80)	1.14 (0.80 ~ 1.62)	0.2245
Increased waist circumference	1.00	1.06 (0.81 ~ 1.38)	1.22 (0.96 ~ 1.54)	1.10 (0.86 ~ 1.40)	1.00 (0.78 ~ 1.28)	0.8354
Elevated blood pressure	1.00	1.06 (0.78 ~ 1.42)	1.17 (0.88 ~ 1.56)	1.10 (0.85 ~ 1.43)	1.16 (0.87 ~ 1.54)	0.2978
Reduced HDL-cholesterol	1.00	0.97 (0.79 ~ 1.18)	1.13 (0.93 ~ 1.37)	1.18 (0.97 ~ 1.45)	1.14 (0.93 ~ 1.40)	0.0527
Elevated triglycerides	1.00	0.96 (0.73 ~ 1.26)	1.17 (0.91 ~ 1.52)	0.96 (0.75 ~ 1.24)	0.95 (0.72 ~ 1.25)	0.7696
Elevated fasting glucose	1.00	1.00 (0.78 ~ 1.29)	1.11 (0.88 ~ 1.41)	1.04 (0.81 ~ 1.32)	0.99 (0.77 ~ 1.27)	0.9426
Dyslipidemia	1.00	1.02 (0.85 ~ 1.23)	1.13 (0.93 ~ 1.36)	1.15 (0.95 ~ 1.39)	1.21 (0.99 ~ 1.47)	0.0282
Elevated total cholesterol	1.00	1.13 (0.79 ~ 1.63)	1.23 (0.84 ~ 1.78)	1.01 (0.71 ~ 1.44)	1.26 (0.87 ~ 1.81)	0.3612
Elevated triglycerides	1.00	0.79 (0.54 ~ 1.14)	0.93 (0.66 ~ 1.31)	0.96 (0.67 ~ 1.37)	0.77 (0.53 ~ 1.13)	0.3983
Elevated LDL-cholesterol	1.00	1.16 (0.80 ~ 1.69)	1.08 (0.73 ~ 1.61)	1.05 (0.72 ~ 1.52)	1.04 (0.71 ~ 1.53)	0.9703
Reduced HDL-cholesterol	1.00	0.97 (0.79 ~ 1.18)	1.13 (0.93 ~ 1.37)	1.18 (0.97 ~ 1.45)	1.14 (0.93 ~ 1.40)	0.0527
Hypertension	1.00	1.06 (0.69 ~ 1.61)	1.09 (0.74 ~ 1.63)	1.25 (0.85 ~ 1.82)	1.07 (0.71 ~ 1.61)	0.5704
Type 2 diabetes	1.00	0.47 (0.23 ~ 0.94)	0.59 (0.29 ~ 1.19)	0.51 (0.27 ~ 0.97)	0.62 (0.32 ~ 1.21)	0.2053

1) The complex sampling design parameters of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were used.

2) Adjusted for age, body mass index (except the model of waist circumference), education, household income, physical activity, smoking, alcohol consumption, and total energy intake.

3) Daily total eGL was energy-adjusted by residual method.

4) P for trends were obtained from a multiple logistic regression analysis.

5) Metabolic syndrome was defined if three or more of following components were existed: increased waist circumference (men ≥ 90 cm, women ≥ 85 cm), elevated blood pressure (systolic blood pressure ≥ 130 mmHg or diastolic blood pressure ≥ 85 mmHg), reduced high-density lipoprotein (HDL) cholesterol (men < 40 mg/dL, women < 50 mg/dL), elevated triglycerides (≥ 150 mg/dL), and elevated fasting glucose (≥ 100 mg/dL).

6) Dyslipidemia was defined if one or more of following components were existed: elevated total cholesterol (≥ 240 mg/dL), elevated triglycerides (≥ 200 mg/dL), elevated low-density lipoprotein (LDL) cholesterol (≥ 160 mg/dL), and reduced HDL-cholesterol (men < 40 mg/dL, women < 50 mg/dL).

7) Systolic blood ≥ 140 mmHg or diastolic blood pressure ≥ 90 mmHg

8) Fasting blood glucose ≥ 126 mg/dL

및 식품군 (Fig. 2) 섭취량을 살펴보았다. 당함수지수가 증가할수록 총 에너지 섭취량과 탄수화물 섭취량은 증가하였고, 단백질 및 지방 섭취량은 감소하였다 (p for trend < 0.0001 for all). 식이섬유 섭취량의 경우, 당함수지수에 따른 증가추세가 관찰되었으나 (남 : p for trend = 0.0001, 여 : p for trend = 0.0337), 다른 영양소에 비하여 증가량이 크지는 않았다. 또한, 남녀 모두에서 당함수지수 수준에 따라 곡류군과 과일군의 섭취는 증가하는 경향을 보였고 (p for trend < 0.0001 for all), 고기·생선·달걀·콩류 섭취는 가파르게 감소하는 경향을 보였다 (p for trend < 0.0001). 이에 반해 채소류와 우유·유제품류의 섭취는 크게 변동이 없었다.

당함수지수에 따른 신체계측 및 생화학적 지표 수준

1일 총 당함수지수 5분위수에 따른 신체계측 및 생화학적 지표 수준을 Table 5에 제시하였다. 남자에서는 당함수지수 수준이 높아짐에 따라 BMI (p for trend = 0.0028) 및 허리둘레 (p for trend = 0.0009), HDL-콜레스테롤 (p for trend = 0.0036)이 감소하였다. 여자에서는 당함수지수 증가에 따라 수축기 혈압이 다소 증가하였으나 (p for trend = 0.0293), HDL-콜레스테롤 (p for trend = 0.0008) 및 총 콜레스테롤 (p for trend = 0.0052)은 감소하는 경향이 관찰되었다.

당함수지수와 대사질환과의 관련성

당함수지수와 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 제2형 당뇨병과의 연관성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 남자에서 1일 총 당함수지수가 가장 높은 오분위수 그룹은 가장 낮은 오분위수 그룹에 비하여 고콜레스테롤혈증의 교차비가 높았고 (OR = 1.66, 95% CI = 1.10 ~ 2.50, p for trend = 0.0447), 복부비만의 교차비는 낮았다 (OR = 0.64, 95% CI = 0.50 ~ 0.82, p for trend = 0.0005). 여자의 경우, 비록 1일 총 당함수지수가 가장 높은 오분위수 그룹의 이상지질혈증 교차비가 가장 낮은 오분위수 그룹에 비해 유의하게 높지는 않았으나, 당함수지수에 따라 이상지질혈증의 교차비가 증가하는 경향성이 관찰되었다 (OR = 1.21, 95% CI = 0.99 ~ 1.47, p for trend = 0.0282). 대사증후군과 고혈압, 제2형 당뇨병에서는 당함수지수와 유의한 연관성이 관찰되지 않았다.

고 찰

본 연구는 한국 성인의 혼합식 섭취에 기초한 당함수지수 (eGL)를 2013 ~ 2016년 국민건강영양조사의 식사 자료

에 적용하여 만 19세 이상 성인 총 18,159명의 당함수지수의 분포를 파악하고 이에 따른 영양소 및 식품섭취량을 평가하였으며, 대사질환 지표와의 연관성도 살펴보았다.

한국 성인의 1일 총 당함수지수의 평균은 107.5였으며, 대체로 끼니별로 고르게 분포하고 있었으나 점심의 당함수지수가 31.0으로 가장 높았고 아침의 당함수지수가 23.0으로 가장 낮았다. 이를 개별식품의 혈당지수를 이용한 기존 연구들과 비교해보면, 한국인 상용식품의 혈당지수 데이터베이스를 2007 ~ 2008년 국민건강영양조사 자료에 적용한 결과에서는 [40], 만 20세 이상 성인의 평균 식사혈당지수는 60.0, 식사혈당부하지수는 182.5였다. 일본의 2012년 국민건강영양조사 (National Health and Nutrition Survey) 자료를 이용하여 산출한 20세 이상 성인 연구에서는 식사혈당지수와 식사혈당부하지수가 65.9, 190.1이었다 [41]. 이는 본 연구의 당함수지수와 차이가 나는 수치로, 개별식품의 혈당지수의 합인 식사혈당지수에 비해서는 높고, 식사혈당부하지수에 비해서는 낮은 것을 알 수 있으며, 이는 개별 식품의 혈당지수의 합과 혼합식에 기초한 혈당 반응에 차이가 있음을 의미한다고 할 수 있다.

혼합식의 혈당반응은 식사내 탄수화물 함량 외에 식이섬유 및 다른 다량영양소 (지방, 단백질)의 함량과 밀접한 관련이 있다. Meng 등 [25]이 50 ~ 80세의 미국 여성 20 ~ 22명을 대상으로 수행한 중재연구에 따르면, 대상자들이 50 g의 탄수화물을 함유하고 있는 흰 빵을 단백질 함유 식품과 함께 섭취했을 때 흰 빵만 단독으로 섭취한 경우와 비교하여 혈당반응이 감소하였고, 측정된 혈당지수 및 혈당부하지수가 개별 식품의 혈당지수 및 혈당부하지수로 계산한 값에 비하여 낮은 것으로 보고되었다. 이와 유사한 연구가 싱가포르에서도 수행되었는데, 21 ~ 60세의 건강한 성인 17명을 대상으로 수행한 무작위 교차연구에 의하면 흰 빵을 쌀겨가 함유가 된 두유와 함께 섭취할 경우 흰 빵만 섭취했을 때에 비하여 혈당반응이 감소하였다 [26].

본 연구에서 당함수지수와 다량영양소와의 상관관계를 살펴본 결과, 식이섬유를 포함한 탄수화물과는 양의 상관관계가 있었고, 단백질 및 지방 섭취량과 음의 상관관계가 있었는데, 특히 탄수화물과 가장 높은 양의 상관성을 나타냈다. 이는 서양 국가와 일본에서 식사혈당부하지수와 다량영양소와의 상관관계를 살펴본 기존의 선행연구와 유사한 결과였다 [41-43].

또한, 당함수지수는 곡류, 과일류, 고기·생선·달걀·콩류와 같은 식품군 섭취량과도 유의한 상관관계를 나타내 전반적인 식사구성과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 우리나라 성인의 탄수화물 에너지섭취비율에 따른 식품군 섭취량을 비교한 Lee 등 [44]의 연구에서도 탄수화물 에너지

지섭취비율에 따라 곡류 및 과일류의 섭취량은 전반적으로 증가한 반면, 고기·생선·달걀·콩류의 섭취량이 두드러지게 감소하는 경향을 관찰하였다. Lee 등 [44]의 연구와 비교해보면 탄수화물 에너지 섭취비율이 증가함에 따라 우유 및 유제품의 섭취량이 감소한 반면, 당흡수지수에 따라서는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 당흡수지수 증가에 따른 곡류 및 과일류 섭취량의 증가추세는 탄수화물 에너지섭취비율에 따른 증가추세에 비해 그 기울기가 보다 가파른 것을 확인할 수 있었다. 따라서 당흡수지수는 단지 탄수화물 섭취뿐만 아니라 다른 영양소 섭취의 영향을 반영하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 당흡수지수와 대사질환 지표와의 연관성을 살펴보았는데, 이상지질혈증과 유의한 연관성이 있는 것으로 나타났다. 최근 이러한 고탄수화물 섭취가 혈중 지질 지표와 관련이 깊다는 다수의 연구 결과가 보고되고 있다. 18개 국가의 성인을 대상으로 탄수화물 섭취와 대사지표와의 관련성을 살펴본 PURE (Prospective Urban Rural Epidemiology study) 연구에 따르면, 탄수화물은 중성지방과 양의 상관성을 나타낸 반면, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤과는 음의 상관성을 가지는 것으로 보고되었다 [45]. 한국인을 대상으로 한 여러 연구에서도 고탄수화물 섭취는 고중성지방혈증 및 저HDL-콜레스테롤혈증 위험과 양의 상관관계가 있었다 [2,4,5,44]. 본 연구에서 당흡수지수와 HDL-콜레스테롤 수준의 음의 상관관계가 관찰되기는 하였지만, 고중성지방혈증 및 저HDL-콜레스테롤혈증과는 유의한 연관성이 없었다. Song 등 [4]이 2008 ~ 2012년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 30세 이상 성인의 탄수화물 및 지방의 섭취량과 이상지질혈증과의 연관성을 분석한 결과에 따르면, 탄수화물 섭취량이 가장 높은 오분위수 그룹의 남성은 가장 낮은 오분위수 그룹의 남성에 비해 고콜레스테롤혈증의 교차비가 낮았으며, 지방은 그 반대의 경향을 보였다. 반면, 한국 성인을 대상으로 수행된 다른 연구에 따르면 탄수화물 섭취가 에너지의 70 ~ 75%인 한국 남성은 55% 미만인 그룹의 남성에 비하여 고콜레스테롤혈증의 교차비가 유의하게 높아 [44], 본 연구의 결과와 유사하였다.

본 연구에서 산출한 당흡수지수는 혈당부하량을 고려한 지표로 혈당지수와 동일한 지표는 아니지만, Goff 등 [46]이 메타분석한 연구에 의하면 혈당지수가 낮은 식사는 높은 식사에 비해 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤을 낮추는 것으로 보고되어 본 연구의 결과와 유사하였다. 혈당지수가 낮은 식사는 인슐린을 감소시켜 콜레스테롤 합성에 관여하는 5-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA 환원효소의 활성을 감소시키는 것으로 알려져 있다 [47]. 또한, 혈당지수가

낮은 식사에서식이섬유의 섭취량이 높을 경우 혈중 지질을 낮추는데 더 효과적이라는 점을 감안하였을 때 [46], 본 연구에서 관찰된 당흡수지수와 이상지질혈증과의 양의 상관관계는 높은 탄수화물 섭취량에 비해 낮은 식이섬유 섭취량으로 설명할 수 있을 것이다. 당흡수지수가 증가할수록 식이섬유의 섭취량이 다소 증가하였으나, 탄수화물 섭취량의 증가량과 비교하면 현저히 적은 것으로 당흡수지수가 증가할수록 총 탄수화물 중에서 식이섬유가 차지하는 비율이 현저하게 감소하였음을 알 수 있다. 비록 한국인을 대상으로 식이섬유 섭취량과 대사질환과의 연관성을 살펴본 연구가 매우 제한적이지만, 식이섬유의 섭취가 담즙산을 감소시키고 회장 (ileum)에서의 콜레스테롤 재흡수를 감소시켜 간에서의 콜레스테롤 합성을 저해시키는 것으로 보고되어 있으므로 [47] 향후 한국인의 식이섬유 섭취가 이상지질혈증을 포함한 대사질환 지표에 미치는 영향에 대한 기작 연구 및 중재연구가 필요하고 그에 따른 섭취 가이드라인 및 활용 방안을 연구해 나갈 필요가 있겠다.

또한, 본 연구에서 남자의 당흡수지수는 BMI 및 허리둘레와 음의 상관성을 나타내었고, 당흡수지수가 높아질수록 복부비만의 위험이 감소하였다. 한국인을 대상으로 한 기존의 선행연구에서도 탄수화물 섭취와 대사질환, 비만과의 연관성에 성별 차이가 보고되었는데, 이에 대한 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않았지만 우리나라 남성의 식습관의 특징도 관련이 있을 것으로 사료된다. 한국 남성을 대상으로 한 연구 결과에 따르면 탄수화물 섭취가 적은 경우 고기와 술을 많이 섭취하는 경향이 있었고, 이와 같이 고기를 많이 섭취하는 식사패턴은 허리둘레의 증가와 관련이 있었다 [48,49]. 이는 본 연구 결과와 유사하였는데, 남자 성인에서 당흡수지수가 높아질수록 고기·생선·달걀·콩류의 섭취량이 감소하고, 고위험음주율이 감소하였다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지며, 첫 번째로는 본 연구에서 사용한 식사자료가 국민건강영양조사의 1일 24시간 회상법 섭취자료이므로 일상섭취량을 파악하기에는 제한이 있다는 것이다. 그러나, 1일치 식사섭취자료이어도 대상자 수가 충분할 경우 집단의 일상섭취량을 추정할 수는 있으므로 [29], 본 연구는 5분위수를 활용하여 그룹간 연관성 비교를 수행하였다. 두 번째로, 특정 끼니의 단백질과 지방의 섭취량이 탄수화물에 비해 현저히 높은 경우 당흡수지수가 음수로 산출되는 제한점이 있었는데, 이러한 경우는 끼니별 당흡수지수의 값을 가장 낮은 양수로 일괄적으로 적용하여 총 당흡수지수의 값이 음수가 되지 않게 하였으며, 이에 해당하는 끼니별 당흡수지수 값이 음수였던 대상자는 전체의 11.3%이었다.

이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구에서 사용한 당흡

수지수는 탄수화물의 총 섭취량과 식이섬유의 섭취량을 함께 반영하므로 탄수화물의 질적 지표로 사용될 수 있으며, 단백질과 지방 섭취량도 고려한다는 측면에서 전체적인 식사계획 및 평가에 적합한 지표라 할 수 있다. 또한, 당함수지수는 끼니별로 섭취한 식품 및 음식의 혈당부하량을 기반으로 한 지표로 기존에 단일 식품의 혈당부하량을 고려하여 산출된 혈당지수 및 혈당부하지수와는 달리 혼합식 섭취 효과를 고려했다는 측면에서 그 장점이 있다.

따라서, 당함수지수는 식사내 다량영양소 함량을 이용하여 쉽게 산출이 가능하고 한 가지 수치로 다량영양소 구성성분을 확인할 수 있게 하므로, 향후 식사의 질과 대사질환 지표와의 관련성을 고려한 당함수지수의 적절한 수준이 모색된다면 식이 조절을 위한 식단계획, 영양교육 및 식품표시에 유용한 도구로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 2013 ~ 2016년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 우리나라 만 19세 이상 성인의 식사내 다량영양소 및 식이섬유 구성성분을 이용하여 혼합식 섭취에 따른 혈당반응인 당함수지수를 추정하였고, 1일 총 당함수지수를 이용하여 한국 성인의 영양소 및 식품군 섭취량을 평가하고, 당함수지수와 대사질환 지표와의 연관성을 확인하였다. 당함수지수는 탄수화물 및 식이섬유 섭취량과는 양의 상관관계를 나타냈고, 지방 및 단백질 섭취량과는 음의 상관관계를 나타냈다. 당함수지수가 증가할수록 탄수화물 섭취량이 두드러지게 증가하였으나, 탄수화물에 비해 식이섬유가 차지하는 비율은 현저히 감소하였다. 또한, 연구 대상자의 곡류 및 과일류 섭취량은 당함수지수가 증가함에 따라 유의하게 증가한 반면, 고기·생선·달걀·콩류의 섭취량은 당함수지수가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다. 당함수지수는 이상지질혈증 위험도와 양의 연관성을 나타냈으며, 당함수지수가 가장 높은 그룹의 남성은 가장 낮은 그룹의 남성에게 비해 고콜레스테롤혈증 교차비가 유의하게 높았다. 이상과 같은 연구결과를 종합하여 보았을 때, 한국 성인의 혼합식 섭취에 기초한 당함수지수는 다량영양소 및 식이섬유의 섭취량을 함께 반영하므로 기존의 탄수화물 섭취량만을 평가한 지표에 비해 전반적인 식사계획 및 평가에 적합한 지표인 것으로 사료된다. 일부 대사질환 지표가 당함수지수와 유의한 연관성을 나타냈으므로, 향후 식사의 질과 대사질환 지표와의 관련성을 고려한 당함수지수의 적절한 수준이 모색된다면 식이 조절을 위한 식단계획, 영양교육 및 식품표시에 유용한 도구로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

ORCID

하정호: <https://orcid.org/0000-0002-0397-2070>

남기선: <https://orcid.org/0000-0002-6508-6007>

송윤주: <https://orcid.org/0000-0002-4764-5864>

References

1. Barasi M. Human nutrition: a health perspective. 2nd edition. Boca Raton (FL): CRC Press; 2003.
2. Choi H, Song S, Kim J, Chung J, Yoon J, Paik HY, et al. High carbohydrate intake was inversely associated with high-density lipoprotein cholesterol among Korean adults. *Nutr Res* 2012; 32(2): 100-106.
3. Feng R, Du S, Chen Y, Zheng S, Zhang W, Na G, et al. High carbohydrate intake from starchy foods is positively associated with metabolic disorders: a cohort study from a Chinese population. *Sci Rep* 2015; 5(1): 16919.
4. Song S, Song WO, Song Y. Dietary carbohydrate and fat intakes are differentially associated with lipid abnormalities in Korean adults. *J Clin Lipidol* 2017; 11(2): 338-347. e3.
5. Ha K, Kim K, Chun OK, Joung H, Song Y. Differential association of dietary carbohydrate intake with metabolic syndrome in the US and Korean adults: data from the 2007-2012 NHANES and KNHANES. *Eur J Clin Nutr* 2018; 72(6): 848-860.
6. Song S, Lee JE, Song WO, Paik HY, Song Y. Carbohydrate intake and refined-grain consumption are associated with metabolic syndrome in the Korean adult population. *J Acad Nutr Diet* 2014; 114(1): 54-62.
7. Villegas R, Liu S, Gao YT, Yang G, Li H, Zheng W, et al. Prospective study of dietary carbohydrates, glycemic index, glycemic load, and incidence of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Chinese women. *Arch Intern Med* 2007; 167(21): 2310-2316.
8. Sluijs I, van der Schouw YT, van der A DL, Spijkerman AM, Hu FB, Grobbee DE, et al. Carbohydrate quantity and quality and risk of type 2 diabetes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Netherlands (EPIC-NL) study. *Am J Clin Nutr* 2010; 92(4): 905-911.
9. Nanri A, Mizoue T, Noda M, Takahashi Y, Kato M, Inoue M, et al. Rice intake and type 2 diabetes in Japanese men and women: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Am J Clin Nutr* 2010; 92(6): 1468-1477.
10. Sun Q, Spiegelman D, van Dam RM, Holmes MD, Malik VS, Willett WC, et al. White rice, brown rice, and risk of type 2 diabetes in US men and women. *Arch Intern Med* 2010; 170(11): 961-969.
11. Ha K, Joung H, Song Y. Inadequate fat or carbohydrate intake was associated with an increased incidence of type 2 diabetes mellitus in Korean adults: a 12-year community-based prospective cohort study. *Diabetes Res Clin Pract* 2019; 148: 254-261.
12. Sakurai M, Nakamura K, Miura K, Takamura T, Yoshita K, Nagasawa SY, et al. Dietary carbohydrate intake, presence of

- obesity and the incident risk of type 2 diabetes in Japanese men. *J Diabetes Investig* 2016; 7(3): 343-351.
13. Song S, Song Y. Three types of a high-carbohydrate diet are differently associated with cardiometabolic risk factors in Korean adults. *Eur J Nutr* 2018.
 14. Fung TT, Hu FB, Pereira MA, Liu S, Stampfer MJ, Colditz GA, et al. Whole-grain intake and the risk of type 2 diabetes: a prospective study in men. *Am J Clin Nutr* 2002; 76(3): 535-540.
 15. Kyrø C, Tjønneland A, Overvad K, Olsen A, Landberg R. Higher Whole-Grain intake is associated with lower risk of type 2 diabetes among middle-aged men and women: the Danish diet, cancer, and health cohort. *J Nutr* 2018; 148(9): 1434-1444.
 16. Liu S, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB, Franz M, Sampson L, et al. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(6): 1455-1461.
 17. Beulens JW, de Bruijne LM, Stolk RP, Peeters PH, Bots ML, Grobbee DE, et al. High dietary glycemic load and glycemic index increase risk of cardiovascular disease among middle-aged women: a population-based follow-up study. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50(1): 14-21.
 18. Burger KN, Beulens JW, Boer JM, Spijkerman AM, van der A DL. Dietary glycemic load and glycemic index and risk of coronary heart disease and stroke in Dutch men and women: the EPIC-MORGEN study. *PLoS One* 2011; 6(10): e25955.
 19. Yu D, Shu XO, Li H, Xiang YB, Yang G, Gao YT, et al. Dietary carbohydrates, refined grains, glycemic load, and risk of coronary heart disease in Chinese adults. *Am J Epidemiol* 2013; 178(10): 1542-1549.
 20. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JE, Willett WC, Hu FB. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 2004; 80(2): 348-356.
 21. Sakurai M, Nakamura K, Miura K, Takamura T, Yoshita K, Morikawa Y, et al. Dietary glycemic index and risk of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Japanese men. *Metabolism* 2012; 61(1): 47-55.
 22. Hermansen ML, Eriksen NM, Mortensen LS, Holm L, Hermansen K. Can the Glycemic Index (GI) be used as a tool in the prevention and management of type 2 diabetes? *Rev Diabet Stud* 2006; 3(2): 61-71.
 23. Venn BJ, Green TJ. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61 Suppl 1: S122-S131.
 24. Sun L, Ranawana DV, Leow MK, Henry CJ. Effect of chicken, fat and vegetable on glycaemia and insulinaemia to a white rice-based meal in healthy adults. *Eur J Nutr* 2014; 53(8): 1719-1726.
 25. Meng H, Matthan NR, Ausman LM, Lichtenstein AH. Effect of macronutrients and fiber on postprandial glycemic responses and meal glycemic index and glycemic load value determinations. *Am J Clin Nutr* 2017; 105(4): 842-853.
 26. Camps SG, Lim J, Ishikado A, Inaba Y, Suwa M, Matsumoto M, et al. Co-ingestion of rice bran soymilk or plain soymilk with white bread: effects on the glycemic and insulinemic response. *Nutrients* 2018; 10(4): 449.
 27. Park MH, Chung SJ, Shim JE, Jang SH, Nam KS. Effects of macronutrients in mixed meals on postprandial glycemic response. *J Nutr Health* 2018; 51(1): 31-39.
 28. Nam KS, Nam SW, Shim JE, Yeo IH, Jang EH, inventors. Pulmuone Holdings Co. Ltd., assignee. Development of food calorie index and food nutrition labelling system. Korean patent KR20150135917; 2014 May 26.
 29. Willett W. *Nutritional epidemiology*. 3rd edition. New York (NY): Oxford University Press; 2012.
 30. Yeon JY, Bae YJ. Evaluation of the meal variety with eating breakfast together as a family in Korean children: based on 2013 ~ 2015 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *J Nutr Health* 2018; 51(1): 50-59.
 31. Yeon S, Oh K, Kweon S, Hyun T. Development of a dietary fiber consumption table and intakes of dietary fiber in Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Korean J Community Nutr* 2016; 21(3): 293-300.
 32. Ministry of Health and Welfare; The Korean Nutrition Society. *Dietary reference intakes for Koreans 2015*. Seoul; The Korean Nutrition Society; 2015.
 33. Freeman MW. Lipid metabolism and coronary artery disease. In: Runge M, Patterson C, editors. *Principles of Molecular Medicine*. Totowa (NJ): Humana Press; 2006. p.130-137.
 34. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation* 2005; 112(17): 2735-2752.
 35. Lee SY, Park HS, Kim DJ, Han JH, Kim SM, Cho GJ, et al. Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults. *Diabetes Res Clin Pract* 2007; 75(1): 72-80.
 36. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult treatment panel III). *JAMA* 2001; 285(19): 2486-2497.
 37. Roh E, Ko SH, Kwon HS, Kim NH, Kim JH, Kim CS, et al. Prevalence and management of dyslipidemia in Korea: Korea national health and nutrition examination survey during 1998 to 2010. *Diabetes Metab J* 2013; 37(6): 433-449.
 38. Park HS, Oh SW, Cho SI, Choi WH, Kim YS. The metabolic syndrome and associated lifestyle factors among South Korean adults. *Int J Epidemiol* 2004; 33(2): 328-336.
 39. Min H, Chang J, Balkrishnan R. Sociodemographic risk factors of diabetes and hypertension prevalence in republic of Korea. *Int J Hypertens* 2010; 2010: 410794.
 40. Song S, Choi H, Lee S, Park J, Kim BR, Paik H, et al. Establishing a table of glycemic index values for common Korean foods and an evaluation of the dietary glycemic index among the Korean adult population. *Korean J Nutr* 2012; 45(1): 80-93.
 41. Murakami K, Sasaki S. Glycemic index and glycemic load of the diets of Japanese adults: the 2012 National Health and Nutrition Survey, Japan. *Nutrition* 2018; 46: 53-61.
 42. Du H, van der A DL, van Bakel MM, van der Kallen CJ, Blaak

- EE, van Greevenbroek MM, et al. Glycemic index and glycemic load in relation to food and nutrient intake and metabolic risk factors in a Dutch population. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(3): 655-661.
43. Mendez MA, Covas MI, Marrugat J, Vila J, Schröder H. Glycemic load, glycemic index, and body mass index in Spanish adults. *Am J Clin Nutr* 2009; 89(1): 316-322.
44. Lee YJ, Song S, Song Y. High-carbohydrate diets and food patterns and their associations with metabolic disease in the Korean population. *Yonsei Med J* 2018; 59(7): 834-842.
45. Mente A, Dehghan M, Rangarajan S, McQueen M, Dagenais G, Wielgosz A, et al. Association of dietary nutrients with blood lipids and blood pressure in 18 countries: a cross-sectional analysis from the PURE study. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017; 5(10): 774-787.
46. Goff LM, Cowland DE, Hooper L, Frost GS. Low glycaemic index diets and blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2013; 23(1): 1-10.
47. Radulian G, Rusu E, Dragomir A, Posea M. Metabolic effects of low glycaemic index diets. *Nutr J* 2009; 8(1): 5.
48. Kim J, Jo I. Grains, vegetables, and fish dietary pattern is inversely associated with the risk of metabolic syndrome in South Korean adults. *J Am Diet Assoc* 2011; 111(8): 1141-1149.
49. Woo HD, Shin A, Kim J. Dietary patterns of Korean adults and the prevalence of metabolic syndrome: a cross-sectional study. *PLoS One* 2014; 9(11): e111593.