

Research Article



식단의 당부하량에 따른 20대 성인의 체중 감량 효과 연구

박미현 ¹, 남기선 ², 정상진 ¹

¹국민대학교 식품영양학과

²(주)풀무원, 풀무원기술원

OPEN ACCESS

Received: Jun 12, 2020

Revised: Jul 31, 2020

Accepted: Aug 11, 2020

Correspondence to

Sang-Jin Chung

Department of Foods and Nutrition, Kookmin University, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02707, Korea.

Tel: +82-2-910-4777

E-mail: chung@kookmin.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

Mi Hyeon Park ¹

<https://orcid.org/0000-0002-7710-0240>

Kisun Nam ²

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

Sang-Jin Chung ¹

<https://orcid.org/0000-0003-4804-7206>

Funding

This research was supported by a grant from Pulmuone Co.

Conflict of Interest

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

Effects of a low glycemic load diet on body weight loss in overweight or obese young adults

Mi Hyeon Park ¹, Kisun Nam ², and Sang-Jin Chung ¹

¹Department of Foods and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

²Corporate Technology Office, Pulmuone Co., Ltd. Seoul 06367, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study compared the effects of a high glycemic load (high GL) diet and low glycemic load (low GL) diet on the body weight, body fat, blood pressure, and blood lipid indicators.

Methods: Twenty-one young adults aged between 21 and 28 years who were overweighted or obese (body mass index [BMI] between 23 and 33.5 kg/m²) before the study and after calorie reduction diets with either low GL or high GL for 2 weeks each were examined. The study was a randomized crossover design with a 2-week washout period between the 2 types of diet. The order of the low GL and high GL diet periods was randomized. The body weight, body fat, blood pressure, levels of blood lipids, fasting glucose, insulin, homeostatic model assessment (HOMA) insulin, C-peptide, and HOMA C-peptide were measured at the baseline, as well as 2, 4, and 6 weeks after starting the experiment.

Results: When subjects were on the low GL diet, they lost more weight than those eating the high GL diet (mean ± SD, -2.77 ± 1.09 vs. -1.56 ± 0.78 kg; p < 0.001); there were greater decreases in body fat mass (-1.62 ± 1.19 vs. -0.88 ± 0.91 kg; p = 0.024) and BMI (-0.95 ± 0.32 vs. -0.56 ± 1.08 kg/m²; p < 0.001). On the other hand, there were no significant differences in changes in biochemical parameters, such as blood lipids and fasting glucose levels, and blood pressure. The body weight, body fat mass, BMI, percent body fat, blood pressure, cholesterol (total, low-density lipoprotein, and high-density lipoprotein), fasting glucose, C-peptide, HOMA-insulin resistance-C-peptide levels were decreased significantly at 6 weeks.

Conclusion: The low GL diet may be more effective in losing body weight, body fat mass, and BMI than the high GL diet for 2 weeks in healthy young overweight or obese adults.

Keywords: glycemic load, obesity, weight loss, body mass index, young adult

서론

비만 유병률 증가와 함께 비만과 관련된 질병은 국제적으로 중요한 문제 중 하나로 여겨지고 있다 [1]. 우리나라는 빠른 사회 경제적인 성장과 함께 생활 습관이 변하면서 비만이 눈에 띄게 증가하고 있다. 국민건강영양조사의 비만 유병률 추이를 보면 성인 여성은 1998년 26.2%에서 2003년 25.1%로 변화가 거의 없지만, 남성은 25.1%에서 37.6%로 크게 증가하고 있는 것을 볼 수 있다 [2,3]. 비만은 과다한 열량섭취와 활동량의 감소에 기인되는 것으로, 서구에서는 열량에 기여하는 영양소 중 특히 지방 섭취가 비만과 관련성이 높은 것으로 알려져 왔다. 그러나 지난 20년 동안 일부의 선진국에서 지방 섭취에 의한 에너지 섭취비율이 감소함에도 불구하고 비만 발병률이 증가하고 있어 섭취하는 지방보다 최근 증가하고 있는 당 섭취량 등 탄수화물이 체중 증가의 주요 원인으로 주목받기 시작했다 [1]. 이와 함께 최근 고탄수화물 식사에 의한 당뇨병, 심혈관 질환, 비만 등 생활습관병의 위험과 관련된 연구 결과가 보고되고 있고 전 세계적으로 이로 인한 사망률이 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다. 이와 관련하여 식사에서의 탄수화물의 역할, 즉 혈당지수 (glycemic index), 당부하지수 (glycemic load, GL)에 대한 더 많은 연구가 필요하다 [4,5].

탄수화물은 양적 섭취뿐 아니라 질적 섭취도 중요한 데 이를 평가하기 위해서 혈당지수를 지표로 많이 사용하고 있다. 혈당지수란 포도당 또는 흰 빵 등의 기준이 되는 식품과 동량의 탄수화물을 함유한 특정식품의 혈당 반응 정도를 기준이 되는 식품의 혈당 반응 정도와 비교한 값이다 [4,6,7]. 식후 혈당 반응은 음식의 혈당지수뿐만 아니라 섭취한 탄수화물 양의 영향을 받으므로 이에 섭취한 탄수화물의 양을 고려한 당부하지수가 개발되어 사용되고 있다 [7]. 당부하지수는 식품의 혈당지수와 섭취하는 탄수화물 함량을 반영하여 정의하는 값이다 [8].

대사성 질환과 혈당 지수와 관련된 선행 연구에서 Du 등 [9]은 감자와 시리얼보다 주로 과일과 유제품으로 구성되어 혈당지수가 낮은 식사는 인슐린 민감성과 지질 대사를 개선시켰고, 만성 염증을 줄였다고 보고하였다. Riccardi 등 [7]의 연구에서는 낮은 혈당지수 또는 식이섬유소를 많이 함유한 식사를 섭취한 결과 당뇨병 위험이 감소하였을 뿐만 아니라 관상동맥성 심장병 (coronary heart disease) 위험이 줄었다고 보고하였다. 높은 혈당지수, 당부하지수 식사와 비만과의 관련성을 살펴본 Ma 등 [1]의 선행연구에서는 체질량지수 (body mass index, BMI)의 예측인자로 식이의 혈당지수가 강력하게 영향을 미치는 요인으로 보고하였고, Lau 등 [10]의 연구에서는 식이 혈당지수와 당부하지수는 체질량지수와 양의 관련성이 있다고 발표하였다. 혈당지수가 체중에 영향을 미치는 생리학적 기전을 살펴보면 혈당지수가 높은 식품을 섭취하면 초기단계에서 혈당을 빠르게 증가시키고, 그 결과 인슐린 분비 증가와 지방의 산화가 억제된다. 그 다음 단계로 혈당이 감소되나 지방 산화는 여전히 억제되고, 마지막 단계에서 포도당 합성 및 지방 산화를 자극하여 혈당 조절에 관련된 호르몬과 대사적 변화를 유도함으로써 체지방을 증가시킨다는 것이다 [11,12]. 전세계적으로 비만과 높은 혈당지수, 당부하지수 식사의 관련성에 대한 다양한 연구가 진행되었으나 우리나라는 탄수화물 위주의 식생활에도 불구하고 우리나라 식사의 혈당지수 관련 연구는 극히 드문 실정이다 [4].

이에 본 연구는 우리나라 과체중 또는 비만 대상자에게 체중 감량을 위해 열량을 줄이되 평소 섭취하는 수준의 탄수화물 양과 혈당부하를 주는 식사와 이를 낮게 설계한 식사를 섭취하게 한 후 체중, 허리둘레, 체지방, 혈압 등의 비만 관련 위험 지표의 변화를 알아보고자 하였다.

연구방법

연구대상 및 기간

본 연구는 2015년 7월부터 8월까지 총 42일 (6주) 동안 진행되었다. K대학교 내의 각 건물 게시판 및 SNS의 모집공고를 통하여 체중 감량에 관심이 있는 과체중 또는 비만 (BMI ≥ 23 kg/m²) 인 20대 성인을 대상으로 대상자를 모집하였다.

대상자는 본 연구에 참여하기 전 실험실에 방문하여 담당 연구원에게 연구의 전반적인 개요에 대해 설명을 들은 후, 자발적으로 연구 참여에 동의하였다. 대상자의 과체중 또는 비만 여부를 알기 위해 체성분 분석 (Inbody720; Biospace Co., Seoul, Korea)을 하였고, 기초 정보 및 현재 약물 복용 여부, 식품 알레르기 여부, 그 밖에 기타사항 등이 포함되어 있는 사전조사를 실시하였다. 이를 종합하여 연구에 적절하다고 판단된 자에 한해서 연구에 참여하였다. 대상자는 총 31명이 지원하였으나 9명은 연구 참여 조건에 충족하지 않아 최종적으로 22명이 연구에 참여하였다. 여성 1명이 중도 탈락하여 남성 10명, 여성 11명으로 총 21명을 대상으로 연구를 완료하였다. 본 연구는 국민대학교 생명윤리심의위원회의 승인 (승인번호: KMU-201504-HR-055-R2-C1)을 받아 진행되었다.

연구방법 및 내용

모든 대상자는 체중 감량을 목적으로 하루 필요 열량의 약 70%를 제공받도록 조정 체중을 기준으로 가벼운 활동을 위한 에너지 요구량인 25 kcal/kg을 곱하여 하루 필요 열량을 계산하였다 [13].

$$\text{하루 필요 열량 (kcal)} = \text{조정 체중 (표준 체중 + (현재 체중 - 표준 체중) × 0.25)} × 25 \text{ kcal}$$

그 후 계산된 각 개인의 필요 열량을 고려하여 식사를 구성하여 1,200 kcal (여자: 5명), 1,500 kcal (남자: 5명, 여자: 6명), 1,800 kcal (남자: 5명)의 세 종류로 본인에 가까운 열량으로 제공하였다.

실험은 cross-over 디자인으로 6주간 진행되었다. 남녀 성비를 고려하여 대상자를 무작위로 두 그룹으로 나누어 중간 wash-out 2주를 제외하고 전반부 2주, 후반부 2주 동안 식사를 제공하였다. 식사는 대상자들이 평소에 섭취하는 양과 유사한 수준의 당부하량을 가진 식사 (high GL)와 당부하량이 낮게 설계된 식사 (low GL)로 구성되었고, 열량은 개인의 열량 필요량의 70%로 조정되어 동일한 열량으로 각 개인에게 2주간 high GL, 2주간 low GL 식사로 제공하였다. 즉, 그룹1 (10명, low → high GL 그룹)은 처음 2주 동안은 당부하량이 낮게 설계된 low GL 식사로 구성하여 제공하였고, 그룹2 (11명, high → low GL 그룹)는 평소에 섭취하는 탄수화물 양과 유사한 당부하량을 가진 high GL 식사를 먼저 제공하였다. 중간 2주 동안의 wash-out를 거친 후, 마지막 2주 동안은 처음 2주와는 반대로 low GL 식사를 했던 그룹1은 high GL 식사를, high GL 식사를 했던 그룹2는 low GL 식사를 제공받았다. 식사와 실험 디자인은 Fig. 1과 같다.

Low GL 식사에서 1,200 kcal 식사에 배정된 경우 실제 제공된 식단의 열량은 1,176.9 kcal, 1,500 kcal 식사는 1,471.5 kcal, 1,800 kcal 식사는 1,801.6 kcal이었으며 high GL 식사에서 1,200 kcal 식

Table 1. Composition of diets used for the study

Variables	Low GL group			High GL group		
	1,200	1,500	1,800	1,200	1,500	1,800
Intended calorie (kcal/day)	1,200	1,500	1,800	1,200	1,500	1,800
Provided calorie (kcal/day)	1,176.9	1,471.5	1,801.6	1,185.0	1,508.2	1,807.4
Estimated GL	65.7	82.0	94.6	142.8	180.0	214.3
Percentage of calorie from						
Carbohydrate	46	45	43	78	78	76
Protein	35	34	37	13	12	14
Fat	19	21	20	9	10	11

GL, glycemic load.

사 대상자의 경우 실제 제공된 식단의 열량은 1,185.0 kcal, 1,500 kcal 식사는 1,508.2 kcal, 1,800 kcal 식사는 1,807.4 kcal이었다. 각 식품의 당부하량은 이전 연구인 식사의 영양성분에 의해 혈당부하를 추정하는 식을 이용하여 제공된 식단 음식의 당부하량을 구해 사용하였다 [14]. High GL 그룹의 당부하량은 low GL 그룹의 약 2배로 설정하여 식사를 구성하였다. 각 식사의 제공열량에 따른 평균 영양소 비율 (탄수화물, 단백질, 지방)은 Table 1과 같다.

실험을 시작하기 전 대상자의 신장, 체중, 체지방 (Inbody720; Biospace Co.)과 혈압 (HEM-7310; Omron, Kyoto, Japan)을 측정하였다. 중간 2주를 제외한 실험 참여 기간 동안 대상자의 신장, 체중, 체지방과 혈압을 매일 아침 식사하기 전에 측정하였고, 또한 제공한 연구 식사 외에 섭취한 것이 있는지 매일 면담하여 확인하였다. 채혈은 9시에 임상병리사가 연구실로 방문하여 실험 전과 2주, 4주, 6주 후에 총 4번 실시하였다. 채혈을 한 혈액의 혈청을 분리하여 중성지방 (triglyceride), 총콜레스테롤 (total cholesterol), 고밀도지질단백질 (high-density li-

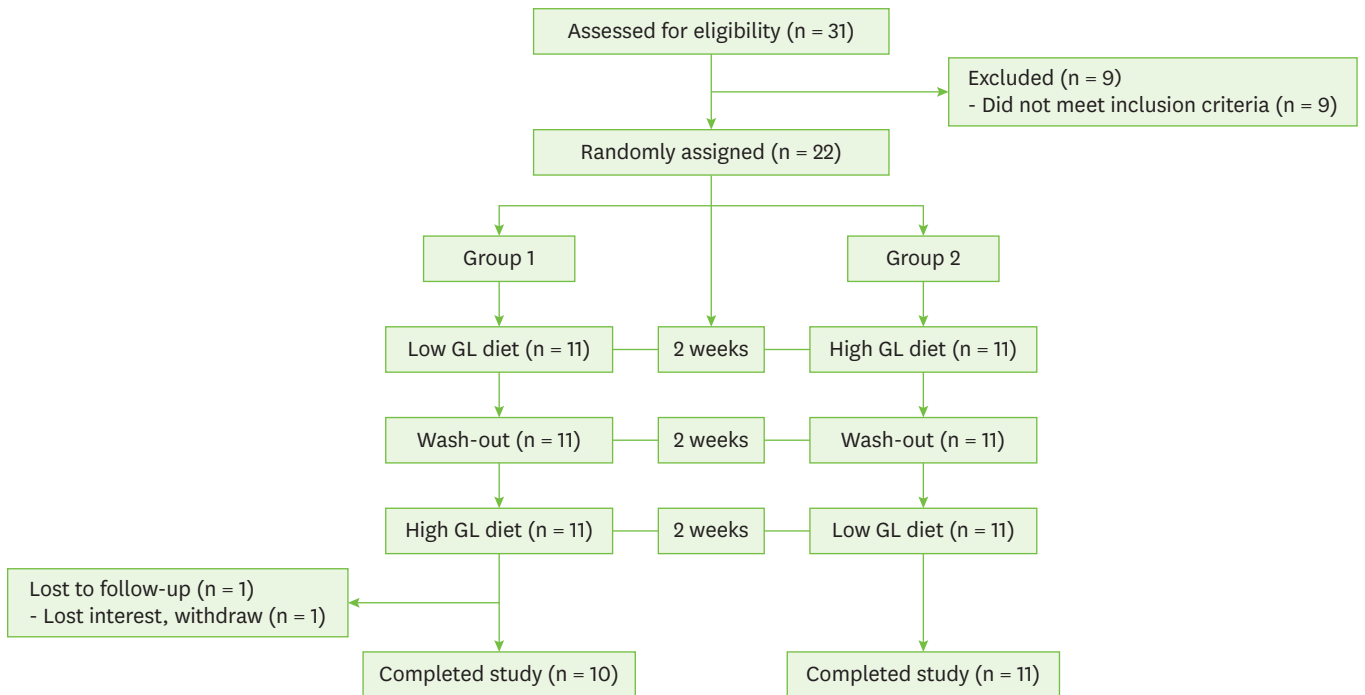


Fig. 1. Diagram of the study. GL, glycemic load.

poprotein; HDL)-콜레스테롤, 저밀도지질단백질 (low-density lipoprotein; LDL)-콜레스테롤, 공복혈당, 인슐린, C-peptide를 측정하였다. Homeostasis model assessment (HOMA) calculator를 이용하여 인슐린의 저항성을 평가하기 위해 사용되는 임상적 지표인 인슐린 HOMA 지수 (HOMA to quantify insulin resistance)와 C-peptide를 이용하여 계산한 C-peptide HOMA 지수 (HOMA to quantify insulin resistance C-peptide)의 값을 산출하였다 [15-17]. 연구 기간 동안 대상자의 운동량은 연구 참여 이전과 일정하게 유지하도록 하였다.

통계처리

수집한 자료의 통계처리는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences version 23.0; SPSS Inc., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였고 모든 검정 결과는 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하여 통계적으로 유의하다고 간주하였다.

대상자가 속한 그룹의 성별은 빈도와 백분율로 표시하였고, 실험 시작 전 그룹 간의 나이, 신장, 체중, 체성분, 체질량지수, 혈압, 혈액 내 지표 등의 차이를 비교하기 위하여 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 또한 개인별 low GL 식사와 high GL 식사 사이의 변화량 비교, 각각 low GL 식사, high GL 식사 섭취의 전·후 차이 비교, 실험 시작 전 (1일)과 실험 6주 후 (42일)는 평균과 표준편차를 제시하고, Wilcoxon signed rank test를 실시하여 차이를 검정하였다.

결과

대상자 특성

본 연구의 대상자 특성 및 참여하기 직전 측정된 체성분, 혈압, 혈액의 결과는 **Table 2**와 같다. 연구 대상자는 남성 10명 (47.6%), 여성 11명 (52.4%)으로 low → high GL 그룹에서 남성과 여성은 각각 5명이었고, high → low GL 그룹은 각각 5명, 6명으로 총 21명이었다. 대상자의 특성은 실험 시작 전 두 그룹 간에 모두 유의적인 차이가 없었다.

대상자의 전체 평균 연령은 24.52 ± 2.40 세로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 25.2 ± 2.10 세, 23.91 ± 2.59 세였다. 체중의 전체 평균은 75.71 ± 15.06 kg으로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 76.39 ± 16.58 kg, 75.09 ± 14.33 kg이었으며, 체지방량의 전체 평균은 24.47 ± 4.31 kg으로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 24.05 ± 3.74 kg, 24.85 ± 4.93 kg이었으며 체질량지수의 전체 평균은 26.60 ± 2.98 kg/m²으로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 26.52 ± 2.70 kg/m², 26.67 ± 3.35 kg/m²이었으며 체성분 측정 결과 두 그룹 간의 유의적인 차이는 없었다.

혈압의 경우에는 수축기, 이완기 혈압의 전체 평균은 각각 126.86 ± 23.11 mmHg, 85.10 ± 16.63 mmHg으로 low → high GL 그룹은 각각 131.80 ± 28.59 mmHg, 88.20 ± 20.62 mmHg이었고, high → low GL 그룹은 122.36 ± 16.91 mmHg, 82.27 ± 12.34 mmHg으로 혈압 측정 결과 두 그룹 간의 유의적인 차이는 없었다.

혈액 검사 결과에서는 중성지방의 전체 평균은 92.19 ± 37.69 mg/dL로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 87.40 ± 32.95 mg/dL, 96.55 ± 42.67 mg/dL이었다. 총콜레스테롤의

Table 2. Subjects' characteristics

Characteristics	All Subjects (n = 21)	Low → high GL group (n = 10)	High → low GL group (n = 11)	p-value
Sex				0.835
Male	10 (47.6)	5 (50.0)	5 (45.5)	
Female	11 (52.4) ¹⁾	5 (50.0)	6 (54.5)	
Age (yrs)	24.52 ± 2.40	25.2 ± 2.10	23.91 ± 2.59	0.282
Body weight (kg)	75.71 ± 15.06	76.39 ± 16.58	75.09 ± 14.33	0.809
Body fat mass (kg)	24.47 ± 4.31	24.05 ± 3.74	24.85 ± 4.93	0.809
Body mass index (kg/m ²)	26.60 ± 2.98	26.52 ± 2.70	26.67 ± 3.35	0.918
Percent body fat (%)	32.82 ± 4.82	32.09 ± 4.62	33.49 ± 5.13	0.426
Blood pressure (mmHg)				
Systolic	126.86 ± 23.11	131.80 ± 28.59	122.36 ± 16.91	0.557
Diastolic	85.10 ± 16.63	88.20 ± 20.62	82.27 ± 12.34	0.605
Lipid profile (mg/dL)				
Triglyceride	92.19 ± 37.69	87.40 ± 32.95	96.55 ± 42.67	0.557
Total cholesterol	169.76 ± 27.90	170.60 ± 29.38	169.00 ± 27.90	0.918
HDL-cholesterol	56.10 ± 9.53	57.10 ± 11.11	55.18 ± 8.28	0.863
LDL-cholesterol	104.86 ± 30.89	105.70 ± 35.51	104.09 ± 27.78	0.918
Fasting glucose (mg/dL)	88.90 ± 5.88	88.10 ± 5.13	89.64 ± 6.65	0.654
HbA1c (%)	5.39 ± 0.24	5.42 ± 0.27	5.36 ± 0.22	0.809
Insulin (μU/mL)	10.29 ± 4.00	11.52 ± 4.77	9.17 ± 2.95	0.197
HOMA-IR-Insulin ¹⁾	1.26 ± 0.45	1.34 ± 0.52	1.19 ± 0.39	0.468
C-peptide (ng/mL)	2.27 ± 0.58	2.40 ± 0.50	2.15 ± 0.64	0.387
HOMA-IR-C-peptide ¹⁾	1.52 ± 0.51	1.74 ± 0.37	1.58 ± 0.50	0.468

Data are shown as mean ± SD or number (%).

GL, glycemic load; HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR-Insulin, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance; HOMA-IR-C-peptide, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance C-peptide.

¹⁾Homeostasis assessment model (HOMA2) calculator was used.

전체 평균은 169.76 ± 27.90 mg/dL로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 170.60 ± 29.38 mg/dL, 169.00 ± 27.90 mg/dL이었다. 공복혈당의 전체 평균은 88.90 ± 5.88 mg/dL로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 88.10 ± 5.13 mg/dL, 89.64 ± 6.65 mg/dL이었다. 인슐린의 전체 평균은 10.29 ± 4.00 μU/mL로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 11.52 ± 4.77 μU/mL, 9.17 ± 2.95 μU/mL이었다. 인슐린의 민감성도 예측에 활용하는 지표인 C-peptide의 전체 평균은 2.27 ± 0.58 ng/mL으로 low → high GL 그룹과 high → low GL 그룹은 각각 2.40 ± 0.50 ng/mL, 2.15 ± 0.64 ng/mL이었다. 혈액 검사 결과에서도 두 그룹 간의 유의적인 차이는 없었다.

개인별 low GL과 high GL 식사에서 그룹 간 및 그룹 내 전·후 비교

모든 대상자 총 21명에서 low GL 식사와 high GL 식사 섭취 전과 후를 각각 비교한 결과 및 2주 간의 두 식사 섭취에 따른 변화량 차이를 비교한 결과는 **Table 3**와 같다.

2주간 low GL 식사와 high GL 식사 섭취에 따른 변화량 차이를 본 결과 체중은 low GL 식사에서 -2.77 ± 1.09 kg, high GL 식사에서 -1.56 ± 0.78 kg, 체지방량은 low GL 식사에서 -1.62 ± 1.19 kg, high GL 식사에서 -0.88 ± 0.91 kg, 체질량지수는 low GL 식사에서 -0.95 ± 0.32 kg/m², high GL 식사에서 -0.56 ± 0.27 kg/m²이었다. 체중 (p < 0.001), 체지방량 (p = 0.024), 체질량지수 (p < 0.001)에서 low GL 식사 섭취에 따른 감소량이 high GL 식사 섭취에 따른 감소량에 비해 유의적으로 컸다. 그러나 체지방률, 수축기·이완기 혈압, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, 인슐린, 인슐린 HOMA 지수, C-peptide, C-peptide HOMA 지수에서는 유의적인 차이가 없었다.

Table 3. Body composition, blood pressure and blood lipids changes following the isocaloric low GL diet and high GL diet

All subjects	Low GL group			High GL group			Low GL group Δchange ¹⁾ (n = 21)	High GL group Δchange ¹⁾ (n = 21)	p-value
	Pre-test (n = 21)	Post-test (n = 21)	p-value	Pre-test (n = 21)	Post-test (n = 21)	p-value			
Body weight (kg)	75.31 ± 15.22	72.54 ± 14.44	< 0.001*	75.06 ± 14.79	73.50 ± 14.70	< 0.001*	-2.77 ± 1.09	-1.56 ± 0.78	< 0.001*
Body fat mass (kg)	24.08 ± 4.36	22.46 ± 3.81	< 0.001*	23.92 ± 4.17	23.05 ± 4.14	0.001*	-1.62 ± 1.19	-0.88 ± 0.91	0.024*
Body mass inbody (kg/m ²)	26.44 ± 3.05	25.49 ± 2.86	< 0.001*	26.38 ± 2.95	25.82 ± 2.99	< 0.001*	-0.95 ± 0.32	-0.56 ± 0.27	< 0.001*
Percent body fat (%)	32.46 ± 4.77	31.57 ± 5.09	0.005*	32.41 ± 4.96	31.91 ± 5.17	0.073	-0.89 ± 1.23	-0.50 ± 1.08	0.237
Blood pressure (mmHg)									
Systolic	124.14 ± 22.35	120.86 ± 16.84	0.094	122.86 ± 17.66	120.24 ± 16.97	0.169	-3.29 ± 7.60	-2.62 ± 8.29	0.807
Diastolic	83.10 ± 16.48	78.67 ± 12.75	0.006*	82.10 ± 14.76	80.29 ± 12.84	0.331	-4.43 ± 7.60	-1.81 ± 8.86	0.171
Lipid profile (mg/dL)									
Triglyceride	93.95 ± 37.84	71.38 ± 27.61	0.008*	100.19 ± 49.37	100.43 ± 45.06	0.945	-22.57 ± 30.12	0.24 ± 49.95	0.085
Total cholesterol	173.00 ± 27.22	159.43 ± 26.67	0.001*	171.14 ± 27.16	159.29 ± 23.98	0.005*	-13.57 ± 13.53	-11.86 ± 16.49	0.972
HDL-cholesterol	56.52 ± 9.40	52.05 ± 9.53	0.004*	55.71 ± 9.64	50.57 ± 9.68	0.003*	-4.48 ± 5.67	-5.14 ± 6.29	0.809
LDL-cholesterol	105.38 ± 29.58	98.19 ± 27.29	0.019*	104.29 ± 27.50	97.62 ± 24.93	0.056	-7.19 ± 11.91	-6.67 ± 13.39	0.828
Fasting glucose (mg/dL)	88.19 ± 7.13	80.48 ± 5.75	< 0.001*	87.62 ± 7.48	81.76 ± 6.20	0.001*	-7.71 ± 6.85	-5.86 ± 6.04	0.370
Insulin (μU/mL)	10.35 ± 5.25	8.54 ± 4.18	0.211	10.75 ± 4.26	10.29 ± 6.11	0.578	-1.81 ± 6.01	-0.47 ± 6.23	0.702
HOMA-IR-Insulin ²⁾	1.27 ± 0.63	1.08 ± 0.52	0.258	1.37 ± 0.53	1.29 ± 0.75	0.444	-0.19 ± 0.70	-0.09 ± 0.77	0.848
C-peptide (ng/mL)	2.20 ± 0.66	1.91 ± 0.60	0.052	2.35 ± 0.66	2.05 ± 0.67	0.034*	-0.29 ± 0.62	-0.30 ± 0.64	0.835
HOMA-IR-C-peptide ²⁾	1.64 ± 0.51	1.35 ± 0.44	0.016*	1.71 ± 0.49	1.46 ± 0.48	0.023*	-0.29 ± 0.49	-0.25 ± 0.47	0.794

Data are shown as mean ± SD.

GL, glycemic load; HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; HOMA-IR-Insulin, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance; HOMA-IR-C-peptide, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance C-peptide.

¹⁾Pre-test post-test changes in response to the meal. ²⁾Homeostasis assessment model (HOMA2) calculator was used.

*p < 0.05.

Low GL 식사와 high GL 식사 섭취 전·후를 각 식사별로 비교한 결과 체중은 low GL 식사 섭취 전과 후는 각각 75.31 ± 15.22 kg, 72.54 ± 14.44 kg, high GL 식사는 각각 75.06 ± 14.79 kg, 73.50 ± 14.70 kg, 체지방량은 low GL 식사 섭취 전·후는 24.08 ± 4.36 kg, 22.46 ± 3.81 kg, high GL 식사는 각각 23.92 ± 4.17 kg, 23.05 ± 4.14 kg, 체질량지수는 low GL 식사 섭취 전·후는 26.44 ± 3.05 kg/m², 25.49 ± 2.86 kg/m², high GL 식사는 각각 26.38 ± 2.95 kg/m², 25.82 ± 2.99 kg/m²이었다. Low GL 식사, high GL 식사에서 체중 (p < 0.001, p < 0.001), 체지방량 (p < 0.001, p = 0.001), 체질량지수 (p < 0.001, p < 0.001)가 각 식사 섭취 전보다 후에 유의적으로 감소되었다. 체지방률은 low GL 식사에서 전과 후 각각 32.46 ± 4.77%, 31.57 ± 5.09%로 low GL 식사에서만 체지방률 (p = 0.005)이 유의적으로 감소되었다.

혈압의 경우에는 low GL 식사에서 섭취 전과 후의 이완기 혈압은 각각 83.10 ± 16.48 mmHg, 78.67 ± 12.75 mmHg으로 유의적으로 감소되었다 (p = 0.006).

혈액 검사 결과에서 총콜레스테롤은 low GL 식사 섭취 전과 후는 각각 173.00 ± 27.22 mg/dL, 159.43 ± 26.67 mg/dL, high GL 식사는 각각 171.14 ± 27.16 mg/dL, 159.29 ± 23.98 mg/dL, HDL-콜레스테롤은 low GL 식사 섭취 전과 후는 각각 56.52 ± 9.40 mg/dL, 52.05 ± 9.53 mg/dL, high GL 식사는 각각 55.71 ± 9.64 mg/dL, 50.57 ± 9.68 mg/dL, 공복혈당은 low GL 식사 섭취 전과 후는 각각 88.19 ± 7.13 mg/dL, 80.48 ± 5.75 mg/dL, high GL 식사는 각각 87.62 ± 7.48 mg/dL, 81.76 ± 6.20 mg/dL, C-peptide HOMA 지수는 low GL 식사 섭취 전과 후는 각각 1.64 ± 0.51, 1.35 ± 0.44, high GL 식사는 각각 1.71 ± 0.49, 1.46 ± 0.48이었다. Low GL 식사, high GL 식사에서 총콜레스테롤 (p = 0.001, p = 0.005), HDL-콜레스테롤 (p = 0.004, p = 0.003), 공복혈당 (p < 0.001, p = 0.001), C-peptide HOMA 지수 (p = 0.016, p = 0.023)가 각 식사 섭취 전보다 후에 유의적으로 감소되었다. 중성지방은 low GL 식사에서 전과 후 각각 93.95 ± 37.84 mg/dL, 71.38 ± 27.61 mg/dL, LDL-콜레스테롤은 각각 105.38 ± 29.58 mg/dL, 98.19 ± 27.29 mg/dL, C-peptide는 high GL 식사에서 전과 후 각각 2.35

± 0.66 ng/mL, 2.05 ± 0.67 ng/mL으로 low GL 식사에서만 중성지방 (p = 0.008)과 LDL-콜레스테롤 (p = 0.019), high GL 식사에서만 C-peptide (p = 0.034)가 유의적으로 감소되었다.

즉, low GL 식사에서는 체중, 체지방량, 체질량지수, 체지방률, 이완기 혈압, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide HOMA 지수에서 유의적으로 감소되었고, high GL 식사는 체중, 체지방량, 체질량지수, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide, C-peptide HOMA 지수에서 유의적으로 감소되었다.

실험 전과 후 비교

모든 대상자 (n = 21)에서 실험 시작 전 (1일)과 실험 6주 후 (42일)를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 중간 2주를 제외한 처음 2주와 마지막 2주 (4주) 간의 low GL과 high GL 식사 구성에 상관없이 감소된 열량 섭취 결과 전반적으로 대부분의 지표가 감소되었다.

실험 후의 체중의 변화량은 -3.17 ± 1.47 kg (p < 0.001), 체지방량은 -2.15 ± 1.53 kg (p < 0.001), 체질량지수는 -1.11 ± 0.49 kg/m² (p < 0.001), 체지방률에서는 -1.42 ± 1.53% (p = 0.001)로 체성분 측정 결과 실험 후에 모두 유의적으로 감소되었다. 혈압의 경우 실험 후 수축기 혈압의 변화량은 -8.19 ± 11.26 mmHg (p = 0.003), 이완기 혈압의 변화량은 -5.86 ± 7.28 mmHg (p = 0.002)으로 혈압에서도 실험 후에 모두 유의적으로 감소되었다. 혈액 검사 결과에서는 총콜레스테롤의 실험 후 변화량은 -9.43 ± 15.35 mg/dL (p = 0.018), HDL-콜레스테롤은 -3.24 ± 5.79 mg/dL (p = 0.031), LDL-콜레스테롤은 -6.38 ± 13.08 mg/dL (p = 0.046), 공복혈당은 -8.81 ± 5.73 mg/dL (p < 0.001), C-peptide는 -0.33 ± 0.46 ng/mL (p = 0.006), C-peptide HOMA 지수는 -0.29 ± 0.34 (p = 0.002)로 실험 전보다 실험 후에 유의적으로 감소되었다. 반면에 중성지방, 인슐린, 인슐린 HOMA 지수는 유의적인 차이가 없었다.

Table 4. Body composition, blood pressure and blood lipids changes following the baseline and 6th week

All subjects	Baseline (n = 21)	Week 6 (n = 21)	Change ¹⁾	p-value
Body weight (kg)	75.71 ± 15.06	72.54 ± 14.47	-3.17 ± 1.47	< 0.001*
Body fat mass (kg)	24.47 ± 4.31	22.32 ± 3.76	-2.15 ± 1.53	< 0.001*
Body mass index (kg/m ²)	26.60 ± 2.98	25.49 ± 2.88	-1.11 ± 0.49	< 0.001*
Percent body fat (%)	32.82 ± 4.82	31.40 ± 5.12	-1.42 ± 1.53	0.001*
Blood pressure (mmHg)				
Systolic	126.86 ± 23.11	118.67 ± 16.54	-8.19 ± 11.26	0.003*
Diastolic	85.10 ± 16.63	79.24 ± 13.32	-5.86 ± 7.28	0.002*
Lipid profile (mg/dL)				
Triglyceride	92.19 ± 37.69	78.33 ± 33.33	-13.86 ± 40.07	0.170
Total cholesterol	169.76 ± 27.90	160.33 ± 23.83	-9.43 ± 15.35	0.018*
HDL-cholesterol	56.10 ± 9.53	52.86 ± 10.30	-3.24 ± 5.79	0.031*
LDL-cholesterol	105.38 ± 29.58	96.95 ± 25.08	-6.38 ± 13.08	0.046*
Fasting glucose	88.90 ± 5.88	80.10 ± 6.62	-8.81 ± 5.73	< 0.001*
HbA1c	5.39 ± 0.24	5.18 ± 0.24	-0.21 ± 0.16	0.001*
Insulin (μU/mL)	9.91 ± 3.84	9.89 ± 6.49	-0.40 ± 4.66	0.244
HOMA-IR-Insulin ²⁾	1.28 ± 0.49	1.24 ± 0.80	-0.02 ± 0.59	0.259
C-peptide (ng/mL)	2.21 ± 0.55	1.94 ± 0.74	-0.33 ± 0.46	0.006*
HOMA-IR-C-peptide ²⁾	1.66 ± 0.40	1.34 ± 0.56	-0.29 ± 0.34	0.002*

Data are shown as mean ± SD.

HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; HbA1c, hemoglobin A1c; HOMA-IR-Insulin, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance; HOMA-IR-C-peptide, homeostasis model assessment to quantify insulin resistance C-peptide.

¹⁾From baseline by post-hoc. ²⁾Homeostasis assessment model (HOMA2) calculator was used.

*p < 0.05.

고찰

체중 감량을 위해서는 열량뿐만 아니라 탄수화물 또는 지방 섭취를 제한하도록 권고되어 왔으며 최근 고탄수화물 식사에 의해 당뇨병, 심혈관 질환, 비만 등 생활습관병의 위험이 증가하고 식사의 혈당지수와 체중 사이의 양의 관계가 있다는 연구결과들이 보고되고 있어 탄수화물을 제한한 식이가 주목받고 있다 [4,18]. 본 연구에서는 한국인의 일반식사와 유사한 높은 수준의 당부하량을 가진 식사 (high GL)와 당부하량이 낮게 (low GL) 설계된 식사를 각각 2주 동안 섭취하여 실험 전과 후의 체중, 체지방, 체질량지수, 혈압 및 혈액 내 생활습관병 위험 지표 등을 살펴보았다.

체중감소를 목표로 열량을 제한하였으나 동등한 열량을 가진 high GL (n = 21)과 low GL (n = 21) 식사 섭취 전과 후의 변화량을 비교한 결과 low GL 식사에서 체중, 체지방량, 체질량지수의 감소량이 high GL 식사의 감소량에 비해 유의적으로 컸고, 혈압, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, 인슐린, 인슐린 HOMA 지수, C-peptide, C-peptide HOMA 지수에서는 차이가 없었다. 각 식사의 전과 후 비교에서는 low GL 식사에서는 체중, 체지방량, 체질량지수, 체지방률, 이완기혈압, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide HOMA 지수에서, high GL 식사에서는 체중, 체지방량, 체질량지수, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide, C-peptide HOMA 지수에서 식사 섭취 전보다 후에 유의적으로 감소한 것을 볼 수 있었다. Noakes 등 [19]의 동등한 칼로리의 저탄수화물·고포화지방의 식사와 고탄수화물·저포화지방의 식사 사이에 신체 구성과 심혈관계질환 위험을 비교한 연구에서 12주 동안 개인의 필요 열량의 30% 줄인 매우 낮은 탄수화물·고포화지방의 식사가 고탄수화물·저포화지방의 식사보다 유의적으로 체중 감소 비율이 더 큰 것으로 보고되었고 (9.2% vs. 7.0%), Foster 등 [20]의 비만을 위한 저탄수화물의 무작위 시험을 한 연구에서 6개월 동안 저탄수화물 식사가 고탄수화물의 일반 식사보다 유의적으로 체중을 감소시킨 것으로 보고하고 있어 이는 고탄수화물 식사보다 저탄수화물 식사가 체중 감소에 더 효과를 보인 본 연구와 유사한 결과라 하겠다. 서구인들을 대상으로 한 또 다른 연구에서 저탄수화물과 고탄수화물 식사 전·후에 각각 체지방량이 유의적으로 감소하였고, 저탄수화물과 저지방 식사의 효과를 본 연구에서도 식사 전·후에 체지방량이 각각 유의적으로 감소한 것으로 나타났으나 이들 연구에서는 저탄수화물, 고탄수화물로 구성된 두 식사 섭취에 따른 변화량에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다 [18,21]. 각 식사 전·후에 유의적으로 체지방량이 감소한 것은 다른 연구 결과와 유사하나 앞선 연구와 달리 본 연구에서는 두 식사 사이의 변화량 비교에서도 low GL을 가진 식사가 유의적으로 변화량이 크고 high GL 식사에 비해 low GL 식사가 체지방량 감소에 더 효과적이었다. 이는 한국인에게 low GL 식사가 high GL 식사에 비해 체중, 체지방량, 체질량지수 감량 효과가 큰 것을 확인한 사례라 할 수 있다.

본 연구의 탄수화물, 단백질, 지방 조성은 low GL 식사에서는 평균 44.7%, 35.3%, 20%, high GL 식사는 평균 77.3%, 13%, 10%로 탄수화물의 양은 각각 158.3-227.7 g과 242.2-353.4 g이었다. 고도비만 청소년의 체중 감량을 위한 고단백질·저탄수화물 식사의 안전성과 효과를 알아본 연구에서 고단백질·저탄수화물 식사의 탄수화물, 단백질, 지방의 조성은 평균 11%, 32%, 57%, 저지방 식사는 평균 51%, 21%, 29%이었고, 이때 제공한 탄수화물의 양은 각각 32 g, 188 g이었다. 또한 이와 유사한 저탄수화물 또는 고탄수화물 식사의 체중 감량의 유사성을 비교한 연구에서는 저탄수화물 식사의 탄수화물, 단백질, 지방 조성은 평균 15%, 23%, 53% 고탄

수화물 식사는 평균 45%, 26%, 29%이었고, 탄수화물 양은 각각 37 g과 115 g이었다 [21,22]. 이들 연구에서는 체중변화는 있었으나 인체에 무리가 없는 최소한의 양인 50-100 g 이상의 탄수화물을 공급한 것이 아니라 장기적으로 지속하기 어려운 식사 조성이라고 생각된다. 그러나 본 연구는 당부하량을 고려하였을 뿐만 아니라 단백질을 절약하고 케톤증 및 심한 수분손실을 예방할 수 있도록 하루 100 g 이상의 당질을 공급하는 중탄수화물 식사로 제공했다는 것이 장점으로 제시될 수 있다 [23].

저탄수화물·고지방 식사에서 중성지방이 감소되고 HDL-콜레스테롤이 증가되는 것으로 나타났다. 고탄수화물·저지방 식사에서는 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 감소가 큰 것으로 보고되고 있으나 본 연구에서는 유사한 결과가 나타나지 않았다 [19,20,24]. 또한 여러 연구에서는 저탄수화물 식사를 섭취 한 결과 인슐린 농도가 유의적으로 감소되었고, 인슐린 대사 변화가 더 큰 것으로 보고되었으나 [18,19,21] 본 연구에서는 두 종류의 실험 식사 섭취 전과 후 비교에서 모두 인슐린 농도에서는 유의적인 차이가 없었지만 인슐린 분비와 저항상태를 추정할 수 있는 C-peptide와 C-peptide 저항 지수가 유의적으로 감소되었다. 추후 당부하량 식사에 따른 지질 성분 변화 및 인슐린, C-peptide와 관련된 연구가 더 필요함을 시사한다 [25].

모든 대상자 (n = 21)에서 전체 실험 기간 전, 후 차이를 비교한 결과 체중, 체지방량, 체질량지수, 체지방률, 혈압 (수축기, 이완기), 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, 당화혈색소, C-peptide, C-peptide HOMA 지수가 모두 유의적으로 감소한 것은 당부하량에 관계없이 제한된 열량을 섭취한 4주 동안 체중 감소와 함께 체성분 및 혈중 지질 농도 개선과 유관한 것으로 추정된다.

Foster 등 [20]의 연구에서 체중 감량 실험 후 6개월 동안 체중이 감소하다가 그 이후 다시 증가하는 경향을 보였고, Tay 등 [24]의 연구에서는 식사 섭취 24주 후에 혈압이 모두 유의적으로 감소되었고 칼로리를 제한한 상태에서 저탄수화물·고지방 식사는 일시적인 체중 감소가 오랜 기간 지속되지 않는다고 보고되었으나 본 연구에서는 건강한 비만인 또는 과체중에게서 low GL 식사, high GL 식사 섭취 기간이 각각 2주로 짧아 체중 변화의 지속성을 관찰할 수 없었다. 체중, 체질량지수, 체지방, 혈압, 생활습관병 관련 요소 등의 변화 추이를 알기 위해서는 더 오랜 기간의 실험이 진행되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구는 대상자의 생활습관병 관련 요소를 고려하지 않고 체질량지수와 체지방률을 기준으로만 선발했기 때문에 대상자를 일반화하기 어렵다는 제한점이 있다. 또한 대사증후군 위험의 노출 기간이 상대적으로 짧은 건강한 20대 성인남녀를 대상으로 하였기 때문에 대사증후군 위험이 높은 대상자들에게 대한 연구가 필요하다. 당부하량이 적은 식사의 체중 감량 효과를 일반화하기 위해 대사증후군 관련 위험도가 높은 대상자들로 확대하여 이를 대상으로 추가 연구를 진행하고자 한다.

요약

본 연구에서는 한국인이 평소 섭취하는 일반식사와 유사한 수준의 당부하량을 가진 high GL 식사와 당부하량이 낮게 설계된 low GL 식사를 섭취한 후 체중, 체지방, 혈압 및 혈액 내 생활습관병 위험 지표 등의 변화를 분석 및 비교하였다. 20대 성인남녀를 대상으로 체중 감량을 위해 wash-out 기간인 중간 2주를 제외하고 개인 필요 열량의 30%를 줄인 low GL 식사와 high

GL 식사를 각 2주간 제공하였다. Low GL 식사와 high GL 식사의 효과를 비교한 결과 low GL 식사가 high GL 식사에 비해 체중 ($p < 0.001$), 체지방량 ($p = 0.024$), 체질량지수 ($p < 0.001$)에서 유의적으로 감소량이 더 컸다. 하지만 혈압, 혈액 내 비만 질환 위험 지표에서는 유의한 차이가 없었다. Low GL 식사의 전·후를 비교한 결과 체중, 체지방량, 체질량지수, 체지방률, 이완기 혈압, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide HOMA 지수가, high GL 식사에서는 체중, 체지방량, 체질량지수, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 공복혈당, C-peptide, C-peptide HOMA 지수에서 각 식사 전보다 후에 유의적으로 감소되었다. 또한 실험 식사 섭취 전과 섭취 후를 비교한 결과 체중, 체지방량, 체질량지수, 체지방률, 혈압(수축기, 이완기), 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 공복혈당, 당화혈색소, C-peptide, C-peptide HOMA 지수가 모두 유의적으로 감소되었다. 본 연구 결과 체중 감량 및 생활습관병 위험을 줄이기 위해서는 단순히 섭취 열량을 낮추기보다는 열량과 함께 당부하량을 고려하여 섭취하는 것이 체중을 감소시키는 데에 더 효과적일 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Ma Y, Olendzki B, Chiriboga D, Hebert JR, Li Y, Li W, et al. Association between dietary carbohydrates and body weight. *Am J Epidemiol* 2005; 161(4): 359-367.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
2. Youn S, Woo HD, Cho YA, Shin A, Chang N, Kim J. Association between dietary carbohydrate, glycemic index, glycemic load, and the prevalence of obesity in Korean men and women. *Nutr Res* 2012; 32(3): 153-159.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
3. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea health statistics 2014: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-2). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2015.
4. Song S, Choi H, Lee S, Park JM, Kim BR, Paik HY, 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.
[CROSSREF](#)
5. Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, Flood VM, Prvan T, Mitchell P, et al. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk--a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(3): 627-637.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
6. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care* 1988; 11(2): 149-159.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
7. Riccardi G, Rivellese AA, Giacco R. Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(1): 269S-274S.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
8. Denova-Gutiérrez E, Huitrón-Bravo G, Talavera JO, Castañón S, Gallegos-Carrillo K, Flores Y, et al. Dietary glycemic index, dietary glycemic load, blood lipids, and coronary heart disease. *J Nutr Metab* 2010; 2010: 170680.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
9. 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.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
10. Lau C, Toft U, Tetens I, Richelsen B, Jørgensen T, Borch-Johnsen K, et al. Association between dietary glycemic index, glycemic load, and body mass index in the Inter99 study: is underreporting a problem? *Am J Clin Nutr* 2006; 84(3): 641-645.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
11. Du H, Van der A DL, Feskens EJ. Dietary glycaemic index: a review of the physiological mechanisms and observed health impacts. *Acta Cardiol* 2006; 61(4): 383-397.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
12. Chai HJ, Hong H, Kim HS, Lee JS, Yu CH. Relationship between food intakes, glycemic index, glycemic load, and body weight among high school boys in Seoul. *Korean J Nutr* 2008; 41(7): 645-657.

13. The Korean Dietetic Association. Manual of medical nutrition therapy, 3rd edition. Seoul: The Korean Dietetic Association; 2008.
14. 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.
[CROSSREF](#)
15. Wallace TM, Levy JC, Matthews DR. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes Care* 2004; 27(6): 1487-1495.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
16. Levy JC, Matthews DR, Hermans MP. Correct homeostasis model assessment (HOMA) evaluation uses the computer program. *Diabetes Care* 1998; 21(12): 2191-2192.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Song S, Paik HY, Song Y. The relationship between intake of nutrients and food groups and insulin resistance in Korean adults: using the fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV, 2007–2009). *Korean J Nutr* 2013; 46(1): 61-71.
[CROSSREF](#)
18. Hall KD, Bemis T, Brychta R, Chen KY, Courville A, Crayner EJ, et al. Calorie for calorie, dietary fat restriction results in more body fat loss than carbohydrate restriction in people with obesity. *Cell Metab* 2015; 22(3): 427-436.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Noakes M, Foster PR, Keogh JB, James AP, Mamo JC, Clifton PM. Comparison of isocaloric very low carbohydrate/high saturated fat and high carbohydrate/low saturated fat diets on body composition and cardiovascular risk. *Nutr Metab (Lond)* 2006; 3(1): 7.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Foster GD, Wyatt HR, Hill JO, McGuckin BG, Brill C, Mohammed BS, et al. A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl J Med* 2003; 348(21): 2082-2090.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
21. Golay A, Allaz AF, Morel Y, de Tonnac N, Tankova S, Reaven G. Similar weight loss with low- or high-carbohydrate diets. *Am J Clin Nutr* 1996; 63(2): 174-178.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
22. Krebs NF, Gao D, Gralla J, Collins JS, Johnson SL. Efficacy and safety of a high protein, low carbohydrate diet for weight loss in severely obese adolescents. *J Pediatr* 2010; 157(2): 252-258.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
23. Lee MS, Lee SY, Kim HA, Jung SJ, Kim WK, Kim HJ. *Clinical nutrition*. Goyang: Powerbook; 2010.
24. Tay J, Brinkworth GD, Noakes M, Keogh J, Clifton PM. Metabolic effects of weight loss on a very-low-carbohydrate diet compared with an isocaloric high-carbohydrate diet in abdominally obese subjects. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51(1): 59-67.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Salway JG. *Medical biochemistry at a glance*, 3rd edition. Chichester: Wiley-Blackwell; 2012.