

총설

저탄수화물식의 효과와 한계: 건강한 탄수화물 조절

김민정

가천대 길병원 영양팀

Benefits and Limitations of Low-Carbohydrate Diets: Healthy Carbohydrate Control

Minjung Kim

Department of Nutrition Services, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea

The prevalence of obesity has been increasing worldwide. Several dietary treatments have been suggested to control weight, and recent guidelines recommend individualizing the composition of macronutrients. Carbohydrates are the most important nutrients in meals, and carbohydrate restriction is a dietary strategy that promotes weight loss. A low-carbohydrate diet is effective for short-term weight loss and can help improve glycated hemoglobin, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and triglyceride levels; however, the long-term effects and safety of this diet remains doubtful. In the short term, there is a risk of gastrointestinal symptoms such as vomiting, diarrhea, constipation, and gastroesophageal reflux, and type 1 diabetes patients are at risk of severe hypoglycemia, while in the long term, it can lead to malnutrition and decreased exercise capacity. Thus, rather than limiting the intake of carbohydrates, it is important to limit the intake of refined grains, sugar, honey, syrup, and sweetened beverages while maintaining the planned carbohydrate intake rate and improving meal quality.

Keywords: Diet, Carbohydrate, Carbohydrate-restricted, Obesity

Received February 1, 2024

Revised May 21, 2024

Accepted June 15, 2024

Corresponding author

Minjung Kim

Department of Nutrition Services,
Gachon University Gil Medical Center, 21
Namdong-daero 774beon-gil, Namdong-gu,
Incheon 21565, Korea

Tel: +82-32-460-3782

E-mail: uhxmm1226@naver.com

서론

최근 10여 년 동안 우리나라의 비만 유병률은 지속적으로 증가하고 있다.¹ 최근의 비만진료지침은 개인의 특성 및 의학적 상태에 따라 다량영양소(탄수화물, 지방, 단백질) 조성을 개별적으로 조절할 것을 권고하고 있다.² 2022년 국민영양조사 결과에 따르면 탄수화물의 에너지 비율은 남자 58.1%, 여자 58.3%로 나타났다.³ (지방과 단백질 섭취가 상대적으로 높은) 저탄수화물식은 1921년에 난치성 소아 간질의 완화를 위해 케톤 생성을 유도하는 수단으로서 처음 고안되었다.^{4,5} 이후 1970년대에 체중의 감량과 유지를 위한 저탄수화물식 개념이 Atkins⁶에 의해 대중화되었고 존 다이어트(Zone Diet), 사우스 비치

다이어트(South Beach Diet), 케톤 생성 다이어트 등 탄수화물 함량을 조절하는 다양한 식사요법이 제시되어왔다.⁷ 그런 저탄수화물 식사는 체중감량 및 심혈관질환 위험요인 개선에는 효과가 있었으나^{8,9} 다른 다양한 식사요법들(저열량식, 저지방식, 고단백식 등)과 비교했을 때 장기적 면에서는 효과에 큰 차이가 없었다.¹⁰ 오히려 극단적인 저탄수화물 식사는 건강에 문제가 될 우려가 있어 탄수화물 섭취비율 10% 미만의 초저탄수화물 식사요법은 그 잠재적 위험성 때문에 권장되지 않고 있다.¹¹ 이에 본 논문은 저탄수화물식의 효과에 대해 살펴보고 건강한 저탄수화물 식사요법에 대해 알아보고자 한다.

저탄수화물식의 정의

저탄수화물식에 대한 기준은 문헌마다 차이를 보이고 있으나 일반적으로 탄수화물 제한 정도에 따라 분류할 수 있다.¹² 하루 탄수화물 총 섭취량이 130 g 미만 또는 총 에너지의 탄수화물 에너지 섭취 비율이 26% 미만인 경우 저탄수화물식(Low-carbohydrate diet)으로 분류하며, 케톤증 발생 여부와 관계없이 하루 총 탄수화물 섭취량이 20–50 g 이거나 일일 총 2,000 kcal를 섭취하는 식단 기준으로 고중 탄수화물 에너지 섭취 비율이 10% 미만인 경우에 초저탄수화물 케톤생성 식단(Very low-carbohydrate ketogenic diet)으로 구분한다.¹²

저탄수화물식의 대사

탄수화물 섭취를 제한할 경우 포도당 신생합성과 케톤 생성이라는 두 가지 주요 대사 과정이 일어난다.¹³ 탄수화물 섭취량이 매우 낮으면(하루 50 g 미만) 간, 근육 및 뇌에 공급되는 포도당이 감소하여 글리코겐으로 저장되는 포도당의 양이 감소한다. 이후 체내 글리코겐이 고갈되면 체중이 감소하고¹⁴ 포도당 이용이 제한되면서 신체는 포도당신생합성이라는 과정을 활성화한다. 이로 인해 내인성 포도당 양이 낮아 신체의 포도당 요구를 충족할 수 없게 되면 지방 분해가 일어난다. 이 과정에서 아세토아세트산과 케톤인 β -하이드록시부티르산 및 아세토으로 전환되면서 포도당을 대체할 케톤체를 생성한다.^{7,13} 이러한 생리학 대사를 유도하고자 저탄수화물식을 실행할 경우 혈장 인슐린 수치가 감소하고 조직 내에서 섭취된 칼로리의 산화가 촉진되어 지방으로의 저장이 감소하여 식욕과 대사율에 유리한 영향을 미칠 수 있다.¹³

저탄수화물식의 주요 효과

1. 체중 감량

저지방 및 저탄수화물 식단을 비교한 38개 연구에 대한 메타분석(총 6,499명)에서¹⁵ 저탄수화물 식단을 섭취한 경우에 전반적으로 유리한 체중 감량의 효과가 나타났다. 시간 범주별 분석에서는 6–12개월에 가중 평균 차이가 저탄수화물식에서 효과적이었으나 1–3개월, 3–6개월 및 12개월 이상에서는 저탄수화물식과 저지방식 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. Hession 등¹⁶은 저탄수화물-고단백 식단과 고탄수화물-저지방 식단의 효과에 대해 체계적 고찰을 시행하였다. 여기에는 평균 또는 중위 체질량지수(body mass index, BMI)가 28 kg/m² 이상이며 18세 이상 성인 인구를 대상으로 연구가 이루어졌다. 고탄수화물-저지방군에 비해 저탄수화물-고단백군의 체중 감소 가중 평균 차이가 6개월에 -4.02 kg으로 나타나 더 큰 체중감량 효과가 있었으나,

12개월에는 -1.05 kg으로 양군 간의 차이가 감소하였다.

2. 혈당 관리

2형당뇨병을 가진 비만 환자 10명을 대상으로 2주 동안 저탄수화물 식단을 섭취하게 한 연구 결과에서¹⁷ 평균 공복 혈장 포도당 수치는 첫날 7.5 mmol/L (135 mg/dl)에서 마지막 날 6.3 mmol/L (113 mg/dl)로 감소하였고, 24시간 평균 혈청 인슐린 수치는 저탄수화물식이 끝날 때 유의하게 낮아졌다. 인슐린 민감도는 75% 향상되었으며 평균 당화혈색소는 14일 만에 7.3%에서 6.8%로 개선되었다.

2형당뇨병 유질환인 과체중/비만 환자 총 100명을 대상으로 16주간 저탄수화물 식단과 지중해식 식단의 효과를 비교한 연구 결과에서¹⁸ 저탄수화물 식단군의 평균 당화혈색소는 8.6%에서 16주 후 6.6%로 개선되었으며, 지중해식 식단군의 평균 당화혈색소는 8.6%에서 7.4%로 감소하여 저탄수화물 식단의 효과가 더 크게 나타났다.

당뇨병이 있는 성인의 혈당 조절에 대한 고탄수화물식(총 에너지의 >45%)과 비교하여 탄수화물 제한식(총 에너지의 ≤45%)의 효과를 평가한 메타분석에서는¹⁹ 특히 탄수화물을 총 에너지의 26% 미만으로 제한한 경우에 3개월(가중 평균 차이 -0.47%) 및 6개월(가중 평균 차이 -0.36%)에서 당화혈색소가 크게 감소했으며, 12개월 및 24개월에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

3. 심혈관 건강

저탄수화물식이 심혈관 건강 지표에 미치는 영향을 평가한 무작위 임상시험을 종합하여 1,141건의 비만환자를 대상으로 실시한 메타분석 결과에 따르면²⁰ 수축기 혈압(-4.81 mmHg), 이완기 혈압(-3.10 mmHg), 중성지방(-29.71 mg/dl)에서 유의적인 감소를 보였으며, 고밀도 지단백 콜레스테롤(1.73 mg/dl)은 유의적인 증가를 보였다. 반면 저밀도 지단백 콜레스테롤의 변화는 없었다.

체질량지수 25 kg/m² 이상인 총 447명을 대상으로 저탄수화물식과 저지방식이 체중 감량 및 심혈관 위험 요인에 미치는 영향을 조사한 무작위 대조 시험에 대한 메타분석에 의하면²¹ 저탄수화물 식단을 선택한 사람들은 저지방 식단을 선택한 사람들보다 6개월 후에 중성지방(가중 평균 차이 -22.1 mg/dl)과 고밀도 지단백 콜레스테롤 수치(가중 평균 차이 4.6 mg/dl)가 더 유리하게 변화하였다.

4. 식욕과 포만감

현재까지 식욕 관련 호르몬과 탄수화물 제한의 상관성에 대한 데이터는 제한적이거나, 저탄수화물식과 저지방식의 기분, 배고픔 및 기타 심

리직 증상에 미치는 영향을 조사한 연구²²에서 저탄수화물식에서 3개월 동안 배고픔이 크게 감소하였다. Hu 등²³의 연구에 따르면 12개월 동안 148명의 비만 성인을 대상으로 저탄수화물 식단이 식욕 관련 호르몬에 미치는 영향을 관찰하고자 무작위 대조 시험을 한 결과, 저지방 식단이 저탄수화물 식단에 비해 포만감을 느끼게 하는 펩타이드 YY를 더 많이 감소시켰다. 이는 저지방 식단에 비해 저탄수화물 식단이 포만감을 더 잘 유지해줄 수 있음을 시사한다.

저탄수화물식의 한계

1형당뇨병 환자의 경우 저탄수화물식사 시 글리코겐 저장 고갈로 인해 글루카곤 효과에 저항하는 심각한 저혈당증의 위험이 증가할 수 있다.²⁴ 글리코겐 결핍 외에도 식이 선택의 제한으로 인해 일부 전문가들 사이에서는 저탄수화물식에 비타민 E, A, 티아민, B6, 엽산, 칼슘, 마그네슘, 철, 칼륨 및 식이섬유가 결핍될 수 있다는 잠재적인 우려가 있지만 결핍을 입증할 연구는 아직 부족하다.²⁵ 케토시스의 영향으로 인한 잠재적인 안전 문제도 있으며 단기적으로는 구토, 설사, 변비, 위식도 역류 및 저혈당증과 같은 잠재적인 위장 증상이 포함된다.⁵

저탄수화물식과 사망률의 상관성에 대한 인구 기반 코호트 연구 및 전향적 연구의 통합 결과²⁶에 따르면, 탄수화물 섭취량이 낮은 참가자에서 전체 사망률 32%, 심혈관질환 50%, 뇌혈관질환 51%, 암 36%로 사망률이 가장 높게 나타났다. 저탄수화물 식사는 섬유질과 과일 섭취를 감소시키고 동물성 단백질, 콜레스테롤 및 포화지방 섭취를 증가시키는 경향이 있다. 이는 모두 사망 및 심혈관 질환의 위험 요소가 되며, 저탄수화물-고지방식사 조건하에서 심혈관계질환의 사망률 및 질병을 위험 증가에 부분적으로 기여하게 된다는 것을 보여준다. 또한 기존 다수 연구에서 저탄수화물식을 실행한 피험자의 LDL-콜레스테롤 수치가 증가했다고 보고되었으며, 이는 저탄수화물식의 LDL-콜레스테롤 농도 변화와 관련된 잠재적 위해에 대한 평가가 필요함을 시사한다.²⁷

이외에도 탄수화물 함량이 낮은 식품은 그 기호성이 감소하고 이에 따른 식사 즐거움 감소로 인해 장기적으로 영양 부족의 위험과 함께 식

품 선택의 심각한 제한을 초래하는 경우가 많다.²⁸ 음식에 대한 개인의 선호도를 고려할 때, 식단 선택은 개인에 맞게 조정하고 개인이 수용할 수 있고 유지할 수 있는 범위에서 식단 변화를 장려해야 한다.²⁹

건강한 저탄수화물 식사요법 계획

효과적인 체중 감량을 위해서는 탄수화물 섭취 조절과 함께 에너지 섭취 제한이 필수적이다. 대한비만학회에서는 체중 감량을 위한 섭취 에너지 제한 정도는 개인의 특성 및 의학적 상태에 따라 개별화할 것을 권고하며, 하루 500-1,000 kcal 섭취 에너지 감소가 적절하다고 권고하고 있다.² 이러한 에너지 섭취 제한의 효과는 시작 후 6개월에 최대에 이르고, 지속적으로 관리 시 2년까지 체중 감량 효과가 유지될 수 있다.³⁰

대한비만학회의 「체중조절을 위한 건강한 저탄수화물 식사요법 실행 안내서」³¹에서는 안전하고 효과적인 탄수화물 섭취 비율의 범위를 30-50%로 설정하였으며, 탄수화물 섭취량은 개별적으로 접근할 것을 제시하고 있다. 탄수화물의 급원식품으로는 식이섬유소가 풍부한 통곡류를 이용하고 정제된 곡류와 첨가당이 함유된 식품은 피한다.

탄수화물 섭취를 줄일 때는 단백질 섭취를 늘림으로써 지방의 과잉 섭취를 예방할 수 있다. 단, 단백질 급원식품은 고지방 육류보다는 저지방 또는 중지방의 어육류 식품과 콩류, 두부류 등 식물성 단백질 식품을 적절히 활용하면 좋다(표 1).

탄수화물을 줄이고도 총 섭취 에너지를 동일하게 유지하기 위해서는 단백질과 지방의 섭취를 늘려야 한다. 2022년 발행된 『이상지질혈증 진료지침 제5판』에서는 총 지방 섭취량이 총 에너지 섭취량의 30% 이내로 과다하지 않도록 할 것을 권고하였다. 포화지방산의 과잉 섭취를 예방하기 위해 동물성 지방보다 식물성 기름과 견과류를 이용해 불포화지방산 섭취를 늘릴 수 있다.

또한 적절한 식이섬유 섭취는 2형 당뇨병, 심혈관 질환에 대해 상당한 질병 위험 감소의 효과가 있다.^{32,33} 급원식품으로는 도정이 덜 된 통곡류, 잡곡류, 생채소, 콩류, 생과일 등이 있으며 1,000 kcal당 12 g 이상 충분히 섭취하도록 한다.

표 1. 식품군별 권장식품의 예³¹

식품군	식품의 예
곡류군	통곡류(현미밥, 잡곡밥, 통밀빵, 호밀빵, 통곡류로 만든 면이나 떡)
어육류군	저(중)지방 어육류 및 두류(육류의 살코기, 흰살 생선, 등푸른 생선, 콩, 낫토, 두부면 등 콩류 가공식품 등)
채소군	대부분의 채소류
지방군	식물성 기름, 불포화지방산 고함량 식품(올리브유, 카놀라유, 대두유 등 식물성 기름, 견과류, 종실류, 아보카도 등)
과일군	생과일
우유군	저지방 유제품(저지방우유, 저지방요거트 등)

결론

최근 여러 지침에서 특정 영양소의 구체적 범위를 제시하기보다는 개인별로 실제적으로 적용하고 실천할 수 있는 식사 계획을 제시하고 있다. 현재까지 저탄수화물식에 대한 여러 연구 결과에서 체중 감소 효과와 더불어 혈중 지질, 혈당 등 여러 심혈관계질환 및 당뇨병의 위험인자 개선 효과가 나타나는 것은 사실이다. 따라서 체중 조절을 위한 식사 계획 시 탄수화물 섭취 조절을 고려해볼 수 있으나 2년 이상의 장기간 연구에서는 체중 감소 변화가 유의적인 차이를 보이지 못하였다.³⁴ 이러한 발견의 임상적 의미와 장기적 효과의 가능성을 이해하려면 지속적인 연구가 필요하다.

또한 탄수화물 제한 정도가 클수록 지방 섭취량은 증가하게 되며, 고지방 식사는 대체로 포화지방 함량이 높다. 이는 총 콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤 수치를 상승시켜 심혈관계 질환 위험을 증가시키는 요인이 된다.^{35,36} 또한 저혈당, 오심, 구토, 탈수 등의 부작용 위험과 중등도가 높아질 수 있으므로 건강한 저탄수화물식 실천을 위해서는 탄수화물을 줄이더라도 포화지방의 비중이 너무 커지지 않게 해야 한다. 또한 탄수화물 섭취를 극도로 제한하기보다 계획한 탄수화물 섭취 비율을 지키면서 정제된 곡류, 설탕, 꿀, 시럽, 가당 음료 등의 섭취를 제한하고 식사의 질을 높이는 것이 중요하다.

이해충돌

이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

연구비 수혜

없음.

ORCID

Minjung Kim <https://orcid.org/0009-0007-6085-4437>

참고문헌

1. Korean Society for the Study of Obesity. 2022 Obesity fact sheet. Seoul: Korean Society for the Study of Obesity; 2022.
2. Korean Society for the Study of Obesity. Clinical practice guidelines for obesity 2022. Seoul: Korean Society for the Study of Obesity; 2022.
3. Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea National

- Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IX-1). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
4. Wilder R. The effects of ketonemia on the course of epilepsy. *Mayo Clin Proc* 2021;2:307-8.
5. Sampaio LP. Ketogenic diet for epilepsy treatment. *Arq Neuropsiquiatr* 2016;74:842-8.
6. Atkins RC. Dr. Atkins' diet revolution. *Med Lett Drugs Ther* 1973;15:41-2.
7. Brouns F. Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable? *Eur J Nutr* 2018;57:1301-12.
8. Fechner E, Smeets ETHC, Schrauwen P, Mensink RP. The effects of different degrees of carbohydrate restriction and carbohydrate replacement on cardiometabolic risk markers in humans—a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2020;12:991.
9. Johnston CS, Tjonn SL, Swan PD, White A, Hutchins H, Sears B. Ketogenic low-carbohydrate diets have no metabolic advantage over nonketogenic low-carbohydrate diets. *Am J Clin Nutr* 2006;83:1055-61.
10. Dansinger ML, Gleason JA, Griffith JL, Selker HP, Schaefer EJ. Comparison of the Atkins, Ornish, Weight Watchers, and Zone diets for weight loss and heart disease risk reduction: a randomized trial. *JAMA* 2005;293:43-53.
11. Papadopoulou SK, Nikolaidis PT. Low-carbohydrate diet and human health. *Nutrients* 2023;15:2004.
12. Feinman RD, Pogozelski WK, Astrup A, et al. Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: critical review and evidence base. *Nutrition* 2015;31:1-13.
13. Barber TM, Hanson P, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO. The low-carbohydrate diet: short-term metabolic efficacy versus longer-term limitations. *Nutrients* 2021;13:1187.
14. Malik VS, Hu FB. Popular weight-loss diets: from evidence to practice. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med* 2007;4:34-41.
15. Chawla S, Tessarolo Silva F, Amaral Medeiros S, Mekary RA, Radenkovic D. The effect of low-fat and low-carbohydrate diets on weight loss and lipid levels: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2020;12:3774.
16. Hession M, Rolland C, Kulkarni U, Wise A, Broom J. Systematic review of randomized controlled trials of low-carbohydrate vs. low-fat/low-calorie diets in the management of obesity and its comorbidities. *Obes Rev* 2009;10:36-50.
17. Boden G, Sargrad K, Homko C, Mozzoli M, Stein TP. Effect of a low-carbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes. *Ann Intern Med* 2005;142:403-11.

18. Currenti W, Losavio F, Quiete S, et al. Comparative evaluation of a low-carbohydrate diet and a Mediterranean diet in overweight/obese patients with type 2 diabetes mellitus: a 16-week intervention study. *Nutrients* 2023;16:95.
19. Sainsbury E, Kizirian NV, Partridge SR, Gill T, Colagiuri S, Gibson AA. Effect of dietary carbohydrate restriction on glycemic control in adults with diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* 2018;139:239–52.
20. Santos FL, Esteves SS, da Costa Pereira A, Yancy WS Jr, Nunes JP. Systematic review and meta-analysis of clinical trials of the effects of low carbohydrate diets on cardiovascular risk factors. *Obes Rev* 2012;13:1048–66.
21. Nordmann AJ, Nordmann A, Briel M, et al. Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets on weight loss and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Intern Med* 2006;166:285–93.
22. McClernon FJ, Yancy WS Jr, Eberstein JA, Atkins RC, Westman EC. The effects of a low-carbohydrate ketogenic diet and a low-fat diet on mood, hunger, and other self-reported symptoms. *Obesity (Silver Spring)* 2007;15:182–7.
23. Hu T, Yao L, Reynolds K, et al. The effects of a low-carbohydrate diet on appetite: a randomized controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2016;26:476–88.
24. Turton JL, Raab R, Rooney KB. Low-carbohydrate diets for type 1 diabetes mellitus: a systematic review. *PLoS One* 2018;13:e0194987.
25. Merrill JD, Soliman D, Kumar N, Lim S, Shariff AI, Yancy WS Jr. Low-carbohydrate and very-low-carbohydrate diets in patients with diabetes. *Diabetes Spectr* 2020;33:133–42.
26. Ma Y, Zheng Z, Zhuang L, et al. Dietary macronutrient intake and cardiovascular disease risk and mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutrients* 2024;16:152.
27. Mansoor N, Vinknes KJ, Veierød MB, Retterstøl K. Effects of low-carbohydrate diets v. low-fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 2016;115:466–79.
28. Scott PM. Which diet is better--low-fat or low-carb? *JAAPA* 2006;19:49.
29. Drummond S. Obesity: a diet that is acceptable is more likely to succeed. *J Fam Health Care* 2007;17:219–21.
30. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002;346:393–403.
31. Korean Society for the Study of Obesity. Healthy low-carbohydrate diet practice guide for weight control. Seoul: Korean Society for the Study of Obesity; 2023.
32. Aune D, Keum N, Giovannucci E, et al. Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 2016;353:i2716.
33. Ma X, Tang WG, Yang Y, Zhang QL, Zheng JL, Xiang YB. Association between whole grain intake and all-cause mortality: a meta-analysis of cohort studies. *Oncotarget* 2016;7:61996–2005.
34. Shai I, Schwarzfuchs D, Henkin Y, et al. Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet. *N Engl J Med* 2008;359:229–41.
35. The Korean Society of Lipid and Atherosclerosis. Korean guidelines for the management of dyslipidemia. 5th ed. Seoul: The Korean Society of Lipid and Atherosclerosis; 2022.
36. Oh DJ. Life style and coronary artery disease. *Korean J Med* 2003;65:130–6.