

탄수화물계산을 활용한 임상영양요법

김미라

분당서울대학교병원 영양실

Medical Nutrition Therapy Using Carbohydrate Counting

Mi Ra Kim

Department of Nutrition, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

Abstract

Improved postprandial glucose management requires careful monitoring of carbohydrate counting and consideration of the blood glucose response to dietary carbohydrate. Furthermore, learning how to use insulin-to-carbohydrate ratios for meal planning might help people successfully adjust insulin dose from meal to meal to enhance glycemic control. Regular education to raise knowledge of the link between carbohydrate intake and insulin requirements is critical for those whose meal schedules or carbohydrate consumption are unpredictable. Medical nutrition therapy is an important part of total diabetes management, and each person with diabetes should participate actively in education, self-management, and treatment planning with their health care team, including creation of a personalized food plan.

Keywords: Carbohydrate counting; Medical nutrition therapy

서론

당뇨병 환자의 임상영양요법(medical nutrition therapy) 목표는 ① 체중, 혈당, 혈압 및 혈액 내 지질 수치의 적정수

준 유지, ② 당뇨병합병증 지연과 예방, ③ 개별화된 영양요구량 설정, ④ 과학적 근거가 있는 경우에만 특정식품을 제한하여 먹는 즐거움 유지, ⑤ 특정 영양소, 단일식품 섭취에 초점을 맞추기보다는 일상적 생활패턴을 고려한 식사계획 등이다

Corresponding author: Mi Ra Kim

Department of Nutrition, Seoul National University Bundang Hospital, 82 Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea, E-mail: 20457@snubh.org

Received: Apr. 29, 2022; Accepted: May 3, 2022

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Diabetes Association

[1]. 당뇨병 환자를 위한 식사계획 중 탄수화물계산(carbohydrate counting)은 혈당에 가장 큰 영향을 주는 식품 속 탄수화물의 양에 따라 알맞은 인슐린용량을 주사하여 혈당을 정상 범위 내로 조절하는 방법으로, 총 탄수화물 섭취량을 고려한 식사계획법이다[2,3]. 환자 스스로가 식사를 조절하고 계획하는 데 필요한 지식과 기술을 배우는 과정은 지속적인 관리가 필요한 당뇨병 환자에게 중요한 부분을 차지한다. 이에, 본 고에서는 탄수화물계산을 활용한 임상영양요법에 대해 살펴보고자 한다.

본론

탄수화물계산법은 1형당뇨병 환자를 대상으로 한 대규모 연구인 DCCT (Diabetes Control and Complications Trial)에 적용되면서 알려지기 시작하였다[2,3]. 탄수화물계산법은 이용 대상과 목적에 따라 기본탄수화물계산법(basic carbohydrate counting method)과 고급탄수화물계산법(advanced carbohydrate counting method)을 적용할 수 있다. 기본탄수화물계산법에서는 탄수화물이 함유된 음식에 대한 관심을 가지게 하고 일정량의 탄수화물을 식사와 간식으로 배분하여 섭취하도록 하며, 음식, 약물, 활동, 혈당과의 관계를 살펴보고 혈당 변화 패턴을 교육한다. 고급탄수화물계산법은 일일다회주사(multiple daily injection), 지속피하인슐린주입(continuous subcutaneous insulin infusion)을 사용하는 경우 적용하는 교육방법으로 다양한 식사 상황에서 개별적인 인슐린/탄수화물비(insulin to carbohydrate ratio)를 이용하여 실제 섭취한 탄수화물 양에 맞게 인슐린용량을 조정하고, 인슐린감수성지수(insulin sensitivity factor)를 이용하여 고혈당을 교정한다[4]. 2형당뇨병 환자에서 탄수화물계산법의 적용은 증거가 제한적이나(limited evidence) 1형당뇨병 성인을 대상으로 한 메타분석에서는 기본적인 식사관리를 한 경우에 비해 탄수화물계산법을 적용했을 경우 당화혈색소가 0.64% 감소하였다[5].

1. 탄수화물의 개념

탄수화물이란 인체의 주요 에너지원으로 1 g당 4 kcal의 에너지를 제공하며, 식후 혈당 상승의 주된 영양소이다. 탄수화물은 섭취 후 15분~2시간 이내에 대부분이 포도당으로 전환되어 혈당에 영향을 주기 때문에 식사 인슐린용량은 탄수화물 섭취량에 기초하여 결정하며, 질병, 스트레스, 생리주기 등과 같은 상황에 주의가 필요하다. 당뇨병 환자는 일반적으로 총 열량의 50~60%를 탄수화물로 섭취하도록 권고하고 있으며, 탄수화물, 단백질, 지방 섭취량은 식습관, 기호도, 치료목표 등을 고려하여 개별화할 수 있다[4].

2. 탄수화물함량 확인 및 계산

식품교환표(food exchange list)는 영양소 구성이 비슷한 것끼리 묶어 6가지 식품군으로 나눈 표로 곡류군, 어육류군, 채소군, 지방군, 우유군, 과일군으로 구성되어 있다. 같은 식품군내에서 식품을 바꾸어 먹을 때 영양소 함량이 동일한 기준 단위량이 설정되어 있는데 이를 1교환단위(1 exchange)라고 한다[6]. 곡류군은 1교환단위당 탄수화물 23 g, 과일군에는 1교환단위당 탄수화물 12 g, 우유군에는 1교환단위당 탄수화물 10 g이 함유되어 있으며, 탄수화물계산을 위해서는 식품교환표의 1교환단위와 1교환단위당 탄수화물 함량을 숙지하고 있어야 한다. 채소군에도 탄수화물이 함유되어 있으나 양이 적고, 섬유소와 함께 섭취 시 혈당의 급격한 상승을 억제하기 때문에 계산하지 않는다. 이외에 탄수화물 함량을 제공하는 교육자료나 식품영양성분 표시(food labels), 식품의약품안전처 홈페이지 등을 참고하여 탄수화물 양을 확인할 수 있다[4,6].

3. 인슐린/탄수화물비 계산 및 활용

미국당뇨병학회(American Diabetes Association, ADA), 미국임상내분비학회(American Association of Clinical Endocrinology, AACE)에서 제시하는 인슐린/탄수화물비

계산공식이 있으나 탄수화물 섭취량이 많은 우리나라 당뇨병 환자들에게 적용 시 적절하지 않은 경우가 많다. 우리나라에서는 실질적으로 최소 3일 이상의 식사일기와 혈당기록지를 이용하여 평가하는 방법을 가장 많이 사용하고 있으며, 가장 바람직한 방법이기도 한 시간과 노력이 많이 소요된다. 식사시간, 섭취한 음식의 종류와 양, 식사와 간식에 대한 탄수화물 총량, 인슐린용량과 혈당수치를 기록하며, 식전 혈당과 식후 2시간 혈당이 정상 범위에 들어올 때까지 인슐린용량을 조절한다. 혈당이 정상 범위에 들어왔을 때 식사의 총 탄수화물 섭취량을 식전에 주사한 초단기작용인슐린용량으로 나눈다. 즉, 인슐린/탄수화물비는 초단기작용인슐린 1단위를 주사했을 때 섭취할 수 있는 탄수화물의 양이며, 매 끼니 혹은 사람마다 다를 수 있으므로 개별화하여 적용한다[4]. 인슐린/탄수화물비를 알게 되었다면 이를 식사에 적용하여 식전 인슐린 필요량을 구할 수 있다. 예를 들어, 인슐린/탄수화물비가 10일 경우 해당 끼니의 탄수화물 섭취량이 91 g이라면, 탄수화물 섭취량(91 g) ÷ 인슐린/탄수화물비(10) = 식전 초단기작용인슐린 필요량(9단위)을 구할 수 있다.

- 인슐린/탄수화물비 = 한끼 섭취한 탄수화물의 총량(g) ÷ 식전 초단기작용인슐린용량
- 식전 초단기작용인슐린 필요량 = 탄수화물의 총 섭취량(g) ÷ 인슐린/탄수화물비

4. 인슐린감수성지수 계산 및 활용

인슐린 1단위 투여 시 혈당을 얼마나 낮출 수 있는지를 나타낸 값을 인슐린감수성지수라고 한다. 목표 혈당을 벗어날 경우 식사 인슐린 이외 단기작용인슐린이나 초단기작용인슐린을 추가 주사할 수 있으며, 일반적으로 1500법칙 또는 1800법칙을 이용하여 예측할 수 있다. 이 법칙은 인슐린저항성이 있는 2형당뇨병보다는 1형당뇨병에 적용할 수 있으며, 인슐린감수성에 따라 차이가 있으므로 혈당을 높일 수 있는 여러 요인을 고려하여 개별적으로 적용해야 한다. 초단기작용인슐린 1단위에 의해 감소하는 혈당은 $1800 \div$ 하루 총 인슐린

용량, 단기작용인슐린 1단위에 의해 감소하는 혈당은 $1500 \div$ 하루 총 인슐린용량으로 계산할 수 있다[7]. 예를 들어, 하루에 총 45단위의 인슐린을 주사하는 경우 1800법칙 적용 시 인슐린감수성지수는 $1800 \div 45 = 40$ mg/dL로 계산되며, 초단기작용인슐린 1단위가 혈당 40 mg/dL를 낮출 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 식사 전 혈당이 목표 범위보다 높을 경우 인슐린감수성지수를 이용하여 목표 수치로 낮출 수 있다. 예를 들어, 식사 전 목표 혈당이 120 mg/dL나 혈당이 200 mg/dL로 측정되었다면 교정 인슐린은 $(200 - 120) \div 40 = 2$ 단위가 계산되며, 식사 인슐린용량에 2단위를 추가하여 총 인슐린 투여량을 계산할 수 있다. 지금까지 설명한 내용을 바탕으로 Supplementary Fig. 1을 참고해볼 수 있다.

- 교정 인슐린 = (측정 혈당 - 목표 혈당) ÷ 인슐린감수성지수
- 총 인슐린 투여량 = 식사 인슐린용량 + 교정 인슐린

대부분의 경우 초단기작용인슐린용량은 탄수화물 섭취량에 비례하여 조정하나 탄수화물과는 다르게 단백질과 지방은 섭취 후 2~3시간 이후부터 혈당이 상승할 수 있으므로 추가 인슐린이 필요할 수 있으며, 식사의 조성, 위장 배출 속도, 활동량 등에도 영향을 받기 때문에 이에 대한 고려가 필요하다[6].

결론

탄수화물계산을 활용한 임상영양요법은 한 가지 영양소에 초점을 맞추기 때문에 이해하기 쉽고, 식품과 혈당과의 관계를 설명할 수 있으며, 비교적 식품을 쉽게 선택할 수 있다[4]. 다만, 엄격한 혈당조절로 인해 저혈당 발생, 단백질과 지방 과다섭취로 인한 총 열량섭취 증가 등의 문제점이 발생할 수 있으므로 개별화된 영양요구량을 산정하여 식품교환표를 통해 식품군과 교환단위수를 배분하여 균형 잡힌 식사에 대한 교육도 함께 이루어져야 할 것이다[8]. 최근 연속혈당측정(continuous glucose monitoring, CGM) 기기의 사용이 확대되면서 식사종류에 따른 혈당 변화를 효과적으로 파악할 수

있게 되었다. 개인별 맞춤형 혈당조절이 가능해짐에 따라 탄수화물계산법, 인슐린/탄수화물비, 인슐린감수성지수 등을 잘 이해하고 적용한다면 당뇨병 환자의 혈당을 보다 편리하게 관리할 수 있을 것이다. 더불어, 탄수화물 이외에 혈당에 영향을 줄 수 있는 지방과 단백질을 함께 계산하는 교육방법 (supplementary fat plus protein counting) [9]과 식품 섭취 후 혈중 인슐린 농도 변화를 수치화한 지수(food insulin index) [10] 등도 제시되고 있으며, CGM 기기와 같은 최신 장비가 발달함에 따라 영양교육 콘텐츠 개발을 위한 꾸준한 노력이 지속되어야 할 것이다.

REFERENCES

1. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 5. Facilitating behavior change and well-being to improve health outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care* 2022;45(Suppl 1):S60-82.
2. Klingensmith GK. Intensive diabetes management. 3rd ed. Alexandria: American Diabetes Association; 2003. p35-40.
3. Warshaw HS, Bolderman KM. Practical carbohydrate counting: a how-to-teach guide for health professionals. Alexandria: American Diabetes Association; 2001. p26-8.
4. Korean Diabetes Association. Core knowledge for diabetes educators. Seoul: Gold Planning and Development; 2018. p50-60.
5. Bell KJ, Barclay AW, Petocz P, Colagiuri S, Brand-Miller JC. Efficacy of carbohydrate counting in type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2014;2:133-40.
6. Nakamura T, Hirota Y, Hashimoto N, Matsuda T, Takabe M, Sakaguchi K, et al. Diurnal variation of carbohydrate insulin ratio in adult type 1 diabetic patients treated with continuous subcutaneous insulin infusion. *J Diabetes Investig* 2014;5:48-50.
7. Hanas R, Adolfsson P. Bolus calculator settings in well-controlled prepubertal children using insulin pumps are characterized by low insulin to carbohydrate ratios and short duration of insulin action time. *J Diabetes Sci Technol* 2017;11:247-52.
8. Korean Diabetes Association. Clinical practice guidelines for diabetes. 7th ed. Seoul: Korean Diabetes Association; 2021. p56-72.
9. Kordonouri O, Hartmann R, Remus K, Bläsing S, Sadeghian E, Danne T. Benefit of supplementary fat plus protein counting as compared with conventional carbohydrate counting for insulin bolus calculation in children with pump therapy. *Pediatr Diabetes* 2012;13:540-4.
10. Bao J, de Jong V, Atkinson F, Petocz P, Brand-Miller JC. Food insulin index: physiologic basis for predicting insulin demand evoked by composite meals. *Am J Clin Nutr* 2009;90:986-92.

Supplement

4월 28일 목요일		나의 목표혈당		
		· 공복혈당: 80-120 mg/dL · 식후혈당: 100-180 mg/dL		
인슐린/탄수화물비 : 10				
인슐린감수성지수 : 40mg / dL				
	아침식사		점심식사	
	식전	식후	식전 식후	
혈당	98	150	200 180	
식사내용/ 탄수화물섭취량	잡곡밥 1공기	곡류군 3교환	잡곡밥 1공기 곡류군 3교환	
	가지미국이	: 69g	콩나물국 : 69g	
	오이생채		제육볶음	
	배추김치		양배추쌈	
	사과 1/3개	과일군 1교환	배추김치	
	우유 200ml	유류군 1교환	바나나 1개	과일군 2교환
		: 10g		: 24g
		∴ 총 탄수화물섭취량		∴ 총 탄수화물섭취량
		: 69g + 12g + 10g = 91g		: 69g + 24g = 93g
	식사인슐린	교정인슐린	식사인슐린	교정인슐린
인슐린 투여량	91 ÷ 10	—	93 ÷ 10	점심 식전혈당 200
	≒ 9단위		≒ 9단위	(200-120) ÷ 40 = 2단위
아침 총 인슐린 투여량 9단위		점심 총 인슐린 투여량 11단위		

Supplementary Fig. 1. Example of carbohydrate counting using a food diary.