

제1형 당뇨병 환자에서 영양관리와 탄수화물 계산법

김지영

서울대학교병원 소아청소년과

Nutritional Management and Carbohydrate Counting for Patients with Type 1 Diabetes Mellitus

Ji Young Kim

Registered Dietitian, Division of Pediatric Endocrinology and Metabolism, Seoul National University Children's Hospital, Seoul, Korea

Abstract

Carbohydrate counting is a prudent meal planning approach for patients with type 1 diabetes mellitus (T1DM), especially those undergoing multiple daily injections or continuous subcutaneous insulin injections. Carbohydrate counting can make food planning flexible and enjoyable, but limitations exist. This article focuses on how to educate T1DM patients in Korea on carbohydrate counting and how to overcome the limitations of carbohydrate counting.

Keywords: Carbohydrate counting, Nutritional management, Type 1 diabetes mellitus

서론

맛있는 음식을 먹는 것은 즐겁고 행복한 일이다. '밥 한번 먹자'라는 표현으로 만남을 약속하기도 하고, 같은 직장 동료나 가족을 일컬을 때 '한술밥을 먹는 사람들' 혹은 먹을 식에 입 구자를 쓰는 '식구(食口)'라는 표현을 쓰며 먹는 것에 의미를 부여하기도 한다. 이렇게 즐겁고 의미있는 '먹는

행위'에 대해 당뇨병 환자들은 어떻게 생각하고 있을까? 먹으면 혈당은 올라가게 되고, 올라간 혈당을 정상 범위로 조절하기 위해 고민해야 하고, 높아진 혈당으로 인해 다른 가족이나 의료진에게 걱정스런 조언을 계속 듣는다면 당뇨병 환자에게 먹는 것이란 결코 즐겁고 행복한 일만은 아닐 것이다.

당뇨병 환자들이 먹는 것을 어렵게 느끼지 않고 쉽게 조

Corresponding author: Ji Young Kim

Registered Dietitian, Division of Pediatric Endocrinology and Metabolism, Seoul National University Children's Hospital, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea, E-mail: uwa830@daum.net

Received: May. 1, 2015; Accepted: May. 6, 2015

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.

Copyright © 2015 Korean Diabetes Association

절하도록 그 동안 여러 가지 영양관리방법이 고안되었다. 일반적인 식사지침(general guidelines), 식단의 예(menu planning), 식품교환표(exchange/choice system), 탄수화물 계산법(carbohydrate counting) 등의 교육방법이 당뇨병의 영양관리에 적용되었다[1].

그럼, 제1형 당뇨병 환자들에게 적합한 영양관리 방법은 무엇일까? 제1형 당뇨병으로 진단을 받으면 인슐린 치료는 반드시, 절대적으로 필요하다. 인슐린 치료를 어떻게 하느냐에 따라 영양관리 방법을 다양하게 적용하고 있다. 중간형과 속효성 인슐린을 사용하는 고식적 인슐린 치료법(conventional insulin therapy)에서는 식품교환표를 이용하여 식사 섭취량을 계획하고 인슐린 작용시간에 따른 식사, 간식을 배분함으로써 혈당조절을 용이하게 할 수 있다.

인슐린 펌프(continuous subcutaneous insulin injections) 혹은 인슐린 다회 주사법(multiple daily injections)의 인슐린 집중치료를 하는 경우에는 대부분 초속효성 인슐린(rapid-acting insulin)을 사용하고, 초속효성 인슐린의 작용시간을 고려한 식사계획을 필요로 하기 때문에 식품교환표를 이용한 식사계획만으로는 식사 직후 혈당변화를 통제하기 힘들다는 제한점이 발생하게 된다. 이에 현재 인슐린 집중치료를 하는 환자는 혈당조절을 좀 더 용이하게 할 수 있는 영양관리 방법으로 알려진 탄수화물 계산법을 적용하고 있다[2,3].

제1형 당뇨병 환자를 대상으로 한 대규모의 연구인 Diabetes Control and Complications Trial (DCCT) 연구에서 인슐린 집중치료(intensive insulin therapy)를 시행한 환자들의 혈당 및 당화혈색소 조절이 정상에 가깝게 조절되는 것이 밝혀진 이후, 많은 제1형 당뇨병 환자들이 고식적 인슐린 치료법에서 인슐린 펌프 혹은 인슐린 다회 주사법의 인슐린 집중치료로 치료방법을 변경하고 있다[1,4]. 이에 본고에서는 인슐린 집중치료를 받는 제1형 당뇨병 환자의 혈당관리에 적합한 영양관리 방법인 탄수화물 계산방법에 대해 살펴보고자 한다.

본론

Q. 탄수화물 계산법이란?

탄수화물 계산법은 1935년부터 유럽에서 사용되었던 영양교육 방법으로, 제1형 당뇨병 환자를 대상으로 한 대규모 연구인 DCCT에 적용되면서 알려지기 시작하였다[5]. 식후 혈당에 가장 많은 영향을 주는 탄수화물에 초점을 맞춘 영양관리 방법으로 평소 식사패턴을 따르면서 조정하므로 비교적 실천하기 쉽고 배우기 쉬운 방법으로 알려져 있다[1,3].

Q. 인슐린 집중치료를 하는 제1형 당뇨병 환자는 왜 탄수화물 계산을 해야 하는가?

우리가 섭취하는 영양소 중 칼로리를 공급하는 탄수화물, 단백질, 지방을 3대 영양소라고 하며, 3대 영양소는 체내에서 포도당으로 전환되어 혈당에 영향을 주게 된다. 그러나 혈당을 올리는 속도에는 차이가 있어서 탄수화물은 섭취 후 15분~2시간 내에 거의 대부분이 포도당으로 전환되어 혈당에 영향을 주는 반면, 단백질과 지방은 식사직후 보다는 섭취 후 몇 시간이 지난 후 혈당에 영향을 주게 된다[3].

인슐린 집중치료를 받는 제1형 당뇨병 환자의 경우 식사 인슐린으로 대부분 초속효성 인슐린을 사용하게 되고 초속효성 인슐린 작용 지속시간이 2~3시간임을 고려할 때, 초속효성 인슐린 주사량은 탄수화물 섭취량에 따라 결정이 되어야 한다.

예를 들어 평소 밥 1/2공기와 고기 100 g을 먹으면서 초속효성 인슐린 3단위를 주사하면 식후 혈당이 잘 조절되었던 환자라면, 밥 1공기와 고기 100 g을 먹을 때는 탄수화물 섭취량이 2배가 되므로 초속효성 인슐린은 6단위를 주사하여야 식후 혈당이 조절될 것이다. 반면 같은 환자가 밥 1/2공기와 고기 300 g을 섭취한다면 초속효성 인슐린 주사는 어떻게 해야 할까?

고기는 단백질 식품이므로 초속효성 인슐린 작용시간이

지난 후에 혈당을 상승시킨다. 따라서 고기 섭취량이 3배가 되었다고 초속효성 인슐린을 3배로 주사하면 초속효성 인슐린이 최고로 작용하는 주사 후 30분~1시간 30분에는 혈당이 아직 올라가지 않은 상태라 저혈당이 발생할 것이고, 단백질 성분이 대부분인 고기가 혈당을 올리기 시작할 때는 초속효성 인슐린 작용이 끝난 후라 고혈당이 발생할 것이다. 따라서 단백질 섭취량이 3배로 증가하였다고 하더라도 탄수화물 섭취량에 변화가 없으면 식전 초속효성 인슐린은 평소와 똑같이 주사하면 식후 혈당을 조절할 수 있다.

이와 같이 인슐린 집중치료 시에는 작용 지속시간이 2~3 시간인 초속효성 인슐린을 식사 인슐린으로 주사하기 때문에 천천히 혈당을 상승시키는 단백질이나 지방 섭취량이 아닌, 탄수화물 섭취량에 따라 초속효성 인슐린 주사량을 결정하는 것이 적합한 영양관리 방법이다.

Q. 탄수화물 계산은 어떻게 하는가?

탄수화물 섭취량을 계산하기 위해서는 탄수화물을 함유하고 있는 식품을 먼저 알아야 한다. 탄수화물을 함유하고 있는 식품은 대부분 사탕, 쥘 등의 단순 당질과 밥, 빵, 떡, 감자 등 복합 탄수화물 식품이며 과일, 우유 및 유제품에도 포함되어 있다.

식품교환표를 활용하여 식사의 탄수화물을 계산할 때는 탄수화물이 많이 함유된 곡류군(1교환량 당 탄수화물 23 g 함유)과 과일군(1교환량 당 탄수화물 12 g 함유), 우유군(1교환량 당 탄수화물 10 g 함유)에 속하는 식품의 탄수화물 함량을 계산하고 어육류군, 지방군, 채소군은 탄수화물 계산에서 제외한다[2].

식품 영양성분 표시를 이용하여 탄수화물을 계산할 때 주의할 사항은 영양성분 표시 기준량이 100 g 혹은 100 mL로 되어있으나, 포장단위는 200 g 혹은 180 mL로 영양표시 기준량과 다른 경우가 많아 주의가 필요하다.

1994년 미국 당뇨병학회(American Diabetes Association, ADA) 권장 영양지침(nutrition recommendation)에 의하면 혈당 조절을 위해서는 탄수화

물의 종류(type of carbohydrate)보다 총 섭취량(amount of carbohydrate)이 더 중요하다고 밝히고 있다. 물론 단순 당질보다 복합 탄수화물을 섭취하는 것이 섬유소 섭취를 증가시키고 혈당의 급격한 상승을 방지하는 데 도움이 되나, 탄수화물 계산 시에는 단순 당질이나 복합 탄수화물 등 탄수화물 종류를 따지기보다 단순 당질과 복합 탄수화물을 합한 총 탄수화물 섭취량을 계산해야 함을 강조한 것이다.

Q. 탄수화물 계산법을 이용한 식사인슐린 용량 결정은 어떻게 하는가?

탄수화물 섭취량에 따른 식전 초속효성 인슐린 양을 정하기 위해서는 인슐린 탄수화물비(insulin carbohydrate ratio, insulin coverage carbohydrates)를 알아야 한다 [3,4]. 인슐린 탄수화물비란 초속효성 인슐린 1단위 주사했을 때 섭취할 수 있는 탄수화물의 양(g)이다.

예를 들어 초속효성 인슐린 1단위 주사했을 때 10 g을 섭취하는, 인슐린 탄수화물비가 10인 환자가 탄수화물 100 g 이 함유된 자장면을 섭취한다고 했을 때, 초속효성 인슐린은 몇 단위를 주사해야 할까? 초속효성 인슐린 1단위당 10 g의 탄수화물을 섭취할 수 있으므로 100 g의 탄수화물을 섭취할 때는 초속효성 인슐린 10단위를 주사하고 섭취하면 된다.

그럼, 인슐린 탄수화물비는 어떻게 결정하는가?

ADA에서는 체중에 2.8을 곱한 후 하루 총 인슐린 용량(total daily dose of insulin in units, TDD)으로 나뉘주는 공식[$2.8 \times \text{body weight (kg)} / \text{TDD (units)}$]을 인슐린 탄수화물비 결정하는 공식으로 제시하고 있고, 미국 임상내분비학회(American Association of Clinical Endocrinologists)에서는 500을 하루 총 인슐린 용량(TDD)으로 나뉘주는 공식[$500 / \text{TDD (units)}$]을 제시하고 있다[6]. 이러한 공식은 미국 사람들을 대상으로 고안된 공식으로 우리나라 당뇨병 환자들에게 적용했을 때 맞지 않는 경우가 대부분이다. 이는 미국과 비교하여 우리나라 식단에서는 지방과 단백질 섭취량이 적고 탄수화물 섭취량이

많은 편으로 기저인슐린과 식사인슐린의 비율부터 다르게 적용하고 있기 때문에 상기 공식을 이용한 인슐린 탄수화물비 결정은 우리나라 실정에 맞지 않는다. 그럼, 우리나라 실정에 맞는 인슐린 탄수화물비 공식을 제시하기 어려운 상황에서 인슐린 탄수화물비는 어떻게 결정할까?

인슐린 탄수화물비를 결정하는 여러 가지 방법 중 임상에서 실질적으로 많이 사용되고 있는 방법은 식사 및 혈당 기록지를 이용하여 평가하는 방법이다. 식사, 인슐린, 활동량을 기록한 일지를 통해 가장 적절한 인슐린 탄수화물비를 파악하는 방법으로, 매끼 탄수화물 섭취량을 일정하게 유지하고 식전 혈당과 식후 2시간 혈당이 정상범위에 들어올 때까지 인슐린 주사용량을 조절한다. 3일 이상 식전 혈당과 식후 2시간 혈당이 정상 범위에 들어와서 혈당이 안정되었다면 매끼 식사의 탄수화물 총 섭취량을 식전에 주사한 초속효성 인슐린 양으로 나누어 주면 초속효성 인슐린 1단위가 조절할 수 있는 탄수화물의 중량(g)인 인슐린 탄수화물비를 결정할 수 있다. 대부분 환자는 아침, 점심, 저녁의 인슐린 탄수화물비가 다르므로 각 끼니마다의 인슐린 탄수화물비를 따로 평가해야 한다.

[사례] 인슐린 집중치료 중인 제1형 당뇨병 환자의 인슐린 탄수화물비 결정 및 적용의 예

1) 인슐린 탄수화물비 결정

제1형 당뇨병 환자가 2일 식사일기를 Fig. 1과 같이 작성하였다고 할 경우 점심 식사의 인슐린 탄수화물비를 평가하여 보자.

첫째날, 둘째날 점심 식전 혈당은 모두 정상 범위이다. 첫째날 점심 식사에서 56 g의 탄수화물을 섭취하면서 식전에 초속효성 인슐린 10단위를 주사하여 식후 2시간 혈당이 정상 범위내로 조절되었다. 따라서 첫째날 점심 식사의 초속효성 인슐린 1단위가 조절할 수 있는 탄수화물의 양(g)인 인슐린 탄수화물비는 $56 \text{ (g)} \div 10 \text{ (단위)} = 6$ 으로 평가된다. 같은 방법으로 둘째날 점심 인슐린 탄수화물비를 평가하면, $58 \text{ (g)} \div 10 \text{ (단위)} = 6$ 으로 평가된다. 연속된 2일 식사일기를 통해 이 환자의 점심 인슐린 탄수화물비는 6임을 알 수 있다. 예제는 2일의 식사일기를 평가하였으나, 실제로 환자의 인슐린 탄수화물비를 정확하게 평가하기 위해서는 혈당이 안정된 후 7일 이상의 식사일기를 평가하는 것이 필요하다.

끼니 (시간)	식전 혈당 (mg/dL)	식전 인슐린양 (단위)	식 사 내 용	탄수화물 섭취량 (g)	식후 혈당 (mg/dL)	인슐린 탄수화물비	비 고
첫째 날 점심 (12시)	90	10	식빵 2조각 달걀후라이 1개 양배추샐러드 1접시 우유 200ml	46 - - 10	130	$56 \div 10$ ≈ 6	
			total	56			
둘째 날 점심 (1시)	95	10	잡곡밥 ½공기 불고기 ½인분 상추 5장 배추김치 1종지 참외 ½개	46 - - - 12	140	$58 \div 10$ ≈ 6	
			total	58			

Fig. 1. Sample worksheet for intensive diabetes management.

2) 인슐린 탄수화물비 적용

Fig. 1의 환자가 점심으로 밥 1공기와 미역국, 조기구이, 상추겉절이, 콩나물, 배추김치를 먹은 후 후식으로 바나나 1개를 섭취하려고 한다면 식사 인슐린은 몇 단위를 주사해야 할까?

① 섭취할 음식의 탄수화물 양을 계산한다.

밥 1공기: 탄수화물 $23 \text{ g} \times 3 \text{ (교환단위)} = 69 \text{ g}$

조기구이: 탄수화물 0 g

상추겉절이: 탄수화물 0 g

콩나물: 탄수화물 0 g

배추김치: 탄수화물 0 g

바나나 1개: 탄수화물 $12 \text{ g} \times 2 \text{ (교환단위)} = 24 \text{ g}$

총 탄수화물 섭취량: $69 \text{ g} + 24 \text{ g} = 93 \text{ g}$

② 미리 정한 인슐린 탄수화물 비를 활용하여 식사 인슐린 인 초속효성 인슐린 주사 용량을 결정한다.

인슐린 탄수화물비가 6이라는 것은 초속효성 인슐린 1단위 주사했을 때 탄수화물 6g을 섭취할 수 있다는 것이므로 93 g 을 먹을 때는 $93 \text{ g} \div 6 \approx 16 \text{ (단위)}$ 의 초속효성 인슐린을 주사하고 섭취하면 된다.

Q. 탄수화물 계산법을 이용한 영양관리의 제한점은 무엇이며 제한점 극복을 위해 어떻게 할 것인가?

탄수화물 계산과 인슐린 탄수화물비를 이용하여 영양관리를 하는 경우 식후 혈당을 과학적으로 조절하고 예측이 가능하다는 장점이 있는 반면 다음과 같은 제한점이 발생할 수 있다[1].

- 엄격한 혈당 조절로 인한 잦은 저혈당 발생
- 저혈당 처치 간식 및 자유로운 간식 섭취, 과잉의 단백질과 지방 섭취로 인한 에너지 섭취 증가로 급격한 체중 증가
- 지방과 단백질, 섬유소 섭취량을 고려하지 않는 식사관리로 인한 대사증후군 발생의 증가

- 탄수화물 계산만을 강조하다 보니 탄수화물 식품을 먹지 않거나 섭취량을 감소시켜 절대적인 탄수화물 섭취량 부족의 문제 발생
- 단백질, 지방 섭취 간과로 인해 단백질과 지방 섭취가 혈당에 영향을 줄 때 설명할 수 있는 영양관리 교육방법이 없음

위와 같은 탄수화물 계산법의 제한점으로 인해 제1형 당뇨병 발생률이 높은 서구 국가에서는 지방과 단백질을 함께 계산하는 교육방법(supplementary fat plus protein counting)[7], 혹은 식품 자체가 혈당에 영향을 주는 정도를 수치화하는 food insulin index 교육방법이 최근 제시되고 있다[8]. 아직 우리나라에서 이러한 교육을 할 수 있는 자료들이 충분치 않은 상황이고 환자에게 탄수화물 계산에 더해 이러한 내용을 추가로 교육한다는 것이 현실적으로 가능할지 의문이기도 하다.

그럼, 현재 우리나라 실정에서 탄수화물 계산법의 제한점을 극복하기 위해 어떤 노력이 가능할까? 잦은 저혈당 발생, 에너지 과잉 섭취, 대사증후군 발생 증가, 탄수화물 섭취 부족 등 영양소 섭취 불균형의 문제를 해결하기 위해서는 탄수화물 계산법과 더불어 식품교환표를 이용한 하루 권장량에 대한 교육이 함께 이루어져야 한다고 생각한다. 탄수화물 계산법을 교육받는 대부분의 당뇨병 환자들은 식품교환표를 함께 교육받고 있으므로 하루 섭취 권장량, 규칙적인 식사를 강조하고 이와함께 탄수화물 계산을 이용한 영양관리를 한다면 상기 탄수화물 계산법을 이용한 영양관리의 제한점을 극복하는 데 도움이 될 것이다.

결론

무엇을 먹고 얼마의 양을 먹어야 하는가 하는 고민은 당뇨병 환자들에게 결코 즐겁기만 한 고민은 아닐 것이다. 당뇨병 환자들이 좀 더 자유롭게 섭취하며 혈당관리를 할 수 있는 탄수화물 계산법이 고안되었고, 인슐린 집중치료를 받는 제1형 당뇨병 환자의 영양관리 방법으로 현재까지는 가장 적합한 방법으로 제시되고 있다. 당뇨병 환자들이 좀 더

쉽고 즐겁게 탄수화물 계산법을 실천할 수 있도록 다양한 도구를 개발하고, 식품의 탄수화물 함유량 정보를 쉽고 정확하게 얻을 수 있도록 자료를 마련하며, 지속적으로 탄수화물을 계산하고 인슐린 탄수화물비를 적용할 수 있도록 격려하는 노력이 필요할 것이다.

또한 잦은 저혈당 발생, 에너지 과잉 섭취, 대사증후군 발생 증가 등 탄수화물 계산법을 이용한 영양관리의 제한점을 극복하기 위해서 탄수화물 계산법과 함께 식품교환표를 이용한 하루 섭취 권장량에 대한 영양관리가 함께 이루어진다면 엄격한 혈당관리 및 적절한 영양공급의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Georgeanna JK. Intensive Diabetes Management. 3rd ed. Alexandria: American Diabetes Association; 2003.
2. Yang SW, Shin CH, Lee SY, Chung HR, Yoo JH, An SY, Lim JS, Choi YJ, Hong SY, Koo MJ, Park MS, Kim JY, Kang YH, Park HY. Management of Childhood onset Diabetes Mellitus: guidelines for patients and families with type 1 diabetes mellitus. Seoul: Seoul National University Press; 2011.
3. Warshaw HS, Bolderman KM. Practical Carbohydrate Counting. Alexandria: American Diabetes Association; 2001.
4. Francine RK. Medical management of type 1 diabetes. 5th ed. Alexandria: American Diabetes Association; 2008.
5. Dias VM, Pandini JA, Nunes RR, Sperandei SL, Portella ES, Cobas RA, Gomes MB. Effect of the carbohydrate counting method on glycemic control in patients with type 1 diabetes. *Diabetol Metab Syndr* 2010;2:54.
6. Bevier WC, Zisser H, Palerm CC, Finan DA, Seborg DE, Doyle FJ, Wollitzer AO, Jovanovic L. Calculating the insulin to carbohydrate ratio using the hyperinsulinaemic-euglycaemic clamp-a novel use for a proven technique. *Diabetes Metab Res Rev* 2007;23:472-8.
7. 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.
8. 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.