

당지수(Glycemic Index)와 만성질환

*인제대학교 의과대학 서울백병원 가정의학교실, **인제대학교 임상영양연구소

송혜령* · 조영규* · 김경아** · 김옥현** · 강재현*[†]

인체 내에서 혈당 반응은 식품에 따라 다르게 나타나 일반적으로 같은 양의 식품을 섭취하더라도 서로 다른 속도로 소화 흡수된다. 다양한 탄수화물의 흡수 속도를 반영하기 위해서 당지수(GI: Glycemic Index)가 고안되었다. 당지수 및 당부하지수(GL: Glycemic load)가 건강에 미치는 영향, 특별히 만성질환과의 관련성에 대한 연구들이 다양하게 진행되었다. 아직 논란의 여지는 남아 있으나, 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것은 비만은 물론 당뇨병이나 심혈관 질환, 각종 암의 치료와 예방에 도움이 될 것으로 생각된다. 특히, 심혈관질환의 위험이 높은 사람과 유방암 및 대장암의 위험이 있는 사람에서 당지수 및 당부하지수를 고려하여 탄수화물 식품을 선택하는 것은 탄수화물 식품을 주식으로 하는 한국인에게 있어서 유용할 수 있다. 그러나 음식 선택 시, 당지수 및 당부하지수 만이 단독으로 고려될 수는 없으며, 음식의 열량, 다른 대영양소의 양, 식이 섬유소 등의 다른 중요한 음식의 특성들이 함께 고려되어야 한다. 또한, 저당지수 및 당부하지수 식이가 만성질환에 미칠 수 있는 이득에 관한 보다 정확한 평가를 위해서는 향후 장기적인 종재적 연구가 필요할 것이다.

중심 단어: 당지수, 당부하지수, 만성질환, 비만, 당뇨병, 심혈관질환, 암

서 론

탄수화물은 주로 곡류, 과일, 채소류와 콩류처럼 식물성 식품이 급원이며, 유제품에도 유당 형태의 탄수화물이 들어 있다. 탄수화물의 구성성분인 포도당은 단당류로 세포의 가장 일반적인 연료급원이며, 특히 두뇌, 적혈구, 근육의 에너지원으로 사용되고, 남은 과량의 포도당은 지방으로 축적되고 혈당수치를 높인다.¹⁾ 고혈당은 인슐린 분비와 근육과 지방세포의 포도당 이용을 자극하고 저혈당은 글루카곤, 에피네프린, 코티졸, 성장호르몬 등 인슐린과 역작용을 하는 호르몬 분비를 촉진한다.²⁾

인체 내에서 혈당 반응은 식품에 따라 다르게 나타나 일반적으로 같은 양의 식품을 섭취하더라도 서로 다른 속도로 소화 흡수된다. 포도당의 소화 흡수가 느린 식품은 혈당반응이 느린데 비해 소화 흡수가 빠른 식품은 혈당이 급격히 증가하였다가 감소할 뿐만 아니라 인슐린 및 다른 내분비물질의 반응도 상승시킨다.³⁾ 이렇게 다양한 탄수화물의 흡수 속도를 반영하기 위해서 당지수(GI: Glycemic Index) 개념이 고안되었다.

당지수는 1981년 캐나다의 토론토대학 Jenkins 등⁴⁾이 제안한 것으로 식후 당질의 흡수속도를 반영하여 탄수화물의 질을 나타내는 수치이다. 기준이 되는 식품과 비교하려는 특정 식품의 식후 혈당의 반응 정도를 나타낸 것으로 각 식품의 탄수화물 50 g을 섭취한 후 2시간 동안의 혈당 변화를 표준 식품이나 포도당 50 g을 섭취한 경우를 100으로 하여 비교한 상대 수치이다.

저(low)당지수=55 이하/중(moderate)당지수=56~69/고(high)당지수=70 이상

대표적인 저당지수 식품에는 밀, 귀리, 보리, 콩 등의 곡류와 야채류, 과일류가 있고, 흰쌀, 구운 감자, 콘플레이크 등은 고당지수 식품들이다(표 1).

당부하지수(GL: Glycemic load)는 탄수화물의 흡수 속도뿐만이 아니라 탄수화물의 양을 고려하여 혈당을 예측하는 값이다. 당부하지수는 식품의 당지수와 1회 분량 당 들어있는 탄수화물의 양을 곱하여 100으로 나눈 것이다.

당부하지수(GL: Glycemic Load)
=당지수(GI)×1회 분량 당 탄수화물 양(g)/100
저(low)당부하지수
=10 이하/중(moderate)당부하지수
=11~19/고(high)당부하지수=20 이상

[†] 교신저자: 강재현

Tel: 02-2270-0907, Fax: 02-2267-2030

E-mail: fmleader@nuri.net

당지수에 영향을 주는 요인들로는 먹는 식품의 형태, 식품입자의 크기, 가공과정 그리고 전분의 특징, 섬유소 함량, 단백질이나 지질의 동시 섭취가 알려져 있다. 특히, 전분의 물리적인 형태는 당지수를 결정하는데 가장 중요하게 작용하는 것으로 알려져 있는데, 젤라틴화되어 팽창된 전분은 빠르게 소화되어 혈당을 급속히 올려 당지수를 상승시킨다. 또한 아밀로오스 (amylose)와 아밀로펙틴(amylopectin)의 비율에 따라 영향을 받을 수 있는데 아밀로펙틴은 가지(branching point)를 친 형태로 더 쉽게 젤라틴화되며 소화도 빠르게 진행되므로 아밀로오스/아밀로펙틴의 비율이 높을수록 천천히 소화되고 당지수가 낮아지게 된다. 점성이 있는 수용성 섬유소는 전분과 효소의 상호작용을 둔화시켜 당의 흡수속도와 소장으로 당이 확산되는 속도를 늦추어 당지수를 저하시킨다고 알려져 있다.⁹⁾ 물리적인 구조 및 형태도 당지수

와 관련이 있는데, 도정되지 않은 곡류의 외층인 배아층(germ layer)은 소화효소에 대한 물리적인 방어 역할을 하게 되므로 도정이 많이 된 곡류는 소화 및 흡수속도가 빨라 당지수가 상승한다.⁶⁾

당지수가 높은 식품을 섭취하면 식품 섭취 후 2시간 이내에 혈당 곡선에 높은 정점이 나타나고, 2시간 동안의 혈당 반응곡선에 의하여 만들어지는 면적이 넓다. 그러나 이러한 혈당의 상승을 조절하기 위한 역조절 호르몬(counter regulatory hormone)이 분비되어 식후 2시간 이후에는 오히려 공복혈당보다도 혈당이 더 떨어지게 된다. 당지수가 낮은 식품을 섭취하면 혈당의 정점치가 낮고, 2시간 동안의 혈당 반응곡선에 의한 면적도 적으며 상대적인 저혈당의 위험도 감소하게 된다(그림 1).

최근 미국 및 호주 등 여러 나라에서 탄수화물의 소비 증가와 식품 가공기술의 변화로 식이 중의 평균 당지수와 당부하지수가 증가하고 있으며 이것이 건강에 미치는 영향에 대한 연구가 지속되고 있다. 한국인의 식생활은 서구 여러 나라와 비교할 때 탄수화물 식품인 곡류를 주식으로 하므로 특히 올바른 선택이 필요할 것으로 생각되어, 본 종설을 통하여 당지수 및 당부하지수가 건강에 미치는 영향, 특별히 만성질환과의 관련성에 대하여 살펴보고자 한다.

표 1. 일부 식품의 당지수와 당부하지수.

저당지수 식품(저당부하지수)		고당지수 식품(고당부하지수)	
식품명	GI GL	식품명	GI GL
켈로그 올브랜	30 4	켈로그 코코팝	77 20
과일빵	44 6	켈로그 콘플레이크	77 20
호밀빵	58 8	베이글	72 25
고구마	44 11	구운감자	85 26
옥수수	54 13	튀긴감자	75 22
저지방아이스크림	50 3	환타	68 23
강남콩	28 7	팬피자	80 22
사과	38 6	프렌치프라이	75 22

본 론

1. 당지수와 만성질환

1) 당지수와 비만: 복부비만이 발생하는 이유 중 하나는 식후혈당의 증가가 혈중 인슐린 농도를 높이고, 뒤이

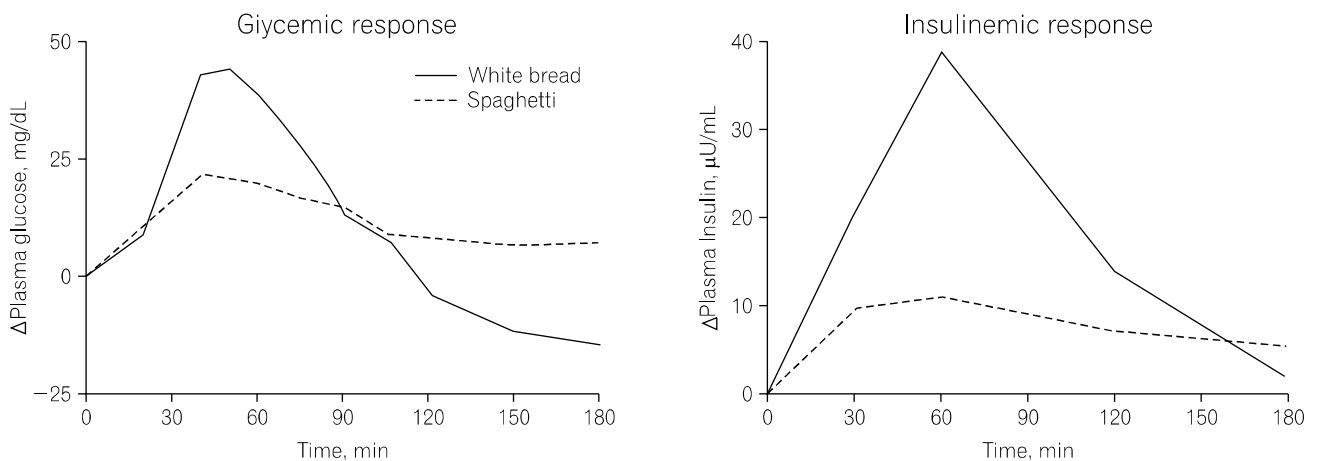


Figure 1. Glycemic and insulinemic responses after ingestion of carbohydrates (Reference: Granfeldt Y, Bjorck I, Hagander B. On the importance of processing conditions, product thickness and egg addition for the glycaemic and hormonal responses to pasta: a comparison with bread made from "pasta ingredients". Eur J Clin Nutr 1991;45:489-99).

어 공복감이 증가해 폭식 및 과식을 하게 되기 때문이다. 고당지수 식사와 저당지수 식사를 한 경우 식후 체내에

서 일어나는 대사적 변화가 다르게 나타난다. 고당지수 식사를 하면 식사 후 초기에는 탄수화물이 빠른 속도로

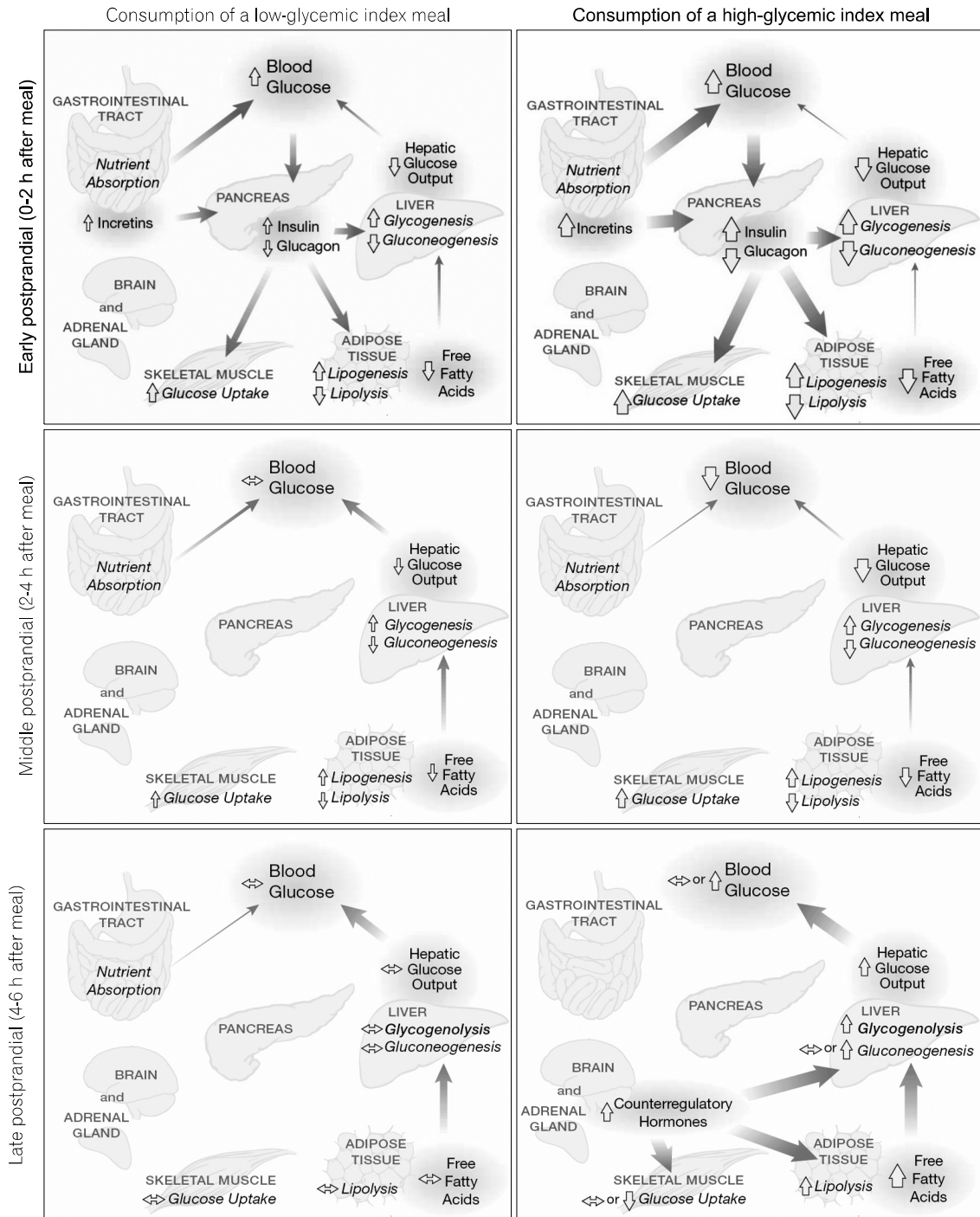


Figure 2. Sequence of physiological events after ingestion of a high-glycemic index meal compared with a low-glycemic index meal (Reference: David S. Ludwig, MD,PhD The Glycemic Index Physiological Mechanisms Relating to Obesity, Diabetes, and Cardiovascular Disease. JAMA 2002;287:2414-23).

흡수되어 혈당과 인슐린/글루카곤 비가 상대적으로 높고, 식사 후 중기에는 혈당이 오히려 공복 전 보다 낮고 지방산 농도가 낮아지며, 식사 후 후기에는 역조절 호르몬에 의해 정상혈당과 지방산 농도 상승이 나타나게 된다(그림 2).

체중감량의 가장 큰 난제 중 하나는 항상 배고픔을 느끼는 것인데, 당지수 및 당부하지수가 낮은 식품은 상대적으로 오랜 기간 배부른 감각을 유지시켜준다.^{7,8)} Ludwig⁹⁾의 보고에 의하면 당지수가 높은 식사를 한 경우 당지수가 낮은 식사를 한 경우보다 만족감이 낮고 공복감이 큰 것으로 나타났으며, Slabber 등¹⁰⁾에 의하면 에너지를 제한한 연구에서 12주간 저당지수 식사를 한 경우가 고당지수 식사를 한 경우보다 체중감량에 보다 효과적이라고 보고하였다(-7.4 kg vs 4.5 kg). 프랑스의 한 연구에서는 과체중의 남자들을 고, 저당지수 다이어트로 동일한 열량과 대영양소로 구성된 체중유지 식사요법에 무작위로 참여시켰다. 5주 후 체지방량을 측정해보았을 때, 저당지수 식사에 할당된 사람들은 복부의 지방 500 g이 빠졌으며 혈당 조절이 잘 되었을 뿐만 아니라 허리둘레와 복부지방에도 좋은 효과가 있었다.¹¹⁾ 총 6개의 비당뇨병 비만 환자를 대상으로 한 무작위배정 임상시험들을 메타분석한 결과, 저당지수식사를 한 경우가 고당지수식사를 한 경우보다 체지방량지수는 1.27 (95% 신뢰구간: -2.02, -0.52), 체지방량은 1.13 (95% 신뢰구간: -1.89, -0.38)배 더 감소한 것으로 나타났다.¹²⁾

당지수가 낮은 식품은 혈당을 천천히 증가시키고 유지시켜 포만감을 지속시킴으로써 불필요한 음식섭취를 하지 않게 하나, 당지수가 높은 식품은 혈당농도를 빠르게 급격히 증가시켰다가 다시 빠른 속도로 감소시켜 공복감을 느끼게 한다.^{13,14)} 따라서 체중감량을 위해 섭취하는 음식물의 양을 줄여 배고픔에 고통 받기보다는 당지수가 낮은 음식을 균형 있게 섭취하여 포만감을 오래 느끼면서 체중감량을 하면 관리에 도움이 될 수 있다.¹⁰⁾ 또한 인슐린은 혈당 농도를 조절하는 것뿐만 아니라 탄수화물과 지방 중 어떤 영양소를 태워 에너지로 만들지를 결정한다. 고당지수 식품을 섭취하면 인슐린의 농도가 높아져 지방을 태우기 보다는 탄수화물을 태우고, 저당지수 식품을 섭취하면 탄수화물 대신 지방을 태우게 되어 자연스럽게 복부지방을 줄일 수 있다.¹¹⁾ 따라서 체중을 조절하기 위해서는 특정 식품을 안 먹는 것보다는 어떤 식품을 먹어야 하는가에 초점을 맞추고, 규칙적인 식사와 함께 당지수를 고려한 식품 선택이 필요할 것으로 생각된다.^{13,14)} 특히, 체중관리를 위한 저당지수 식사계획 시에 유의할 것은 열량과 당부하지수를 함께 고려해야 한다는 점이다. 당지수를 중심으로 비교한다면 고구마

의 당지수는 44로 감자 85 보다 낮다. 그러나 찐 감자 100 g은 84 kcal 정도이고 고구마 100 g은 125 kcal로 감자가 열량이 낮다. 따라서 체중감량을 할 때 고구마가 감자보다 당지수가 낮다고 많이 섭취하는 것은 곤란하다. 그러므로 체중관리를 위한 식사계획 시에는 당지수 뿐만 아니라 열량과 당부하지수를 고려하여 섭취하는 것이 필요하다.

2) 당지수와 당뇨병: 당뇨병은 인슐린의 분비가 결핍되거나 인슐린의 생물학적 작용이 감소되어 발생하는 대사질환으로, 만성적인 고혈당을 주요 특징으로 한다. 탄수화물은 인슐린 분비와 식후 혈당에 영향을 미치는 가장 중요한 식이요소이다. 탄수화물의 양 뿐만 아니라, 탄수화물의 종류에 따라라도 식후 인슐린 분비와 식후 혈당이 달라질 수 있다.¹⁵⁾ 고당지수 탄수화물을 포함한 음식의 섭취는 식후 혈당, 혈중 유리 지방산, 역조절 호르몬을 증가시켜 인슐린 저항성을 유발할 수 있고¹⁶⁾, 이러한 인슐린 저항성은 식후 혈당과 인슐린 요구량을 증가시키며, 만성적인 인슐린 요구량의 증가는 결국 췌장 β 세포의 기능부전을 유발하게 되어 제2형 당뇨병을 일으킬 수 있다. 이에 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것이 당뇨병의 예방 및 치료에 도움이 되는 지에 대한 많은 연구들이 보고되고 있다.

(1) 당지수 및 당부하지수와 당뇨병의 일차예방: 내당능 장애를 가지고 있는 사람들에서 생활습관의 철저한 조절이 제 2형 당뇨병의 발생을 예방하는 데 효과적이라는 많은 연구 결과들이 있다.¹⁷⁾ 이는 당뇨병의 위험이 높은 사람들에게 있어서 건강한 식습관 및 운동습관을 갖는 것이 중요함을 말해준다.

저당지수 및 저당부하지수 식사가 제2형 당뇨병을 예방하는 데에 효과적인지에 대해서는 많은 논란이 있어왔다. Liese 등¹⁸⁾은 당지수 및 당부하지수는 인슐린 민감성과 관련성이 없었으며, 섬유소 섭취량만이 인슐린 민감성과 연관이 있었다고 보고하였다. 미국 당뇨병 학회(American Diabetes Association, ADA)에서는 당뇨병을 예방하기 위해 저당부하지수 식사를 권고할만한 충분한 근거가 없으나, 섬유소와 다른 중요한 영양소들이 풍부한 저당지수 음식들은 권장할 만하다고 하였다.¹⁹⁾ 최근에 Barclay 등²⁰⁾은 당지수 및 당부하지수와 제 2형 당뇨병을 포함한 만성질환의 발생과의 관계를 연구한 코호트 연구들을 메타 분석하여 보고하였다. 당지수와 당부하지수를 사분위수로 나눈 뒤, 가장 낮은 사분위수 그룹을 기준으로 가장 높은 사분위수 그룹의 만성질환의 발생에 대한 상대위험도를 구하였는데, 당지수가 가장 높은 사분위수 그룹과 당부하지수가 가장 높은 사분위수 그룹의 당뇨병 발생에 대한 비교위험도는 각각 1.40 (95%

신뢰구간: 1.23, 1.59)과 1.27 (95% 신뢰구간: 1.12, 1.45)이었다. 또한, 미국인 여성 85,509명으로 이루어진 Nurses' Health Study에서 최근 발표한 연구에서 당부하지수가 가장 높은 음식을 섭취한 10분위 그룹은 가장 낮은 그룹에 비해 당뇨병 발생률의 비교위험도가 2.47 (95% 신뢰구간: 1.75, 3.47)배 높았고, 이는 당부하지수가 높을수록 증가하는 양상을 보였다.²¹⁾ 이러한 최근의 연구 결과들을 볼 때, 당지수 및 당부하지수가 높은 식사를 지속할 경우 당뇨병 발생의 위험이 증가할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 당뇨병의 위험이 있는 사람에서 저당지수 및 저당부하지수 식사로 당뇨병 발생의 위험을 감소시킨다는 결론을 내기 위해서는 전향적인 중재연구가 필요하다.

(2) **당지수 및 당부하지수와 당뇨병의 치료(이차 예방)**: 당뇨병을 가진 사람들은 인슐린의 분비나 작용에 장애가 있으므로, 식후 혈당이 식이 탄수화물에 대해 더욱 민감하게 반응한다. 그러므로 저당지수 음식의 이로 인한 효과는 당뇨병이 없는 사람에 비해 당뇨병이 이미 발병한 사람에서 더욱 크다.²²⁾

지금까지 당뇨병 환자에서 저당지수 식사의 혈당 조절 효과를 연구한 많은 무작위임상연구들이 있었다. 여러 연구들이 저당지수 식사의 혈당 개선 효과를 보여주었으나, 혈당 개선 효과가 관찰되지 않은 연구들도 있었다. 당뇨병 치료에서 저당지수 식사의 효과를 명확히 하기 위해서 Brand-Miller 등²³⁾은 당뇨병 환자들을 대상으로 저당지수 식사의 혈당개선 효과를 연구한 임상연구들을 메타 분석하였다. 저당지수 식사는 고당지수 식사에 비해 당화혈색소를 0.43% (95% 신뢰구간: 0.13, 0.72) 개선하였다. 이런 연구 결과에 근거해서 미국 당뇨병학회²⁰⁾에서는 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것이 탄수화물 총량만을 고려하는 것에 비해 중등도의 추가적인 혈당 조절 효과가 있다고 하였다.

아직 논란의 여지는 남아 있으나, 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것이 당뇨병 환자와 당뇨병의 위험이 증가되어 있는 사람에서 적절한 혈당관리 및 당뇨병의 예방을 위해 유익할 것으로 생각된다.

3) **당지수와 심혈관질환**: 고당지수 및 고당부하지수 식사는 저당지수 식사에 비해 식후 혈당과 인슐린 농도를 높여 심혈관질환의 발생 위험을 두 배 이상 높이는 것으로 알려져 있으며²⁴⁾, 이러한 영향은 심혈관질환 발생과 관련된 여러 가지 생리기전에 의해서 일어난다.

(1) **식후 고혈당(postprandial hyperglycemia)**: 고당지수 식사는 식후 고혈당을 일으켜 심혈관질환의 위험을 높일 수 있다. 식후 고혈당은 당뇨병 환자뿐만 아니라 일반 인구에서도 심혈관질환의 위험인자로 알려져 있다.²⁵⁾ Balkau 등²⁶⁾은 유럽 사람을 대상으로 한 3개의 코

호트 연구에서 식후 2시간 혈당 수치가 가장 높은 그룹에서 혈당 수치가 정상인 그룹에 비해 심혈관질환에 의한 사망이 1.6배 높았다고 보고하였다. de Vegt 등²⁷⁾의 연구에서는 당뇨병이 없는 일반인에서 식후 2시간 혈당 수치는 심혈관질환의 사망률 증가와 연관이 있었다. 또, 식후 고혈당은 산화스트레스를 일으켜 심혈관질환의 위험을 증가시킨다.^{28,29)} 체내 실험에서 고혈당은 활성 산소를 생산하고 항산화제의 농도를 낮추어 혈압 상승 및 혈전 생성을 촉진하고 내피세포의 존성 혈액의 흐름을 감소시킨다고 밝혀졌다. 이러한 고혈당에 의한 내피세포 기능의 장애 및 다른 심혈관질환 관련 결과들은 고탄수화물 식사 이후에 급속히 나타난다. 같은 맥락에서 항산화제의 복용이 이러한 부작용들을 예방한다는 연구결과도 있었다.³⁰⁻³³⁾

(2) **고인슐린혈증(hyperinsulinemia)**: 고당지수 식사는 혈중 인슐린 농도를 높여서 인슐린 저항성과 관련된 심혈관질환의 위험을 높인데, 이러한 효과는 혈압, 혈중 지질 농도, 염증매개인자, 내피세포 기능과 무관한 것으로 알려져 있다.³⁴⁻³⁶⁾ Després 등³⁷⁾은 중년의 남성을 대상으로 한 연구에서 공복 인슐린 수치가 1 표준편차 증가할 때마다 체질량지수나 다른 위험요소와는 독립적으로 허혈성 심질환 발생의 위험이 60% 증가한다고 보고한 바 있다.

(3) **이상지혈증(dyslipidemia)**: 당지수와 혈중 지질과의 연관성에 관한 많은 연구들이 진행되었다. 인슐린 민감도와 관련되어있는 중성지방, LDL 콜레스테롤의 농도가 저당지수 식사를 통해 감소된다는 연구들이 있는데, Jenkins 등³⁸⁾은 혼합형 고지혈증 환자 24명에서 저당지수 식사를 통해 중성지방은 20%, LDL 콜레스테롤은 10%, 총콜레스테롤은 9% 감소했다고 보고하였다. Wolever 등³⁹⁾의 연구에서는 저당지수 식사 이후 총콜레스테롤은 의미있게 감소한 반면, 중성지방의 감소는 뚜렷하지 않았다. 그러나, 총 6개의 비당뇨병 비만 환자를 대상으로 한 무작위배정 임상시험들의 메타 분석에서는 저당지수식사를 한 경우가 고당지수를 한 경우보다 중성지방이 28.3% (95% 신뢰구간: -43.31, -13.29) 더 감소하였다.¹⁴⁾ Frost 등⁴⁰⁾의 연구에서는 저당지수 식사를 한 경우 고당지수 식사에서보다 총콜레스테롤, LDL 콜레스테롤뿐만 아니라, 아포지단백B도 유의하게 낮았다고 보고하였다. Frost 등⁴¹⁾은 1,420명의 영국 성인을 대상으로 한 연구에서 혈중 HDL 콜레스테롤 농도와 당지수 사이에는 유의한 음의 상관관계를 보였고, 고당지수 식사 그룹에서는 저당지수 식사 그룹에서보다 심혈관질환 이환율이 29% 높았다고 보고하였다. 미국의 3차 국민건강영양조사에서도 혈중 HDL 콜레스테롤 농도는 식이 당지

수와 역의 상관관계를 나타내었다.⁴²⁾

(4) **체중 조절 (Weight control)**; 당지수 및 당부하지수를 낮춘 식사는 포만감을 충족시켜 과식을 막고 과체중을 예방하며 체중 감량에도 효과가 있어, 심혈관질환과 밀접한 관련이 있는 체중 조절에 좋은 영향을 준다. Maki 등⁴³⁾은 당부하지수를 낮춘 식사를 12주 시행한 경우 비교그룹보다 체중감량이 2.4 kg 더 있었고, 의미있는 HDL 콜레스테롤 증가를 보였다고 보고하였다. Mac-Millan- Price 등⁴⁴⁾의 연구에서는 저당지수 식사를 12주간 실시한 경우 체중 및 체지방량의 감소가 나타났고, Philippou 등⁴⁵⁾의 연구에서도 저당지수 식사를 시행한 그룹에서만 의미있는 체중감소가 나타났다.

Beulens 등⁴⁶⁾이 15,714명의 독일인 중년여성을 대상으로 9년간 추적 관찰한 연구에서, 당부하지수가 가장 높은 사분위에서 심혈관질환 발생의 비교위험도가 1.44 (95% 신뢰구간: 0.95, 2.19), 당지수의 경우는 1.44 (95% 신뢰구간: 1.10, 1.89)로 나타났고, 최근 실시된 메타 분석에서도 당지수가 가장 높은 사분위에서 심혈관질환의 위험이 1.22 (95% 신뢰구간: 1.00, 1.56)배, 당부하지수가 가장 높은 사분위에서는 1.57 (95% 신뢰구간: 0.87, 2.84) 배로 높게 나타나는 등, 당지수 및 당부하지수는 심혈관질환의 위험과 밀접한 관련을 보여주고 있다.²²⁾

4) **당지수와 암**: 많은 연구들이 당지수 및 당부하지수가 여러 가지 만성질환의 잠재적 위험 요소임을 밝히고 있는 가운데, 당지수와 관련된 당질의 대사이상이가 암의 발생에도 중요한 역할을 하는 것으로 여겨지고 있다. 특히, 높은 혈중 인슐린 농도는 몇몇 암의 발생에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 고당지수 및 고당부하지수 식사에 의해 insulin-like growth factor (IGF) 축에 변화를 일으켜 암 발생의 위험이 증가하는 것이 주요 기전이다.⁴⁷⁾ 인슐린은 대장 점막 세포의 성장 자극인자로 작용하고 IGF-I등의 활성도를 높여서 세포의 증식과 분열을 자극하고 세포의 자멸을 억제하는 역할을 한다.⁴⁸⁾ 또한, 인슐린은 성호르몬 결합 단백질의 농도를 낮추어 혈중 성호르몬 농도에 영향을 준다.⁴⁹⁾ 당지수와 관련된 여러 상황, 즉, 인슐린 저항성, 고혈당, 비만, 당뇨병 등도 암의 발생에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.^{47,48)}

당지수와 관련되어 유방암, 대장암, 췌장암에 관한 연구들이 진행되고 있다. 폐경 후의 프랑스 여성 62,739명을 대상으로 한 9년 추적관찰 연구에서 고당지수 식사를 한 경우 유방암 발생률이 1.35 (95% 신뢰구간: 1.04, 1.75) 배 높았다고 보고하였다.⁵⁰⁾ Women's Health Initiative 연구에서는 최근 7.8년의 추적관찰 이후 대장암과 당지수 사이의 유의한 관련성을 찾지 못하였다고 보고하였다.⁵¹⁾ 췌장암에 대해서도 최근 네덜란드 코호트에서 13.3년 추

적관찰 후 결과를 발표하였는데, 당지수 및 당부하지수와 췌장암 발생에 있어 의미있는 관련성을 찾지 못하였다.⁵²⁾ 39개의 코호트 연구 및 무작위배정 임상시험들을 종합한 메타 연구에서는 대장암 발생의 비교위험도가 고당지수 식사에서 1.18 (95% 신뢰구간: 1.05, 1.34), 고당부하지수 식사에서 1.26 (95% 신뢰구간: 1.11, 1.44)로 나타났고, 자궁내막암 발생의 비교위험도도 고당지수 식사에서 1.22 (95% 신뢰구간: 1.01, 1.49), 고당부하지수 식사에서 1.36 (95% 신뢰구간: 1.14, 1.62)로 의미있게 높게 나타났다. 유방암의 경우는 고당부하지수 식사에서만 1.14 (95% 신뢰구간: 1.02, 1.28)을 나타내었고, 고당지수 식사에서는 유의한 증가를 보이지 않았다(1.08, 95% 신뢰구간: 0.96, 1.22). 췌장암에서는 고당지수 식사에서 1.11 (95% 신뢰구간: 0.86, 1.43), 고당부하지수 식사에서 1.00 (95% 신뢰구간: 0.94, 1.53)을 보였다.⁵³⁾ 당지수 및 당부하지수와 위암에 관한 연구도 진행되었는데, Augustin 등⁵⁴⁾은 환자대조군 연구에서 가장 높은 당부하지수 식사를 한 경우 가장 낮은 그룹보다 위암의 발생 위험도가 1.94 (95% 신뢰구간: 1.47, 2.55)배 높다고 발표하였고, 이후의 스웨덴 여성 코호트에서는 오히려 0.76 (95% 신뢰구간: 0.46, 1.25)으로 낮게 보고한 바 있다.⁵⁵⁾ 이 외에도 Randi 등⁵⁶⁾은 환자대조군 연구에서 가장 높은 당부하지수 식사를 한 경우 가장 낮은 그룹보다 갑상선암의 발생 위험도가 2.17배 높고, 당지수의 경우는 1.73배 높다고 보고하였다. 전립선암의 경우도 가장 높은 당지수 식사 그룹은 가장 낮은 그룹보다 1.57 (95% 신뢰구간: 1.19, 2.07)배, 당부하지수의 경우는 1.41 (95% 신뢰구간: 1.04, 1.89)배 발생률이 높았다고 한 연구가 있었으나⁵⁷⁾, 이들은 모두 환자대조군 연구로, 암 발생의 관련성에 관한 정확한 결론을 위해서는 대규모의 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

당지수 및 당부하지수는 탄수화물이 풍부한 음식을 분류하는데 유용한 개념이다. 아직 논란의 여지는 남아 있으나, 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것은 비만은 물론 당뇨병이나 심혈관질환, 각종 암의 치료와 예방에도 도움이 될 것으로 생각된다. 특히, 이미 잘 알려진 당뇨병의 관리나 체중 관리뿐만 아니라, 심혈관질환의 위험이 높은 사람과 유방암 및 대장암의 위험이 있는 사람에서 당지수 및 당부하지수를 고려하여 탄수화물 식품을 선택하는 것은 탄수화물 식품을 주식으로 하는 한국인에게 있어서 유용할 수 있다. 그러나 음식 선택 시, 당지수 및 당부하지수 만이 단독으로 고려될 수는 없으며,

음식의 열량, 다른 대영양소의 양, 식이 섬유소 등의 다른 중요한 음식의 특성들이 함께 고려되어야 한다. 또한, 저당지수 및 당부하지수 식이가 만성질환에 미칠 수 있는 이득에 관한 좀더 정확한 평가를 위해서는 향후 장기적인 중재 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- Brand-Miller J, Foster-Powell K, Colagiuri S. The glucose revolution. 3rd ed. Australia, Sydney:Hodder Headline;2002.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Vuksan V, Brighenti F, Cunnane SC, Rao AV, et al. Nibbling versus gorging: metabolic advantages of increased meal frequency. *N Engl J Med* 1989;321(14):929-34.
- Coulston AM, Hollenbeck CB, Liu GC, Williams RA, Starich GH, Mazzaferri EL, et al. Effect of source of dietary carbohydrate on plasma glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 1984;40(5):965-70.
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34:362-6.
- Bjorck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp NG. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *Am J Clin Nutr* 1994;59(3 Suppl):699-705.
- Moriss KL, Zemel MB. Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity. *Nutr Rev* 1999;57:273-6.
- Campfield LA, Smith FJ, Rosenbaum M, Hirsch J. Human eating: evidence for a physiological basis using a modified paradigm. *Neurosci Biobehav Rev* 1996;20:133-7.
- Marsoobian V, Grosvenor M, Jacob M, Ipp E. Very-low-energy diets alter the counterregulatory response to falling plasma glucose concentrations. *Am J Clin Nutr* 1995;61:373-8.
- Ludwig DS. Dietary glycemic index and obesity. *J Nutr* 2000;130(2S Suppl):280-3.
- Slabber M, Barnard HC, Kuyil JM, Dannhauser A, Schall R. Effects of a low-insulin-response, energy-restricted diet on weight loss and plasma insulin concentrations in hyperinsulinemic obese females. *Am J Clin Nutr* 1994;60:48-53.
- Bouche C, Rizkalla SW, Luo J, Veronese A, Slama G. Regulation of lipid metabolism and fat mass distribution by chronic low glycemic index diet in non diabetic subjects. *Diabetes* 2000;49:A40.
- Cochrane Database Systematic Review 2007, Issue3.
- Agus MS, Swain JF, Larson CL, Eckert EA, Ludwig DS. Dietary composition and physiologic adaptations to energy restriction. *Am J Clin Nutr* 2000;71(4):901-7.
- Ludwig DS, Majzoub JA, Al-Zahrani A, Dallal GE, Blanco I, Roberts SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 1999;103(3):E26.
- Brand-Miller JC. Postprandial glycemia, glycemic index, and the prevention of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2004;80:243-4.
- Ludwig DS. The glycemic index: physiological mechanism relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002;287:2414-23.
- Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lacin JM, Nathan DM. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002;346:393-403.
- Liese AD, Schulz M, Fang F, Wolever TM, D'Agostino RB Jr, Sparks KC, et al. Dietary glycemic index and glycemic load, carbohydrate and fiber intake, and measures of insulin sensitivity, secretion, and adiposity in the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *Diabetes Care* 2005;28:2832-8.
- American Diabetes Association, Bantle JP, Wylie-Rosett J, Albright AL, Apovian CM, Clark NG, et al. Nutrition recommendations and interventions for diabetes: a Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2008;31 Suppl 1:61-78.
- Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, Flood VM, Paran T, Mitchell P, et al. Glycemic index, glycemic load and chronic disease risk-a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008;87:627-37.
- Halton TL, Liu S, Manson JE, Hu FB. Low-carbohydrate-diet and risk of type 2 diabetes in women. *Am J Clin Nutr* 2008;87:339-46.
- 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 Suppl 1:269-74.
- Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S. Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Care* 2003;26:2261-7.
- 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;71:1455-61.
- Coutinho M, Gerstein HC, Wand Y, Yusuf S. The relationship between glucose and incident cardiovascular events. A meta-regression analysis of published data from 20 studies of 95,783 individuals followed for 12.4 years. *Diabetes Care* 1999;22:233-40.
- Balkau B, Shipley M, Jarrett RJ, Pyörälä K, Pyörälä M,

- Forhan A, et al. High blood glucose concentration is a risk factor for mortality in middle-aged nondiabetic men. 20-year follow-up in the Whitehall Study, the Paris Prospective Study, and the Helsinki Policemen Study. *Diabetes Care* 1998;21:360-7.
27. de Vegt F, Dekker JM, Ruhé HG, Stehouwer CD, Nijpels G, Bouter LM, et al. Hyperglycemia is associated with all-cause and cardiovascular mortality in the Hoon population: the Hoon Study. *Diabetologia* 1999;42:926-31.
28. Ceriello A. The post-prandial state and cardiovascular disease: relevance to diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev* 2000;16:125-32.
29. Lefèbvre PJ, Scheen AJ. The postprandial state and risk of cardiovascular disease. *Diabet Med* 1998;15(4 Suppl):63-8.
30. Ceriello A, Bortolotti N, Crescentini A, Motz E, Lizzio S, Russo A, et al. Antioxidant defences are reduced during the oral glucose tolerance test in normal and non-insulin-dependent diabetic subjects. *Eur J Clin Invest* 1998;28:329-33.
31. Title LM, Cummings PM, Giddoens K, Nassar BA. Oral glucose loading acutely attenuates endothelium-dependent vasodilation in healthy adults without diabetes: an effect prevented by vitamins C and E. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:2185-91.
32. Marfella R, Verrazzo G, Acampora R, La Marca C, Giunta R, Lucarelli C, et al. Glutathione reverse systemic hemodynamic changes induced by acute hyperglycemia in healthy subjects. *Am J Physiol* 1995;268:E1167-73.
33. Ceriello A, Bortolotti N, Motz E, Pieri C, Marra M, Tonutti L, et al. Meal-induced oxidative stress and low-density lipoprotein oxidation in diabetes: the possible role of hyperglycemia. *Metabolism* 1999;48:1503-8.
34. Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 1988;37:1595-607.
35. Juan CC, Fang VS, Kwok CF, Perng JC, Chou YC, Ho LT. Exogenous hyperinsulinemia causes insulin resistance, hyperendothermia, and subsequent hypertension in rats. *Metabolism* 1999;48:465-71.
36. Mather K, Anderson TJ, Verma S. Insulin action in the vasculature: physiology and pathophysiology. *J Vasc Res* 2001;38:415-22.
37. Després JP, Lamarchè B, Mauriege P, Cantin B, Dagenais GR, Moorjani S, et al. Hyperinsulinemia as an independent risk factor for ischemic heart disease. *N Engl J Med* 1996;334:952-7.
38. Jenkins DJ, Wolever TM, Kalmusky J, Guidici S, Giordano S, Patten R, et al. Low-glycemic index diets in hyperlipidemia: use of traditional starchy foods. *Am J Clin Nutr* 1987;46:66-71.
39. Wolever TM, Jenkins DJ, Vuksan V, Jenkins AL, Buckley GC, Wong GS, et al. Beneficial effect of a low glycemic index diet in type 2 diabetes. *Diabet Med* 1992;9:451-8.
40. Frost GS, Keogh BE, Smith D, Leeds AR, Dornhorst A. Reduced adipocyte insulin sensitivity in Caucasian and Asian subjects with coronary heart disease. *Diabet Met* 1998;15:1003-9.
41. Frost G, Leeds AA, Doré CJ, Madeiros S, Branding S, Dornhorst A. Glycemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration. *Lancet* 1999;353:1045-8.
42. Ford ES, Liu S. Glycemic index and serum high-density lipoprotein cholesterol concentration among US adults. *Arch Intern Med* 2001;161:572-6.
43. Maki KC, Rains TM, Kaden VN, Raneri KR, Davidson MH. Effects of a reduced-glycemic-load diet on body weight, body composition, and cardiovascular disease risk markers in overweight and obese adults. *Am J Clin Nutr* 2007;85:724-34.
44. McMillan-Price J, Petocz P, Atkinson F, O'neil K, Samman S, Steinbeck K, et al. Composition of 4 diets of varying glycemic load on weight loss and cardiovascular risk reduction in overweight and obese young adults: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 2006;166:1466-75.
45. Philippou E, McGowan BM, Brynes AE, Dornhorst A, Leeds AR, Frost GS. The effect of a 12-week low glycemic index diet on heart disease risk factors and 24h glycemic response in healthy middle-aged volunteers at risk of heart disease: a pilot study. *Eur J Clin Nutr* 2008;62:145-9.
46. 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;50:14-21.
47. Augustin LS, Franceschi S, Jenkins DJ, Kendall CW, Vecchia C. Glycemic index in chronic disease: a review. *Eur J Clin Nutr* 2002;56:1049-71.
48. Kaaks R, Lukanova A. Energy balance and cancer: the role of insulin and insulin-like growth factor-I. *Proc Nutr Soc* 2001;60:91-106.
49. Poretsky L, Kalin MF. The gonadotropic function of insulin. *Endocr Rev* 1987;8:132-41.
50. Lajous M, Boutron-Ruault MC, Fabre A, Clavel-Chapelon F, Romien I. Carbohydrate intake, glycemic index, glycemic load, and risk of postmenopausal breast cancer in a prospective study of French women. *Am J Clin Nutr* 2008;87:1384-91.
51. Geoffrey CK, James MS, Shirley AB, Bette C, Marian LN, Lesley FT, et al. Dietary carbohydrate, glycemic index, and glycemic load in relation to colorectal cancer risk in the Women's Health Initiative. *Cancer Causes Control* 2008;10.

52. Heinen MM, Verhage BA, Lumey LH, Brants HA, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Glycemic load, glycemic index, and pancreatic cancer risk in the Netherlands Cohort Study. *Am J Clin Nutr* 2008;87:970-7.
53. Ginagnarella P, Gandini S, La Vecchia C, Maisonneuve P. Glycemic index, glycemic load, and cancer risk: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2008;87:1793-801.
54. Augustin LS, Gallus S, Negri E, La Vecchia CL. Glycemic index, glycemic load and risk of gastric cancer. *Ann Oncol* 2004;15:581-4.
55. Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A. Glycemic load, glycemic index and carbohydrate intake in relation to risk of stomach cancer: a prospective study. *Int J Cancer* 2006;118:3167-9.
56. Randi G, Ferraroni M, Talamini R, Garavello W, Deandrea S, Decarli A, et al. Glycemic index, glycemic load and thyroid cancer risk. *Ann Oncol* 2008;19:380-3.
57. Augustin LS, Galeone C, Dal Maso L, Pelucchi C, Ramazzotti V, Jenkins DJ, et al. Glycemic index, glycemic load and risk of prostate cancer. *Int J Cancer* 2004;112:446-50.

임 상 퀴즈

당지수(Glycemic Index)와 만성질환

다음 임상 퀴즈에 응답해서 60% 이상 득점하시는 회원에게는 대한가정의학회 학술회원 평점 4점을 드립니다. 임상 퀴즈에 답하셔서 응답지를 대한가정의학회 사무처로 보내주시십시오. 정답은 다음 호에 게재됩니다(팩스: 3210-1538, E-mail: kafm@kafm.or.kr).

1. 다음 당지수 및 당부하지수와 관련된 설명 중 틀린 것은?

- 가) 당지수가 낮은 식품을 섭취하면 혈당의 정점치가 낮고, 2시간 동안의 혈당반응이 큰 변동없이 일정하다.
- 나) 죽과 같은 젤라틴화 되어 팽창된 전분은 빠르게 소화되어 당지수를 올린다.
- 다) 고당지수 식품을 섭취하면 인슐린의 농도가 높아져, 몸의 지방을 태우기 보다는 탄수화물을 소비하게 된다.
- 라) 고당지수 식사를 하면 식사 후 초기에 탄수화물이 빠른 속도로 흡수되어 혈당이 높아지고, 인슐린/글루카곤 비가 상대적으로 낮아진다.
- 마) 당지수 및 당부하지수는 인슐린 저항성에 영향을 주어 혈중 지질 농도에 변화를 가져올 수 있다.

2. 다음 당지수 및 당부하지수와 만성질환과 관련된 설명 중 틀린 것은?

- 가) 당지수와 대장암, 유방암 등이 관련되어 있다고 알려져 있으나, 아직은 명확하지 않다.
- 나) 저당지수 식품은 상대적으로 오랜 기간 포만감을 유지시켜주어 식욕조절에 도움이 되어 체중 조절에 도움이 된다.
- 다) 미국당뇨병학회에서는 저당지수 식사를 통해 당뇨병의 일차예방이 가능하다고 보고하였다.
- 라) 미국당뇨병학회에서는 당뇨병 환자에서 당지수 및 당부하지수를 고려하는 것이 혈당조절에 추가적인 효과가 있다고 하였다.
- 마) 고당지수 식사는 식후고혈당을 통해 산화스트레스를 일으켜 심혈관질환의 위험을 높일 수 있다.

절 취 선

제29권 10호 응답지 (당지수(Glycemic Index)와 만성질환)

의사면허번호		전문의 번호			소속 지회	
성 명		연락처(전화)			연락처(E-mail)	
퀴즈 번호	1.	가)	나)	다)	라)	마)
	2.	가)	나)	다)	라)	마)