

산·학·연 논문

생식 섭취가 제2형 당뇨병 환자 또는 내당능장애인의
혈당과 혈중 지질 성상에 미치는 영향

문 민 선

(주)이룸

Effects of Saengshik Intake on Blood Glucose and Plasma Lipid Profiles in
Type 2 Diabetic Patients or Subjects with Impaired Glucose Tolerance

Min Sun Moon

Erom Corporation, Seoul 06187, Korea

서 론

당뇨병 유병률은 급격히 증가하는 추세로 2003년 국내에서는 전 인구의 5.92%로 약 280만 명이였다. 2012년 발간되었던 Diabetes Fact Sheet in Korea에서 2010년 320만 명이던 당뇨병 환자가 2050년이 되면 2배로 증가해 약 600만 명이 될 것으로 예측하였지만, 실제로는 2022년에 이미 약 600만 명에 이르렀고, 이는 예상 수치를 약 30년이나 앞당긴 숫자였다(1). 당뇨병을 예방하기 위해서는 학교나 정부, 공공기관 차원에서 더 많은 관심을 가지고 각자가 경각심을 가질 수 있도록 환경적인 요인을 차단하기 위한 적절한 교육과 홍보가 필요하다. 이를 위하여 2020년 식품의약품안전처에서는 식품의 유형에 '특수의료용도식품'을 신설하여 당뇨병을 포함한 질병을 가진 환자들을 위한 '식단형 식사관리식품'을 추가하였다. 또한 많은 식품회사에서는 혈당 강하에 도움을 줄 수 있는 구아바잎추출물, 바나바잎추출물, 미숙여주추출물 등과 같은 기능성 원료와 당뇨병 환자를 위한 충분한 영양공급이나 일부 영양성분의 제한 또는 보충이 필요한 사람 식사의 일부 또는 전부를 대신할 목적으로 제조 및 가공한 당뇨환자용 영양조제식품과 같이 혈당 관리에 필요한 식품 개발에 집중하고 있다. 국내 특수의료용도식품의 시장은 매년 급격히 성장하고 있으며, 2022년 기준 약 3,000억 원 안팎으로 형성되어 있을 것으로 추산한다. 현재 20여 개 이상의 제품이 시중에 유통되고 있으

며, 질병의 종류도 고혈압, 폐질환, 간질환 등 점차 확대되고 있다. 이 외에도 일반 식품 중 혈당 강하에 도움을 주는 식품으로 생식이 있다. Kim 등(2)은 streptozotocin으로 당뇨를 유발한 실험동물에 생식을 급여하였을 경우, 대조군과 비교하여 혈당이 유의적으로 감소하는 것을 확인하였다. Kim 등(3)은 정상 혈당의 성인 남녀 24명을 대상으로 생식을 섭취한 결과, 시험군의 혈당과 혈당반응면적이 대조군에 비하여 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였다.

생식은 정제되지 않은 곡류, 채소류, 버섯류, 과일류 등으로 구성되어 있어 섭취 열량이 매우 낮으며 체내에 필요한 비타민, 미네랄, 효소, 식이섬유 등을 함유하여 인슐린 민감도를 증가시키고, 당부하(glycemic loading)가 낮은 식품으로 급격한 혈당 상승을 억제함으로써 체내 당 이용률을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

당뇨병은 제1형 당뇨병과 제2형 당뇨병이 있다. 제1형 당뇨병은 주로 췌장 β -세포의 자가면역 매체 파괴로 인한 것이며, 제2형 당뇨병은 인슐린 분비가 불충분하거나 골격근 및 지방조직과 같은 말초조직에서 인슐린 저항성이 있는 것이 특징이다(4). 당뇨병이 급격히 증가하는 원인으로는 주로 앉아서 생활하는 생활습관, 고지방식단, 고령화 사회로 인한 비만의 급격한 증가와 관련이 있다(5).

당뇨병은 사망의 직접적인 원인이 되지는 않지만, 망막증, 신장질환, 신경장애, 혈관질환과 같은 당뇨병성 합병증을 동반할 경우에는 사망에 큰 영향을 미친다(6, 7). 당뇨병성 합병증은 중증 고혈당과 관련이 있으므로

혈당 수치를 적극적으로 조절하는 것이 치료의 중심 관리가 되었다(6,7). 특히 당뇨병성 합병증 중 심혈관 질환이 당뇨병 환자의 주요 사망 원인이다(8).

당뇨병 전 단계 환자 중 최대 약 70%가 10년 이내에 제2형 당뇨병을 진단받는 것으로 보고되었다(9). 게다가 낮은 HDL-콜레스테롤, 높은 LDL-콜레스테롤 및 높은 혈당 수치와 심혈관계 질환 및 미세혈관 합병증의 위험 증가도 동반된다(9). 정상 혈당인 사람에 비해 당뇨병 전 단계인 사람은 심혈관계 질환 위험이 1.5배, 당뇨병 환자는 2~4배 증가한다(10).

내당능장애(Impaired glucose tolerance, IGT)는 인슐린 저항성 및 심혈관계 질환의 위험 증가와 관련이 있는 당뇨병 전 단계의 이상혈당증이다. 내당능장애는 몇 년에 걸쳐 제2형 당뇨병으로 진행될 수 있으며 사망의 위험 요인이 된다(11). 세계보건기구(WHO)와 미국 당뇨병학회(American Diabetes Association)의 기준에 따르면 내당능장애는 포도당 75 g을 섭취하고 2시간 경과 후, 혈당이 140~199 mg/dL(7.8~11.0 mmol)인 경우이다(12,13). 포도당 섭취 2시간 후, 검사자의 혈당 수치가 바로 상승하면 내당능장애가 있다고 판단하며, 공복혈당은 정상이거나 약간 상승될 수 있다. 또한 당뇨병 전 단계에 있는 경우, 심혈관계 질환의 발생 가능성도 커진다. 이러한 상태에서 비정상적으로 높은 혈당은 고혈당증이라고 한다.

당뇨병은 혈당 장애를 기반으로 두기 때문에 식이요법은 다른 질병보다 당뇨병의 예방과 치료에 더 중요한 역할을 한다. 복합다당류/저지방 식단은 제2형 당뇨병 유형을 예방하기 위한 가장 효과적인 방법으로 간주한다(14). 연구자들은 특히 저혈당지수 식품 섭취를 증가 시킴으로써 당뇨병을 관리하는 데 주목하고 있다. Chandalia 등(15)에서 가공성 식이섬유를 다량 섭취하면 혈당조절을 개선하고 고인슐린혈증을 감소시킬 수 있다고 보고되었다. 또한 귀리(16,17), 미역(18,19), 올리고당(20), 메밀(21), 약초가 혈당 장애 개선, 혈당 대사, 지질 대사 및 항산화 효소의 기능 개선에 유익한 효과가 있다는 연구가 있다. 이처럼 당뇨병, 심혈관계 질환, 암 등과 같은 만성질환을 예방하거나 증상 개선에 도움을 주는 기능성 원료의 효능 때문에 기능성 원료에 대해 전 세계적으로 관심이 증가하고 있다(22).

식품에 함유된 원료의 다양화를 통해 생리활성 물질에 대한 중요성 또한 대두되고 있으며, 이와 관련된 많은 생리학적 기능에 대한 과학적인 연구들이 진행되고 있다. 특히 생식은 곡류, 콩류, 채소류, 과일류, 버섯류 등 다양한 식물성 원료로 구성되어 있으며 저온 또는

동결건조 후 분쇄된다. 그렇기 때문에 영양소의 파괴가 최소화되어 식품에 함유된 효소가 열처리된 가공식품에 비해 잘 보존되어 있으며 비타민과 미네랄, 식이섬유, 저분자 생리활성물질 등 미량 영양소가 풍부하다. 또한 식물 내에 함유된 플라보노이드, 카로티노이드, 폴리페놀과 같은 파이토케미컬이 풍부하게 함유되어 있으므로 혈중 지질의 조절, 체지방감소, 항산화, 항염, 혈당 감소 등과 같은 다양한 기능성을 가지는 것으로 알려져 있다(23). Jang 등(24)은 심혈관계 질환을 가진 남성을 대상으로 생식 제품을 섭취시킨 결과, 혈당 및 혈중 인슐린 수치가 감소하는 것을 확인하였다. 또한 Lee 등(25)의 연구에서도 고지방 식이로 당뇨를 유발한 흰쥐에서 생식의 섭취에 농도의존적으로 혈당의 수치가 감소하는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 생식의 섭취가 제2형 당뇨병 환자 및 내당능장애 환자의 혈당 및 혈중 지질 성상을 확인하여 개선에 미치는 기능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

연구대상자

모든 피험자는 시험에 앞서 연구의 기간, 목적 및 방법, 예상되는 효과 및 위험성에 대해 충분히 설명하고, 자발적으로 시험에 참여하였다. 인체 적용시험 선정 여부를 확인하기 위해 다음의 기준에 해당하는 60명을 선정하였다. 본 연구는 제2형 당뇨병 환자이거나 내당능장애를 가진 중국에 거주하고 있는 만 40세 이상 65세 이하의 성인을 대상으로 하였다. 제2형 당뇨병 환자의 진단 기준은 WHO의 진단기준(1999)인 공복혈당 \geq 126 mg/dl(7.0 mmol/L) 또는 경구혈당내성검사(OGTT) 2시간 후 75 g \geq 200 mg/dl(11.1 mmol/L)와 무작위 혈당 \geq 200 mg/dl(11.1 mmol/L)에 따랐다. 내당능장애에 피험자는 당뇨병 진단을 받지 않고, 당뇨 관련 치료약을 섭취하지 않았으며, 공복혈당이 5.55 mmol/L 이상 6.94 mmol/L 이하인 경우를 선정하였다. 또한 지원자들은 인슐린 치료 및 혈당강하제를 3년 이상 복용하지 않은 사람들을 대상으로 하였으며, 연구자로부터 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 참여를 결정하고 주의사항을 준수하였다.

실험디자인 및 시험제품 섭취 방법

본 연구에 사용된 생식의 첨가 원료는 Table 1과 같으며, 영양성분은 Table 2와 같다. 시험은 2006년 7월부터 2006년 12월까지 30명의 제2형 당뇨병 환자

Table 1. Ingredient of Saengshik

Grains	brown rice, α -brown rice, yellow rice, sorghum, <i>Coix lacryma-jabi</i> , black rice, barley, black sesame, soybean, black bean, red bean, brazilian mushroom rice, red rice barley
Vegetables	<i>Brassica oleracea</i> with green leaves, <i>Dahurian angelica</i> root, cabbage, water dropwort, turnip leaves, carrot, edible burdock, radish, root of straight ladybell, pumpkin, cauliflower, chive, barley seeding powder, potato
Fruits	pomelo, golden apple, <i>Grosvenor momordica</i> fruit
Mushrooms	shiitake fungus, mythic fungus
Marine plants	laver, sea tangle, sea mustard, sea lettuce, spirulina,
Others	yeast, <i>Lactobacilli</i> , oligosaccharide, red rice, extract of <i>Lactobacillus</i>

Table 2. Nutrient content of Saengshik

Nutrient	Content
Energy (kcal/100 g)	384.20
Water (%)	2.01
Carbohydrate (%)	82.31
Fat (%)	3.24
Protein (%)	9.60
Ash	2.84
Mineral	
Na (mg/100 g)	189.18
Ca (mg/100 g)	340.28
Fe (mg/100 g)	10.14
Zn (mg/100 g)	6.77
Vitamin	
Vitamin A (RE/100 g)	303.14
Vitamin B1 (mg/100 g)	0.91
Vitamin B2 (mg/100 g)	0.35
Vitamin B6 (mg/100 g)	0.99
Vitamin C (mg/100 g)	7.30
Vitamin D3 (mg/100 g)	18.69
Vitamin E (α -TE/100 g)	4.87
Niacin (NE/100 g)	5.98
Folate (μ g/100 g)	676.06

군과 30명의 내당능장애 피험자에게 40 g의 생식을 3개월간 1일 2회 섭취하도록 하였다. 섭취방법은 총 40 g의 생식을 1일 2회로 아침과 저녁에 각각 식수 또는 무지방우유와 함께 식사 대신 섭취하고, 점심은 라면, 햄버거 등의 패스트푸드를 제외하고 주로 야채와 단백질로 이루어진 자연식을 섭취하도록 하였다. 모든 대상자는 식단일지를 매일 작성했다.

임상증상 설문

임상증상은 경증, 보통, 중증 3가지 등급으로 분류되며 1, 2, 3점으로 표시하여 월 1회 관찰을 실시하고 심각도를 점수로 표시했다(Table 3). 임상증상 점수화 방법은 2002년 발간된 중약신약임상연구지도원칙(中药新药临床研究指导原则)을 참조하여 수립했다. 개선 정도를 표현하기 위해 증상 관찰의 통계적 치료 점수가 적용되었다.

생화학적 검사

실험 시작 전, 혈액 샘플을 취하였다. 실험 종료 시 혈당은 시험물질 섭취 시작 전과 후에 12시간 금식 후 채혈하였고 혈액은 헤파린 코팅 튜브에 넣은 후 분석기(Cholestech LDX System)로 측정했다. OGTT는 섭취 시작 전과 후 그리고 측정 전 12시간 동안 물을 제외하고 금식하였으며, 36시간 동안은 어떤 운동도 하지 않은 상태에서 수행되었다. 75 g의 포도당 음료를 섭취하고 2시간 후에 분석기로 혈당을 측정했다. HbA1c 농도는 분석용 kit(Axis-Shield PoC)로 측정했고, 혈중 중성지방, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도는 효소비색법을 이용한 kit(Asan Pharm. Co., LTD)를 사용하여 분석하였다. LDL-콜레스테롤 농도는 Friedewald의 공식을 이용하여 구하였다(26).

통계처리

본 연구에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS를 이용하여 분석하였으며, 평균 \pm 표준오차(mean \pm SE)로 나타내었다. 각 군간 분석 항목별 차이는 paired-sample Student *t*-test를 이용하여 $P<0.05$ 또는 $P<0.01$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

연구 시작 전 피험자 특성

본 연구는 제2형 당뇨병 환자 지원자들과 내당능장애 지원자들을 대상으로 실시했다. 지원자들은 모두 중국에 거주하고 있는 40~65세의 성인 남녀로 제2형 당뇨병 지원자들은 남자 18명, 여자 12명(평균연령 53.57 \pm 8.32세)으로 총 30명이었으며 유병기간은 1~3년(평균 2.1 \pm 0.5년)이었다. 내당능장애 지원자들은 총 30명으로 남자가 11명, 여자가 19명(평균연령 52.77 \pm 7.73세)이었으며 당뇨병 진단이나 항당뇨제를 투여받지 않았고 공복혈당은 5.55 mmol/L과 6.94 mmol/L 사이에 있었다.

Table 3. Scoring method for clinical symptom

Clinical symptom	Score	Salient features
Increase of water intake	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	a slight increase of water intake increasing more than a half time comparing to normal water intake increasing more than one time comparing to normal water intake
Sense of hunger	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	significant sense of hunger unbearable hunger prior to meal unbearable hunger generally in combination with hypoglycemia reaction
Increase of urination	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	urine volume of 2~2.5 L/d urine volume of 2.5~3 L/d urine volume of more than 3 L/d
Body weight loss	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	slightly thin significant thin extremely thin
Agitation and tantrum	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	occasional agitation frequent agitation and tantrum uncontrollable agitation and tantrum
Hypodynamia	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	not being able to participate in physical works being able to perform light physical labor only perform routine activities only perform routine activities
Abdominal distension	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	occasional abdominal distension after meal frequent abdominal distension after meal constant abdominal distension and gastric distention
Stool	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	defecation discomfort, or soft feces, hard feces defecation discomfort, or soft feces 2~3 times/day, hard feces 2~3 times/day defecation discomfort, or soft feces more than 3 times/day, hard feces more than 3 times/day
Insomnia	Mild (1) Moderate (2) Serious (3)	sleep for 3~5 hours/night sleep for 1~3 hours/night hard to sleep

생식 섭취에 따른 임상증상 변화

각 연구대상자 SMS 생식 섭취 전과 섭취 3개월 후에 임상증상 평가 점수를 표시했고 임상증상은 섭취 전과 비교하여 크게 개선되었다. 제2형 당뇨병 환자들의 점수는 생식 섭취 전 9.57점에서 섭취 후 3.33점으로 65.2% 개선되어 유의적으로 감소하였으며 내당능장애 환자들의 점수는 생식 섭취 전 10.83점에서 섭취 후 3.60점으로 66.75% 개선되어 유의적으로 차이가 있었다($P<0.05$)(Table 4). 임상증상 평가 항목인 수분 섭취

및 공복감, 배뇨 증가, 체중 감소, 동요 및 짜증, 활력 저하, 복부 팽창, 대변, 불면증 등은 제2형 당뇨병 증상과 관련이 있다. 따라서 낮아진 임상증상 점수는 당뇨병으로 인해 나타나는 임상증상이 개선되는 것으로 평가할 수 있다.

생식 섭취에 따른 혈당과 당화혈색소(HbA1c) 농도의 변화

제2형 당뇨병 환자의 초기 FBG는 7.82 mmol/L에서 생식 섭취 후 7.09 mmol/L로 9.34%가 감소되어 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 또한 OGTT의 혈당은 생식 섭취 전 9.97 mmol/L에서 섭취 후 9.07 mmol/L로 9.03% 감소하여 유의적으로 낮아졌으며($P<0.05$) HbA1c 농도도 7.43%에서 6.93%로 유의적으로 낮아졌다($P<0.05$)(Table 5).

내당능장애 환자의 초기 FBG는 생식 섭취 전 5.63 mmol/L에서 5.46 mmol/L로 생식 섭취 후 3.02% 감소하였다. OGTT의 혈당농도는 섭취 전 8.91 mmol/L에서 섭취 후인 8.33 mmol/L와 비교하여 평균 6.51%로 유의적으로 낮아지고($P<0.05$) HbA1c의 수치도

Table 4. Comparison of clinical symptom scores of type 2 diabetes patients and IGT subjects before and after 3 months trial

	n	Clinical symptom score	
		before treatment	after treatment
Type 2 diabetes	30	9.57±4.37	3.33±3.19*
IGT	30	10.83±4.41	3.60±3.50*

Mean±SE.

* $P<0.05$; significantly different compared to values before treatment by Student's *t*-test.

Table 5. Effects of the Saengshik on changes in fasting blood glucose, OGTT, and HbA1c concentrations of type 2 diabetes and IGT subjects before and after 3 months trial

	n	Type 2 diabetes		IGT	
		before treatment	after treatment	before treatment	after treatment
FBG ¹⁾ (mmol/L)	30	7.82±0.96	7.09±0.71*	5.63±0.82	5.46±0.64
OGTT ²⁾ (mmol/L)	30	9.97±1.47	9.07±1.04*	8.91±0.80	8.33±0.73*
HbA1c ³⁾ (%)	30	7.43±0.60	6.93±0.45*	5.94±0.46	5.68±0.38*

Mean±SE.

*P<0.05; significantly different compared to values before treatment by Student's *t*-test.

¹⁾FBG: fasting blood glucose. ²⁾OGTT: oral glucose tolerance test. ³⁾HbA1c: Blood glycosylated hemoglobin.

생식 섭취 전 5.94%에서 생식 섭취 후 5.68%로 유의적으로 낮아졌다($P<0.05$)(Table 5).

HbA1c는 혈중 포도당이 산소를 운반하는 역할을 하는 적혈구의 Hb(혈색소)와 결합하여 당화헤모글로빈이 되는 것을 말하는데, 당분에 적혈구와 붙게 되면 적혈구의 수명 기간인 약 120일 동안의 혈당을 파악할 수 있다. 이로써 HbA1c는 지난 3~4개월 동안의 평균 포도당 농도를 반영하기 때문에 같은 기간 동안 당뇨병 환자의 혈당조절이 어떠한지를 확인할 수 있는 매개변수로 간주하는 이유 중 하나이다(27). 영국 잠재적 당뇨병 연구(UK Prospective Diabetes Study)에서는 HbA1c가 1% 감소했을 때 심장마비 위험이 14% 감소하는 것으로 나타났다(28). 따라서 3개월간의 1일 2회 식사를 대체하여 생식을 섭취한 연구대상자들의 HbA1c 농도 감소는 혈당조절에 유익한 결과로 생각된다. 더불어 일반적으로 고혈당증은 제2형 당뇨병 환자에서 인슐린 매개 포도당 처리의 감소에 의해 나타나는데(29) 이는 미세혈관 및 대혈관 합병증의 발생과 진행에 악영향을 미칠 수 있는 조절 가능한 위험요소 중 하나이다(30). 따라서 많은 연구는 초기 2형 당뇨병 환자들에게 고혈당 조절을 위한 당뇨병 치료의 필요성을 제안한다(31). 식후 고혈당 조절 또한 제2형 당뇨병의 치료에 중요하다. 항당뇨병제는 주로 공복 혈당을 낮추는 것이었으나, 점차 식후 및 공복 혈당을 모두 조절하는 것에 초점을 두고 있다(32). 본 연구결과로 생식 섭취가 제2형 당뇨병 환자들과 내당능장애 환자들의 FBG, OGTT, HbA1c 농도가 생식 섭취 전보다 개선되었음을 확인하였으며, 나아가 생식의 섭취가 혈당 조절에 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다.

생식 섭취에 따른 혈당지질 농도의 변화

제2형 당뇨병 환자 30명과 내당능장애 환자 30명을 대상으로 생식을 3개월간 복용시킨 뒤 혈당지질 농도를 분석한 결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. 제2형 당뇨병 환자의 혈중 TG 농도는 생식 섭취 전 1.90 mmol/L에서 섭취 후 1.71 mmol/L로 10.0% 차이로 유의적으

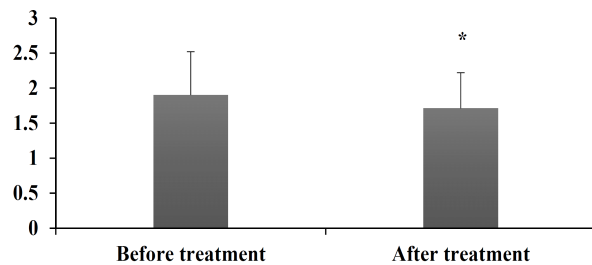
로 감소하였으며($P<0.05$), LDL-C 농도도 섭취 전 2.69 mmol/L에서 2.57 mmol/L로 4.46% 차이로 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). Total C와 HDL-C 농도는 생식 섭취 후에 각각 2.16%, 2.46% 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 내당능 환자의 total-C와 HDL-C 농도는 생식 섭취 전과 비교하여 2.43%, 2.46% 감소하였고, 혈중 TG 농도는 평균 1.54 mmol/L에서 1.46 mmol/L로 5.19% 차이로 유의적으로 감소하였으며($P<0.05$) LDL-C 농도는 2.73 mmol/L에서 2.53 mmol/L로 7.33% 차이로 유의적으로 감소하였다($P<0.05$).

제2형 당뇨병에서 나타나는 지질 대사 이상은 혈관 질환의 중요한 위험요소 중의 하나이다(33,34). 제2형 당뇨병 환자는 죽상동맥경화증의 발병에 중요한 위험요인으로 작용할 LDL-C와 HDL-C의 변형이 일어나며, 특히 LDL-C의 수치는 정상인에 비해 상당히 높다. 그러나 제2형 당뇨병 환자는 LDL-C 수치가 정상이라 하더라도 LDL-C의 이화작용 및 회전이 감소하여 자동으로 LDL-C의 혈장 체류 시간을 증가시킨다. 혈중 LDL-C의 체류 시간의 증가는 혈관벽에 콜레스테롤 침착을 촉진할 가능성이 있다. 실제로 동물 연구에서도 LDL-C 혈장 체류 시간의 증가는 동맥벽 및 죽상동맥경화증 병변의 지질 침착과 관련이 있었다(35). 본 연구에서 혈중 LDL-C 농도는 생식 섭취 전과 후에서 두 그룹 모두 유의하게 감소하여 생식이 혈당지질을 개선하는데 좋은 효과가 있는 것으로 판단된다.

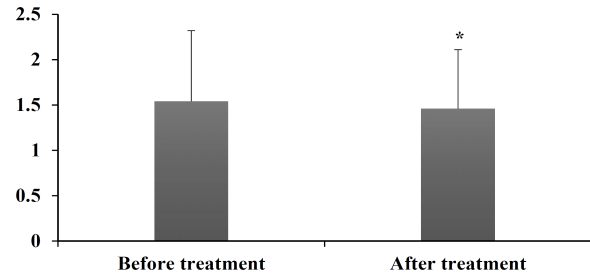
제2형 당뇨병은 HDL₂ 소분획물의 감소와 관련된 혈중 HDL-C 수치가 감소하게 된다(36,37). 제2형 당뇨병에서 감소된 HDL₂는 고중성지방혈증이나 비만으로 발전하게 된다. 제2형 당뇨병에서 HDL-C의 감소는 HDL 입자의 이화작용 증가에 기인하는 것에 대해 방사성 동위 원소를 이용한 생체 내 동역학 연구에 의해 입증되었다(38). 본 연구에서도 제2형 당뇨병 환자그룹의 혈중 HDL-C 농도는 섭취 전과 후에서 증가하는 것을 확인하였다.

간에 글리코젠이 적당량 저장된 경우, 유리 지방산이 증가하게 되면 TG 생성을 촉진하게 되고, apolipo-

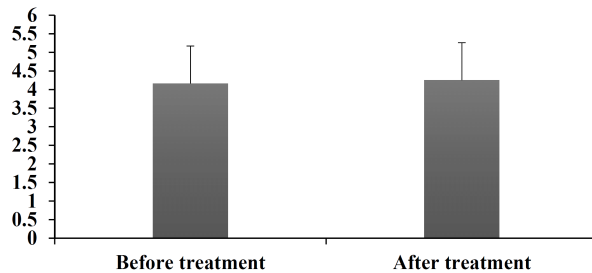
(a) TG level of type 2 diabetes subjects



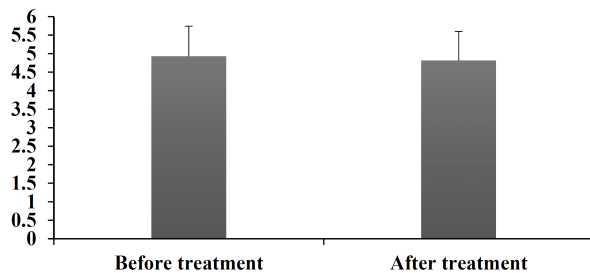
TG level of IGT subjects



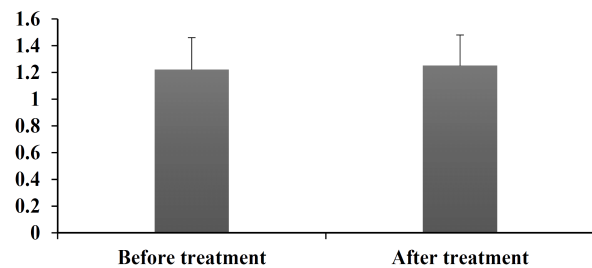
(b) Total-C level of type 2 diabetes subjects



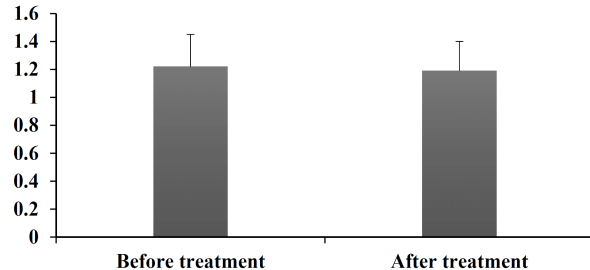
Total-C level of IGT subjects



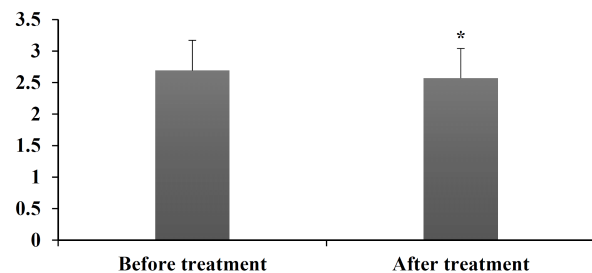
(c) HDL-C level of type 2 diabetes subjects



HDL-C level of IGT subjects



(d) LDL-C level of type 2 diabetes subjects



LDL-C level of IGT subjects

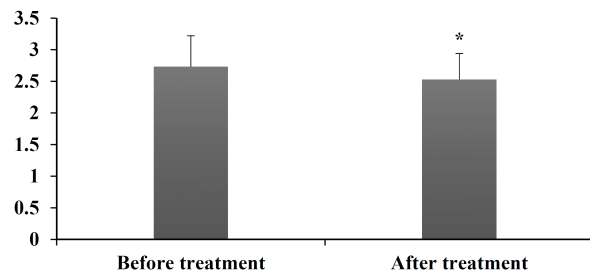


Fig. 1. Effects of the Saengshik on changes in plasma lipidis levels (a) TG, (b) total-C, (c) HDL-C, (d) LDL-C of type 2 diabetes subjects and IGT subjects before and after 3 months trial. Mean \pm SE (n=30). * P 0.05; significantly different compared to values before treatment by Student's t -test. TG, triglyceride; total-C, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol.

protein B 및 VLDL-C 분비를 자극하게 된다. 그러나 유리 지방산의 방출을 억제하는 인슐린 기능이 손상되면 간의 지방을 축적하는 VLDL-C의 생산을 증가시키게 된다(39). 본 연구에서도 생식 섭취군에서 TG 농도가 유의하게 감소했으며 이는 생식 섭취에 의한 TG 농도 개선 효과가 뚜렷하게 나타난 것으로 추측된다.

본 연구 결과를 통해 생식 섭취가 제2형 당뇨병과

내당능장애 환자들에게 혈당 및 HbA1c 수치를 개선시켜 혈당 강하에 도움을 주는 것으로 시사한다. 또한 LDL-C와 TG를 포함하여 당뇨병 합병증의 위험 요인 중의 하나인 혈중 지질의 성상을 개선하는 것을 확인하였다. 이를 통해 생식의 섭취는 당뇨병 및 당뇨병 합병증 예방에 도움을 줄 것으로 예측할 수 있다.

참고문헌

1. Moon JS. Revisiting the diabetes crisis in Korea: call for urgent action. J Korean Diabetes. 2023. 24:1-4.
2. Kim M, Kim ES, Park MH, Hwang SJ, Jeong Y. Saengshik, a formulated health food, decreases blood glucose and increases survival rate in streptozotocin-induced diabetic rats. J Med Food. 2004. 7:162-167.
3. Kim HY, Hong SG, Hwang SJ, Mok C, Park MH, Lee JY. Effect of *Saengshik* on blood glucose response in healthy subjects. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2007. 36:1553-1559.
4. Goldstein BJ. Insulin resistance as the core defect in type 2 diabetes mellitus. Am J Cardiol. 2002. 90:3-10.
5. Ford ES, Williamson DF, Liu S. Weight change and diabetes incidence: findings from a national cohort of US adults. Am J Epidemiol. 1997. 146:214-222.
6. Hammes HP, Du X, Edelstein D, Taguchi T, Matsumura T, Ju O, et al. Benfotiamine blocks three major pathways of hyperglycemic damage and prevents experimental diabetic retinopathy. Nat Med. 2003. 9:294-299.
7. Sheetz MJ, King GL. Molecular understanding of hyperglycemia's adverse effects for diabetic complications. JAMA. 2002. 288:2579-2588.
8. American Diabetes Association. Economic consequences of diabetes mellitus in the U.S. in 1997. Diabetes Care. 1998. 21:269-309.
9. DeJesus RS, Breitkopf CR, Rutten LJ, Jacobson DJ, Wilson PM, St Sauver J. Incidence rate of prediabetes progression to diabetes: modeling an optimum target group for intervention. Popul Health Manag. 2017. 20: 216-223.
10. Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes Care. 2003. 26:S5-S20.
11. Barr ELM, Zimmet PZ, Welborn TA, Jolley D, Magliano DJ, Dunstan DW, et al. Risk of cardiovascular and all-cause mortality in individuals with diabetes mellitus, impaired fasting glucose, and impaired glucose tolerance: the Australian Diabetes, Obesity, and Lifestyle Study (AusDiab). Circulation. 2007. 116:151-157.
12. World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: Report of a WHO Consultation. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. 1999.
13. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes Care. 2005. 28: S37-S42.
14. Neighbors M, Tannehill-Jones R. Endocrine system disease and disorders. In: Human Diseases. Delmar. 2000. p 224-242.
15. Chandalia M, Garg A, Lutjohann D, von Bergmann K, Grundy SM, Brinkley LJ. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. N Engl J Med. 2000. 342:1392-1398.
16. Braaten JT, Wood PJ, Scott FW, Riedel KD, Poste LM, Collins MW. Oat gum lowers glucose and insulin after an oral glucose load. Am J Clin Nutr. 1991. 53:1425-1430.
17. Braaten JT, Scott FW, Wood PJ, Riedel KD, Wolynetz MS, Brulé D, et al. High beta-glucan oat bran and oat gum reduce postprandial blood glucose and insulin in subjects with and without type 2 diabetes. Diabet Med. 1994. 11:312-318.
18. Lee HS, Choi MS, Lee YK, Park SH, Kim YJ. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patient (I) -Effect of seaweed supplementation on the gastrointestinal function and diabetic symptom control in streptozotocin-induced diabetic rat-. Korean J Nutr. 1996. 29:286-295.
19. Lee HS, Choi MS, Lee YK, Park SH, Kim YJ. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients (II) -Effect of seaweed supplementation on the lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats-. Korean J Nutr. 1996. 29:296-306.
20. Kim MH, Kim HYP, Kim WK, Kim JY, Kim SH. Effects of soyoligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Nutr. 2001. 34:3-13.
21. Lee JS, Son HS, Maeng YS, Chang YK, Ju JS. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Nutr. 1994. 27:819-827.
22. Pick ME, Hawrysh ZJ, Gee MI, Toth E, Garg ML, Hardin RT. Oat bran concentrate bread products improve long-term control of diabetes: a pilot study. J Am Diet Assoc. 1996. 96:1254-1261.
23. Hwang JK. Function of uncooked foods. Food Industry and Nutrition. 2002. 7(3):16-19.
24. Jang Y, Lee JH, Kim OY, Park HY, Lee SY. Consumption of whole grain and legume powder reduces insulin demand, lipid peroxidation, and plasma homocysteine concentrations in patients with coronary artery disease: randomized controlled clinical trial. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2001. 21:2065-2071.
25. Lee E, Lee MK, Kim PG, Kim SC, Lim SC. Effect of vegetal complex raw food on plasma glucose and lipid composition in high fat diet-induced diabetic rats. Korean J Plant Res. 2005. 18:270-278.
26. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. Clin Chem. 1972. 18:499-502.

27. Motta M, Bennati E, Cardillo E, Ferlito L, Malaguarnera M. The value of glycosylated hemoglobin (HbA1c) as a predictive risk factor in the diagnosis of diabetes mellitus (DM) in the elderly. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010. 50:60-64.
28. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ.* 2000. 321:405-412.
29. Ginsberg H, Kimmerling G, Olefsky JM, Reaven GM. Demonstration of insulin resistance in untreated adult onset diabetic subjects with fasting hyperglycemia. *J Clin Invest.* 1975. 55:454-461.
30. Hanefeld M, Temelkova-Kurktschiev T. Control of post-prandial hyperglycemia--an essential part of good diabetes treatment and prevention of cardiovascular complications. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2002. 12:98-107.
31. Van Gaal LF, De Leeuw IH. Rationale and options for combination therapy in the treatment of Type 2 diabetes. *Diabetologia.* 2003. 46:M44-M50.
32. Evans AJ, Krentz AJ. Insulin resistance and beta-cell dysfunction as therapeutic targets in type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab.* 2001. 3:219-229.
33. Pyörälä K, Laakso M, Uusitupa M. Diabetes and atherosclerosis: an epidemiologic view. *Diabetes Metab Rev.* 1987. 3:463-524.
34. Turner RC, Millns H, Neil HA, Stratton IM, Manley SE, Matthews DR, et al. Risk factors for coronary artery disease in non-insulin dependent diabetes mellitus: United Kingdom Prospective Diabetes Study (UKPDS: 23). *BMJ.* 1998. 316:823-828.
35. Tozer EC, Carew TE. Residence time of low-density lipoprotein in the normal and atherosclerotic rabbit aorta. *Circ Res.* 1997. 80:208-218.
36. Taskinen MR, Harno K, Nikkilä EA. Serum lipids and lipoproteins in type 2 diabetes. *Acta Endocrinol.* 1983. 104:S95-S99.
37. Verges B, Brun JM, Vaillant G, Quantin C, Brunet-Lecomte P, Farnier M, et al. Influence of obesity and hypertriglyceridaemia on the low HDL2-cholesterol level and on its relationship with prevalence of atherosclerosis in type 2 diabetes. *Diabetes Metab.* 1992. 18:289-297.
38. Golay A, Zech L, Shi MZ, Chiou YA, Reaven GM, Chen YD. High density lipoprotein (HDL) metabolism in non-insulin-dependent diabetes mellitus: measurement of HDL turnover using tritiated HDL. *J Clin Endocrinol Metab.* 1987. 65:512-518.
39. Adiels M, Westerbacka J, Soro-Paavonen A, Häkkinen AM, Vehkavaara S, Caslake MJ, et al. Acute suppression of VLDL1 secretion rate by insulin is associated with hepatic fat content and insulin resistance. *Diabetologia.* 2007. 50:2356-2365.