

ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

<http://doi.org/10.7856/kjcls.2019.30.2.181>

ISSN 2287-5190 (on-line)

30(2): 181~193, 2019

30(2): 181~193, 2019

여자 청소년의 공복혈당과 신체활동 및 식이요인과의 관련성 연구 -제6-7기 국민건강영양조사(2014-2016년도)자료를 이용하여-

정 인 경 · 김 정 현[†]

중앙대학교 체육교육과

Relationships among Fasting Blood Glucose, Physical Activity, and Dietary Intake in Female Adolescents:

-Based on the 6th-7th (2014-2016) Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES)-

In-Kyung Jung · Jung-Hyun Kim[†]

Dept. of Physical Education, Chung-Ang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study examined the relationships among fasting blood glucose, anthropometric data, blood lipid profiles, nutrient intakes, dietary habit, and physical activity in female adolescents. The 6th-7th (2014 to 2016) Korean national health and nutrition examination survey data were analyzed using the SPSS 25.0 package program. The results showed that 0.3% and 5.9% of female adolescents were diagnosed with diabetes and pre-diabetes. The pre-diabetic group had a significantly higher body weight, BMI, waist circumference, and systolic blood pressure than the normal group. In addition, pre-diabetic group showed a significantly lower intake of energy, carbohydrate, fiber, and potassium than the normal group. On the other hand, there were no differences in the frequency of meal intake and eating out, amount of work or leisure-related physical activities, grasping power, and sedentary time between the two groups. The blood fasting glucose level was negatively correlated with age, leisure-related total and moderate physical activity, walking, and right hand grasping power but positively correlated with the body mass index (BMI). Furthermore, the BMI and leisure-related moderate physical activity affected the fasting blood glucose in female adolescents. These results suggest that female adolescents should consistently participate in physical activities and maintain their BMI in the normal range to decrease the risk of pre-diabetes. Therefore, to prevent diabetes in female adolescents, they should be educated in how to maintain a healthy body weight and to participate a physical activity program. In addition, physical education classes should be developed and promoted.

Key words: fasting blood glucose, physical activity, BMI, nutrient intake

This work was supported by the Ministry of Education of Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017S1A5B8067020)

Received: 12 March, 2019 Revised: 29 April, 2019 Accepted: 14 May, 2019

[†]**Corresponding Author:** Jung-Hyun Kim Tel: 82-2-820-5378 E-mail: jhkim@cau.ac.kr

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.

I. 서론

2017년 국제당뇨병연맹에서는 전 세계 당뇨병 환자의 수가 4.25억 명에서 2045년 약 7억 명으로 증가 될 것이라 예측하였으며(International Diabetes Federation 2017), 한국에서도 당뇨병 환자수가 급속히 증가하여 2016년 30세 이상 성인의 13.0%와 25.3%가 당뇨병 및 당뇨병 전단계로 진단되었다고 보고되었다(Korean Diabetes Association 2018). 또한, 우리나라의 당뇨병 유병률도 빠르게 증가하여 2030년에 당뇨병 환자가 500만 명이 넘을 것으로 예측되고 있으며, 소아청소년의 비만율이 증가함에 따라 성인기 이전의 당뇨병 유병률도 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(Korean Diabetes Association 2018). 당뇨병인 경우, 혈당을 정상수준으로 유지하지 못하여 장기간 고혈당 상태가 지속되면 망막이나 신장, 신경 등의 미세혈관에 장애가 유발되어 실명, 신장질환, 족부궤양, 심혈관계질환 등 다양한 합병증을 유발하는 것으로 보고되었다(Korean Diabetes Association 2018). 또한, 매년 전 세계적으로 당뇨병과 당뇨병 합병증으로 인해 100만 명이 사망하는 것으로 보고되어 당뇨병에 대한 예방과 치료의 중요성이 부각되고 있다(WHO 2016).

당뇨병은 제1형 당뇨병과 제2형 당뇨병으로 구분되는데 제1형 당뇨병은 체내에서 인슐린을 생성하지 못하여 발생하며, 제2형 당뇨병은 인슐린이 체내에서 효과적으로 이용되지 못하고 저항성이 생겨 발생하는 것으로 당뇨병 환자의 90% 이상이 제2형 당뇨병으로 진단되고 있다(Malecki 2005; International Diabetes Federation 2017). 이전에는 소아 청소년들에게 발병한 당뇨병의 대부분이 제1형 당뇨병이었던 반면 최근에는 제2형 당뇨병의 발생이 증가하고 있으며(Writing Group for the SEARCH for Diabetes in Youth Study Group 2007), 그 원인으로는 비만과 운동 부족, 수면부족, 과도한 단순당의 섭취와 고열량, 고지방 식이와 같은 서구화된 생활양식 등이 알려져 있다(Kitagawa et al. 1998; Arslanian 2000). 이에 WHO에서는 당뇨병을 예방하기 위해 균형 있는 영양

섭취와 함께 적극적인 신체 활동, 그리고 과도한 체중 증가를 억제하는 것이 매우 중요하다고 강조하였다(WHO 2016). 특히 청소년기는 성장 발달이 일어나는 시기이기 때문에 정상적인 성장을 유지하고 혈당을 정상적인 상태로 유지하는 것이 매우 중요하다.

당뇨병의 발병률은 꾸준히 증가하고 있으나 상당수의 당뇨병 환자나 당뇨병전단계인 사람들은 자신의 병을 인지하지 못하여 적절한 치료를 받고 있지 않은 것으로 나타났다(Korea Diabetes Association 2018). 이에 당뇨병을 예방하고 치료하고자 하는 사회적 관심이 증가하고 있으며, 국가 차원에서 당뇨병의 예방 및 치료를 위한 교육과 홍보를 강화하고, 당뇨병 위험이 높은 사람들을 조기 발견하여 관리를 강화함으로써 향후 당뇨병 발병률과 합병증을 감소시키고자 노력하고 있다. 또한, 당뇨병 발병에 영향을 주는 요인을 찾아 당뇨병 발병 전에 이를 개선하고자 하는 연구들이 꾸준히 진행되고 있으며, 생활습관을 개선함으로써 당뇨병으로 악화되는 것을 막기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다(The Diabetes Prevention Program Research Group 2002; Li et al. 2008). 최근 중국, 미국과 핀란드의 연구에서는 생활습관을 바꿈으로써 당뇨병 발생 위험을 50% 이상 감소시킬 수 있는 것으로 보고하였으며(The Diabetes Prevention Program Research Group 2002; Li et al. 2008), 우리나라에서도 당뇨병과 관련 깊은 생활습관 요인을 찾아 당뇨병을 예방하고자 하는 연구가 지속적으로 수행되고 있다(Kown & Kim 2002; Chun 2011). 특히, 당뇨병의 유병률은 종족이나 유전적인 요인, 생활환경 등에 영향을 많이 받기 때문에 그 나라의 특성에 맞는 생활 개선 방안이 요구되고 있다. 우리나라의 경우 서구인에 비해 비만성 당뇨병 환자가 많지 않고 인슐린 저항성도 현저하게 높지 않은 것으로 보고(Lee et al. 1992)되고 있기 때문에 서구인의 비만에 따른 당뇨병 발생 특성과는 차이가 있을 것으로 알려져 있어 한국인의 특성에 맞는 당뇨병 예방 방안을 마련하는 것이 매우 중요하다. 또한, 당뇨병은 발병이 된 이후 생활습관을 개선하는 것보다 당뇨병이 발병하기 이전인

당뇨병 전단계부터 조기에 진단하여 잘못된 생활습관을 개선하는 것이 효율적이다. 특히, 정상과 제2형 당뇨병의 중간 상태인 당뇨전단계의 50~80%가 10여 년 후 당뇨병으로 진행되는 것으로 알려져 있으며, 당뇨병에 의한 합병증은 이미 당뇨전단계부터 시작된다고 보고(Chun 2011)되고 있어, 당뇨전단계부터 이를 예방하고 치료하는 것이 매우 중요하다. 또한, 대부분의 당뇨병 예방 연구들은 성인기를 중심으로 이루어져 있기 때문에 청소년기의 생활습관에 맞는 예방 대책을 수립하는 것이 더 효율적일 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 정상군과 당뇨전단계인 여자 청소년들의 생활습관을 비교하고, 공복혈당에 영향을 주는 생활습관 요인, 신체활동과 좌식행동, 식습관 및 영양섭취를 알아본 후, 그 관련성을 종합적으로 파악하여 당뇨를 예방하기 위한 생활지침을 수립하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구자료 및 연구대상자 선정

본 연구는 질병관리본부에서 실시하고 있는 국민건강영양조사의 6-7기 원시자료 중 2014년-2016년도 자료를 활용하고자 중앙대학교 생명윤리위원회의 심의 및 승인을 받았다(1041078-201901-HRSB-001-01). 원시자료는 국민건강영양조사의 홈페이지(<http://knhanes.cdc.go.kr>)에서 승인받아 건강 설문조사 및 검진조사 자료를 통합하여 분석하였다. 본 연구에서

는 2014년-2016년도 국민건강영양조사에 참여한 만 12-18세의 여자 청소년 중 신체활동, 검진조사에 대한 결과가 누락된 대상자와 당뇨병으로 진단된 대상자를 제외하여 총 571명을 연구대상자로 분석하였다. 본 연구 대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구내용 및 관련지표

1) 일반사항

본 연구에서는 일반 사항으로 연령, 교육수준, 경제적 수준, 체중, 신장 및 체질량지수(body mass index, BMI)를 사용하였다.

2) 당뇨병 판단기준

한국 당뇨병학회에서 제시한 당뇨전단계 진단기준인 공복혈당을 기준으로 정상군과 당뇨전단계군을 분류하였으며, 공복혈당 수치가 100 mg/dL 이하인 경우는 정상군, 100~125 mg/dL인 경우는 당뇨전단계, 125 mg/dL 이상인 경우는 당뇨병으로 분류하였다.

3) 열량 및 영양소 섭취 상태와 식습관

영양소 섭취량은 제6-7기 국민건강영양조사에서 실시한 3일간의 24시간 회상법 자료를 이용하였다. 열량 및 영양소 섭취 상태를 알아보기 위해 각 연령에 맞는 에너지 필요 추정량, 탄수화물, 지방, 단백질 비율을 계산하였으며(The Korean Nutrition Society 2015), 극단적인 식품 섭취량에 의한 오류를 피하기 위하여 섭취한 에너지가 500 kcal/day 미만이거나 5,000 kcal/day 이상인 자는 제외하였다. 또한, 식습관을 알아보기 위해 아침, 점심, 저녁식사의 결식과 외식횟수에 대한 문항을 사용하였다.

4) 신체활동 유형별 활동량

조사대상자의 신체활동 정도를 알아보기 위해 일로 인한 신체활동과 여가를 위한 신체활동을 나누어 신체활동량을 다음과 같은 식으로 각각 산출하여 분석하였다(Kim & Jung 2016).

- 고강도 신체활동량(Metabolic Equivalent of Task,

Table 1. General characteristics of the subjects

Variables	Category	n(%)
Age (year)	14.81 ± 1.95 ¹⁾	
Educational status	Elementary	66(11.5)
	Junior high	248(43.3)
	High	238(41.5)
	College/University	21(3.7)
Economic status	Upper	183(31.9)
	Upper-middle	188(32.9)
	Lower-middle	133(23.3)
	Lower	67(11.7)

¹⁾Mean ± SD

METs) = 8.0 x 고강도 신체활동시간(분) x 1주일간 고강도 신체활동일 수

- 중강도 신체활동량(METs) = 4.0 x 중강도 신체활동시간(분) x 1주일간 중강도 신체활동일 수
- 걷기 신체활동량(METs) = 3.3 x 걷기 신체활동시간(분) x 1주일간 걷기 일 수
- 총 신체활동량(METs) = 걷기 활동량 + 중강도 신체활동량 + 고강도 신체활동

5) 근력

근력을 알아보기 위해 악력을 활용하였으며, 3차에 걸쳐 측정한 왼손과 오른손 악력 수치의 평균을 계산하여 사용하였다.

6) 좌식시간

제6-7기 국민건강영양조사 설문지 중에 평소 하루 앉아서 보내는 시간을 계산하여 사용하였다.

3. 자료처리 및 분석

본 연구 자료의 통계처리 및 분석을 위해 SPSS 25.0을 이용하였으며, 모든 분석에서 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 연구대상자를 정상군과 당뇨병전단계군으로 나눠서 체중, 신장, 체질량지수, 강도별 신체활동량, 좌식생활 시간 및 영양소 섭취량의 평균의 차이를 독립표본 t-test로 분석하였으며, chi-square tests를 사용하여 정상군과 당뇨병전단계군의 결식 및 외식횟수의 차이를 측정하였다. 공복혈당과 신체활동, 좌식행동 및 식습관의 관련성을 알아보기 위해 상관관계분석을 이용하여 공복혈당에 영향을 주는 요인들을 확인하였으며, 상관관계가 있는 요인들이 공복혈당에 미치는 영향을 회귀분석으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사대상자의 공복 혈당 수준에 따른 당뇨 및 당뇨병전단계 유병률

본 조사대상자들의 공복 혈당 수준에 따른 당뇨

유병률을 알아본 결과(Table 2), 공복혈당이 125 mg/dL 이상인 당뇨군은 0.3%에 불과하였으며, 당뇨전단계는 5.9%, 정상군은 93.7%로 나타났다. 우리나라의 당뇨병 유병률은 지속적으로 높아지는 것으로 보고되었으며, 당뇨전단계는 성인의 경우 유병률이 25%로 매우 높은 것으로 보고되었다(Kown et al 2015). 대부분의 당뇨와 관련된 연구는 성인을 대상으로 하거나, 제1형 당뇨병 소아 청소년을 대상으로 한 연구(Lee 2011; Kim 2015)로 청소년들의 당뇨전단계 유병률에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 의사로부터 당뇨로 진단받지 않은 청소년들을 대상으로 당뇨 및 당뇨전단계의 유병률을 분석하였으며 6.2%의 청소년이 기준치 이상으로 공복혈당이 높은 것으로 나타났다. 당뇨전단계인 경우 당뇨병으로 발병할 가능성이 높을 뿐 아니라 대사증후군이나 심혈관계 질환과 같은 만성질환으로 발전될 위험이 정상군에 비해 매우 높기 때문에 당뇨병 및 만성질환을 예방하기 위해 혈당을 정상 수준으로 관리해야 한다고 보고되었다(Kown et al. 2002; Chun 2011; Stino & Amith 2017). 특히 청소년기부터 혈당이 높게 유지되면 만성질환으로의 진행이 빠르게 나타날 수 있기 때문에 공복혈당에 영향을 주는 요인을 찾아 혈당을 정상적인 수준으로 유지할 수 있도록 예방하고 관리하는 것이 매우 중요할 것으로 판단된다.

Table 2. Classification of the groups according to the fasting blood glucose in female adolescents

n(%)	
Groups	Fasting blood glucose
Normal	538(93.7)
Pre-diabetes	34(5.9)
Diabetes	2(0.3)

2. 공복 혈당 수준에 따른 신체 계측 및 건강 관련 요인

본 조사 여자 청소년의 당뇨병군의 수가 0.3%에 불과하여 이후 분석에서는 정상군과 당뇨전단계군만

을 비교하였다. 본 여자 청소년의 신장과 체중은 159.34 cm, 54.06 kg으로 나타났으며, 체질량지수와 허리둘레는 21.12 kg/m²와 69.42 cm로 비만도와 복부 비만 수치 모두 정상군에 포함되었다(Table 3). 수축기 혈압과 이완기 혈압은 기준치인 120 mmHg와 80 mmHg보다 낮은 106.27 mmHg, 66.51 mmHg로 나타났으며, 혈중 콜레스테롤과 중성지방, LDL-콜레스테롤도 기준치보다 낮은 166.15 mg/dL, 84.26 mg/dL, 97.76 mg/dL로 정상범위에 포함되었다. 또한, HDL-콜레스테롤의 경우 53.28 mg/dL로 기준치인 50 mg/dL보다 높아 정상 범위인 것으로 나타났다.

혈당 수준에 따른 신체 계측과 건강 관련 요인을 살펴본 결과, 당뇨병단계군의 체중이 58.78 kg으로 정상군의 53.76 kg보다 유의적으로 높았으며, 체질량지수도 당뇨병단계군은 23.00 kg/m²로 과체중 범위에 포함되었으나 정상혈당군은 21.00 kg/m²로 정상체중군에 속하여 유의미한 차이를 보였다. 또한, 복부비만을 나타내는 허리둘레의 경우 정상군은 67.15 cm였으나 당뇨병단계군은 73.68 cm로 정상군보다 유의적으로 높았으며, 수축기 혈압도 당뇨병단계군의

경우 110.09 mmHg로 정상군의 106.02 mmHg보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

청소년기는 급격한 성장 발달이 일어나는 시기로 이 시기에 충분한 영양을 섭취하여 정상적인 성장 발달을 유지해야 하나 과도한 열량을 섭취하게 되면 비만이 유발되어 성인기 건강에 악영향을 줄 수 있기 때문에 성장 발달을 저해하지 않으면서 체중을 정상 범위로 유지시키는 것이 매우 중요하다. 특히 과도하게 체지방이 축적된 상태인 비만은 만성질환을 유발하는 요인 중 하나로 보고되었으며(Macmahon et al, 1987), 특히 제2형 당뇨병 환자나 당뇨병단계인 경우 정상인에 비해 비만율이 높은 것으로 보고되고 있다(Halpern et al, 2005; Stumvoll et al, 2005). 또한 청소년기의 비만은 신체적 건강 뿐 아니라 정신적 건강에 악영향을 주는 것으로 보고되고 있어(Jee & Kim 2013) 만성질환 예방과 정신 건강을 위해서는 청소년기에 적정 체중을 유지하는 것이 매우 중요한 것으로 판단된다.

Table 3. Anthropometric data and health-related factors according to the fasting blood glucose in female adolescents

Variables	Fasting blood glucose		Total (n=572)
	Normal (n=538)	Pre-diabetes (n=34)	
Height(cm)	159.70 ± 5.68 ¹⁾	159.34 ± 6.58	159.68 ± 5.73
Weight(kg)	53.76 ± 40.53	58.78 ± 14.47**	54.06 ± 10.86
BMI(kg/m ²)	21.00 ± 3.51	23.00 ± 4.85**	21.12 ± 3.63
Waist circumference(cm)	67.15 ± 8.28	73.68 ± 40.74**	69.42 ± 8.50
SBP(mmHg)	106.02 ± 8.48	110.09 ± 10.48**	106.27 ± 8.65
DBP(mmHg)	66.52 ± 7.51	66.32 ± 9.96	66.51 ± 7.67
TC(mg/dL)	165.98 ± 28.15	168.79 ± 27.61	166.15 ± 28.10
TG(mg/dL)	83.49 ± 43.70	96.47 ± 47.83	84.26 ± 44.02
HDL-C(mg/dL)	53.37 ± 10.39	51.87 ± 8.03	53.28 ± 10.26
LDL-C(mg/dL)	97.98 ± 23.71	94.09 ± 25.61	97.76 ± 23.77

¹⁾Mean ± D

BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, TC: total cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low density lipoprotein cholesterol

*p<0.05, **p<0.01

3. 혈당 수준에 따른 영양섭취 및 식습관의 차이

본 조사 대상자의 혈당 수준에 따른 영양섭취량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 정상군과 당뇨병단계군의 에너지 섭취량은 1,898.14 kcal와 1,617.41 kcal로 필요추정량인 2,000 kcal의 80~95%에 해당되었으며, 정상군의 에너지 섭취량이 당뇨병단계군보다 유의하게 높았다. 탄수화물과 지방, 단백질의 섭취량은 각각 281.27 g과 241.43 g, 53.19 g과 45.57 g, 68.17 g과 59.01 g이었으며, 정상군의 탄수화물 섭취량이 당뇨병단계군보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 총 열량 중 탄수화물:지방:단백질의 섭취비율은 59.99:24.59:14.30과 61.23:24.43:14.32로 한국인 영양소 섭취기준인 55-65%:15-30%:7-20%에 포함되는 수준이었다.식이섬유의 경우 충분섭취량인 20 g보다 두 군 모두 적게 섭취하고 있었으며, 정상군의 식이섬유 섭취량이 당뇨병단계군보다 유의미하게 높았다. 미량영양소의 경우 티아민을 제외한 모든 대부분의 비타민과 무기질의 섭취량이 권장섭취량보다 적은 것으

로 나타났으며, 특히, 칼슘의 섭취량은 정상군 435.48 mg, 당뇨병단계군 402.04 mg으로 권장섭취량의 약 50% 수준에 불과하였다.

본 조사대상자 중 당뇨병단계군은 정상군에 비해 식이섬유와 칼륨의 섭취가 적은 것으로 나타났다. United Kingdom Prospective Diabetes Study (UKPDS) 연구 결과에 따르면 당뇨병단계 환자들이 식이섬유 및 전곡류를 많이 섭취하면 혈당을 저하시킬 수 있으며, 당뇨병 환자의 경우에는 정상혈당 유지에 도움이 될 수 있을 것으로 보고하였다(UKPDS 1990). 또한, 코호트 연구를 메타 분석한 de Munter et al.(2007)과 Schulze et al.(2007)도 식이섬유가 많이 함유되어 있는 전곡류의 섭취가 높을수록 당뇨병 유병률을 낮춘다고 보고하여 식이섬유 섭취가 당뇨병증상을 완화시키는 데 매우 중요한 요인으로 설명하고 있다. 특히 식이섬유의 포함된 채소와 과일을 많이 섭취할수록 다양한 미량영양소의 섭취도 높아질 수 있기 때문에 혈당이 높은 여자 청소년들에게 채소와 과일 섭취의

Table 4. Nutritional intake according to the fasting blood glucose in female adolescents

Variables	Fasting blood glucose			
	Normal (n=538)		Pre-diabetes (n=34)	
Energy(kcal)	1,898.14 ±	690.90 ¹⁾	1,617.41 ±	627.95*
CHO(g)	281.27 ±	104.70	241.43 ±	94.44*
Fat(g)	53.19 ±	30.11	45.57 ±	26.45
Protein(g)	68.17 ±	35.06	59.01 ±	28.62
Energy intake ratio(%)				
CHO	59.99 ±	10.20	61.23 ±	13.19
Fat	24.59 ±	8.03	24.43 ±	9.43
Protein	14.30 ±	4.20	14.32 ±	3.53
Fiber(g)	16.72 ±	8.81	13.17 ±	5.84*
Ca(mg)	435.48 ±	268.48	402.04 ±	264.41
P(mg)	969.94 ±	416.30	828.09 ±	375.49
Fe(mg)	14.00 ±	10.17	12.57 ±	9.61
K(mg)	2368.51 ±	1,100.63	1,960.65 ±	809.39*
Vitamin A(ugRE)	601.01 ±	844.74	933.41 ±	3,061.12
Thiamin(mg)	1.79 ±	0.90	1.56 ±	0.86
Riboflavin(mg)	1.31 ±	0.67	1.13 ±	0.67
Niacin(mg)	13.89 ±	7.35	12.37 ±	6.85
Vitamin C(mg)	71.97 ±	78.22	55.46 ±	64.13

¹⁾Mean ± SD

*p<0.05

중요성에 대해 교육하여 식이섭유와 칼륨 등 미량영양소를 충분히 섭취할 수 있도록 해야 할 것이다. 또한, 본 여자 청소년들의 가장 부족하기 쉬운 영양소는 칼슘으로 나타났는데, 칼슘은 청소년기의 골격 형성 및 골밀도 증가에 매우 중요한 영양소이기 때문에 충분한 양의 칼슘을 섭취할 수 있도록 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

본 여자 청소년의 식사별 섭취 빈도와 외식 빈도를 알아본 결과(Table 5), 일주일에 5회 이상 아침식사를 하는 비율은 정상군 63.4%, 당뇨전단계군 41.2%로 정상군인 여학생들이 아침식사를 좀 더 규칙적으로 하고 있었으며, 아침을 전혀 섭취하지 않는 비율은 당뇨전단계군이 17.6%로 정상군의 11.7%보다 높은 경향을 보였으나 유의미한 차이는 보이지 않았다. 또한, 여학생들은 점심식사를 비교적 규칙적으로 섭취하는 것으로 나타났으며, 저녁식사를 5일 이상 하는

비율도 정상군 88.1%, 당뇨전단계군 82.4%로 비교적 높게 나타났다. 마지막으로 외식 빈도를 알아본 결과 일주일에 5회 이상 외식을 하는 비율이 정상군과 당뇨전단계군 모두 90% 이상으로 나타나 대부분의 여학생들이 외식을 많이 섭취하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 아침식사의 규칙성과 제2형 당뇨병 위험간에 역의 상관관계를 보였으며, 식사 빈도와 간식 섭취는 제2형 당뇨병 위험과 직접적인 관련이 있는 것으로 보고된 선행연구(Mekary 2012)와 유사한 것으로 당뇨병을 예방하기 위해서는 혈당지수가 낮고 식이섭유가 충분히 함유된 식품을 충분히 섭취하고, 규칙적인 식사를 하는 중요하다고 판단된다.

4. 공복혈당 수준에 따른 신체활동량, 악력 및 좌식시간의 차이

본 조사 여자 청소년들의 공복혈당 수준에 따른

Table 5. Dietary habits according to the fasting blood glucose in female adolescents

Variables		Fasting blood glucose	
		Normal (n=538)	Pre-diabetes (n=34)
Frequency of breakfast during a week	None	63(11.7)	6(17.6)
	1~2 times	55(10.2)	6(17.6)
	3~4 times	79(14.7)	8(23.5)
	5~7 times	341(63.4)	14(41.2)
		$\chi^2=6.773$	
Frequency of lunch during a week	None	2(0.4)	1(2.9)
	1~2 times	2(0.4)	0(0.0)
	3~4 times	13(2.4)	2(5.9)
	5~7 times	521(96.8)	31(91.2)
		$\chi^2=5.723$	
Frequency of dinner during a week	None	2(0.4)	0(0.0)
	1~2 times	8(1.5)	2(5.9)
	3~4 times	54(10.0)	4(11.8)
	5~7 times	474(88.1)	28(82.4)
		$\chi^2=3.875$	
Frequency of eating out	1~3 times/month	7(1.3)	0(0.0)
	1~2 times/wk	10(1.9)	1(2.9)
	3~4 times/wk	10(1.9)	1(2.9)
	5~6 times/wk	256(47.6)	15(44.1)
	1 time/day	174(32.3)	12(35.3)
	More than 2 times/day	80(14.9)	5(14.7)
		$\chi^2=1.063$	

Table 6. Physical exercise activities and sedentary time according to the glycosylated hemoglobin and fasting blood glucose levels in female adolescents

Variables		Fasting blood glucose	
		Normal (n=538)	Pre-diabetes (n=34)
Work-related physical activity (METs · min/wk)	High intensity	90.81 ± 469.61	51.76 ± 468.72
	Moderate intensity	215.84 ± 524.54	168.82 ± 339.60
	Transportation	494.82 ± 567.55	498.88 ± 510.51
	Total	802.39 ± 1,053.41	719.47 ± 668.39
Leisure-related physical activity (METs · min/wk)	High intensity	138.87 ± 468.72	273.55 ± 650.83
	Moderate intensity	149.10 ± 337.86	82.58 ± 196.21
	Walking	669.19 ± 759.38	441.13 ± 483.85
	Total	960.44 ± 1,033.10	822.92 ± 878.87
Grasping power	Right hand	21.89 ± 4.80	21.51 ± 5.55
	Left hand	20.69 ± 4.62	19.89 ± 4.64
Sedentary time(min)		658.99 ± 174.50	627.35 ± 155.53

¹⁾Mean ± SD

일 및 여가 관련 신체활동량의 차이를 알아본 결과는 Table 6과 같다. 일 관련 신체활동량의 경우, 고강도, 중강도 및 일과 관련된 총 신체활동량 모두 정상적인 공복혈당을 갖고 있는 여학생이 높았으나 그룹간의 유의미한 차이는 보이지 않았다. 또한, 여가관련 신체활동량은 당뇨병전단계군의 고강도의 신체활동량이 정상군보다 높았으나 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 중강도와 걷기, 총 신체활동량은 정상군이 높은 경향을 보여주었다. 근력을 보여주는 악력의 경우 정상군이 당뇨병전단계군보다 다소 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 좌식시간 또한 두 군간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 좌식시간의 경우 두 군 모두 하루에 앉아서 보내는 시간이 10시간 이상으로 나타나 우리나라 여자 청소년들은 장시간 좌식생활을 하는 것으로 나타났다.

5. 공복혈당 수준과 일반사항, 신체활동량, 영양소 섭취와의 관계

본 여자 청소년들의 공복혈당과 일반사항 및 건강 관련 요인과의 상관관계를 알아본 결과(Table 7), 연령, 여가관련 총 신체활동량, 여가관련 중강도 신체활동량, 걷기 활동량과 오른손의 악력은 부의 상관관계

를 보였으며, 체질량지수는 양의 상관관계를 보였다. 이는 여학생들이 여가와 관련된 신체활동을 많이 하고, 근력이 높을수록 공복혈당이 낮아지며, 체질량지수가 높아질수록 공복혈당도 높아진다는 것을 의미한다. 본 연구결과 공복혈당은 연령과 부의 상관관계를 보였으나 이동과 청소년을 대상으로 연구한 Song et al.(2012)의 연구에서는 연령이 공복혈당에 영향을 주지 않는 것으로 나타나 본 연구 결과와 다른 경향을 보였다. 또한, 본 연구 결과 신체활동량과 근력은 공복혈당을 낮추는 것으로 나타났는데, 선행연구에 따르면 규칙적인 운동은 혈당을 낮출 뿐 아니라 당뇨병 합병증인 심혈관위험도 감소시킨다고 보고하였다(Sigal et al. 2004). 또한, 당뇨병전단계에서도 규칙적인 신체활동이 당뇨병을 예방하는 효과가 있다고 보고되고 있는데, 미국 Physician Health Study의 연구 결과 당뇨병 발생과 운동 빈도는 부의 관계를 보였다고 보고하였으며(Manson et al. 1992), 주당 5회 이상 운동을 하는 사람의 당뇨병 발생률이 감소하는 것으로 보고하였다(Manson et al. 1992). 또한 규칙적인 신체활동을 하면 인슐린 저항성이 감소되기 때문에(Houmard et al. 2004; Evans et al. 2005; Bajpeyi et al. 2009) 제2형 당뇨병 환자가 유산소운동과 저항운동을 하는

경우 당뇨병 및 합병증의 예방과 치료에 효과적이라고 보고되었다(Park & Kim 2015). 이는 규칙적인 신

Table 7. Correlation with the fasting blood glucose, anthropometric data, physical activity, and nutrient intake

	Fasting blood glucose
Age	-0.180**
Weight	-0.012
Height	0.049
BMI	0.087*
Waist circumference	0.069
Work-related total physical activity	-0.003
Work-related vigorous physical activity	0.024
Work-related moderate physical activity	-0.069
Work-related walking activity	0.038
Leisure-related total physical activity	-0.090*
Leisure-related vigorous physical activity	0.020
Leisure-related moderate physical activity	-0.115**
Leisure-related walking activity	-0.085*
Right hand grasping power	-0.088*
Left and grasping power	-0.075
Sedentary time	-0.063
Energy intake	-0.022
CHO intake	0.004
Protein intake	-0.020
Fat	-0.047
Calcium	-0.023
Phosphorus	-0.019
Iron	-0.014
Vitamin A	0.050
Thiamin	-0.005
Riboflavin	-0.035
Niacin	-0.016
Vitamin C	-0.010

*p<0.05, **p<0.01

체활동이 인슐린 신호와 포도당 대사 관련 단백질의 활성이나 발현을 증가시킴으로써 골격근의 인슐린 민감성을 증가시킬 뿐 아니라(Christ-Roberts et al, 2004; O'Gorman et al, 2006; Wang et al, 2009), 운동 시 근육에서의 지방 이용이 증가하여 혈중 지방산의 농도가 낮아지게 되면서 인슐린의 민감성이 증가되기 때문으로 보고되었다(Duncan et al, 2003; Goodpaster et al, 2003; Pruchnic et al, 2004; Kelley & Kelley 2007).

마지막으로 공복혈당은 체질량지수와 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 당뇨병이나 심혈관계 합병증은 비만에 의해 영향을 받기 때문에 정상적인 체중을 유지함으로써 혈당 장애를 예방하는 것이 중요한 것으로 보고되고 있다(Song et al, 2012). 따라서 여자 청소년들이 정상적인 수준으로 혈당을 유지하기 위해서는 규칙적인 신체활동을 통해 정상적인 체중을 유지함으로써 혈당을 조절해야 할 것으로 판단된다.

6. 공복혈당에 영향을 미치는 요인

본 조사 여자 청소년들의 공복혈당에 영향을 미치는 요인을 알아본 결과는 Table 8과 같다. 선행연구에서 골밀도에 영향을 미치는 요인으로 연령이 있다고 보고(Choi & Kim 2018)되고 있어 본 연구에서는 먼저 연령 보정을 하지 않고 공복혈당에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며, 두 번째로 연령의 효과를 보정한 후 공복혈당에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 먼저 연령을 보정하지 않고 공복혈당에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과(Model 1), 체질량지수($\beta = 0.151$, $p < 0.01$)가 공복혈당에 정적 영향을 미쳤고, 오른손 악력($\beta = -0.132$, $p < 0.01$)과 여가관련 중강도 신체활동량($\beta = -0.106$, $p < 0.05$)은 부적 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 설명력은 3.2%였다. 연령을 보정한 후의 결과를 살펴보면(Model 2), 체질량지수($\beta = 0.171$, $p < 0.001$)가 공복혈당에 정적 영향을 미치는 것으로 나타났고, 여가관련 중강도 신체활동량($\beta = -0.104$, $p < 0.05$)은 부적 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 설명력은 6.2%였다. 또한, 연령을 보정하지

Table 8. Effects of the BMI and physical activity on the fasting blood glucose level

Variables	Model 1		Model 2	
	β	t	β	t
BMI	0.151	3.374**	0.171	3.914***
Right hand grasping power	-0.132	-2.956**	-0.080	-1.767
Leisure-related moderate physical activity	-0.106	-2.501*	-0.104	-2.490*
R^2	0.038		0.067	
Adjusted R^2	0.032		0.062	
F	6.744***		12.755***	

Model 1: No adjust, Model 2: Age adjusted

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

않았을 때 영향을 주었던 오른손 악력은 연령 보정 후 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이는 여학생들이 공복혈당을 정상 수준으로 유지하기 위해서는 건강 체중을 유지하고, 여가와 관련된 중강도 신체활동량에 많이 참여해야 한다는 것을 의미한다.

본 연구 결과 연령 보정여부와 상관없이 체질량지수는 공복혈당에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 이는 선행연구 결과와 같은 경향을 보였다(Cho 2014). 소아청소년을 대상으로 연구한 Song et al.(2012)의 연구에서도 체질량지수가 당화혈색소에 정적 영향을 주는 것으로 나타났으며, Cho(2014)의 연구에서도 체질량지수가 높을수록 공복혈당을 높이는 것으로 나타났다. 이는 비만인 경우 지방 조직 내 호르몬 민감성 지방분해 효소(hormone-sensitive triglyceride lipase, HSL)의 활성이 높아져 혈중 유리지방산의 농도가 높아지고, 높아진 혈중 유리지방산으로 인해 근육이나 간에서의 포도당 이용이 억제되어 인슐린 저항성이 유발되기 때문으로 보고되었다(Jocken et al. 2007). 또한 중강도의 신체활동량이 공복혈당에 부적 영향을 주는 것으로 나타나 신체활동이 당뇨병의 위험을 감소시킨다는 선행연구와 같은 결과를 보였다(Hu & Yu 2011; Lao et al. 2018). 최근 중국인을 대상으로 한 연구에서 걷기, 달리기 등의 신체활동이 당뇨병 위험군의 발병 위험성을 낮추는 것으로 보고되었으며(Lao et al. 2018), 지속적인 신체활동이 공복혈당, 당화해

모글로빈을 낮춤으로써 당대사를 개선한다고 보고되었다(Hu & Yu 2011). 또한, 지속적인 저강도나 중강도의 신체활동이 당뇨병의 위험을 감소시키는 것으로 보고되어(Verma et al. 2018), 미국 당뇨병회에서는 중·고강도의 유산소 운동을 최소 30분, 주 5일 이상 또는 일주일에 150분 이상 실천하고, 주 2회 이상의 저항성 운동을 실천하도록 권장하고 있다. 우리나라에서도 체력을 유지하고, 다양한 만성질환을 예방하기 위해 신체활동 지침을 개발하여 보급하였으며, 중강도 유산소 신체활동을 일주일에 150분 이상 또는 고강도 유산소 신체활동을 일주일에 75분 이상 실천하고, 근력운동은 일주일에 2일 이상 실시하도록 권장하고 있다. 그러나 우리나라 여자 청소년들의 신체활동 실천율은 매우 낮은 것으로 나타나(Baek 2015; Kim & Jung 2016) 여학생들의 건강을 유지하기 위해서는 신체활동의 중요성을 인식시키고 이를 실천할 수 있도록 교육해야 할 것으로 판단된다. 또한, 학교 정규 교육과정이나 스포츠 클럽에 여학생들의 흥미를 유발할 수 있는 다양한 프로그램을 운영하여 적극적으로 참여할 수 있도록 프로그램을 운영해야 할 것이다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 여자 청소년들에게 있어 신체활동과 생활습관 및 영양소 섭취가 공복혈당에 미치는 영향을

구명하고자 실시되었으며, 이를 위해 제 6-7기 국민건강영양조사 자료 중 공복혈당과 신체활동, 혈중 지질, 영양소 섭취 및 신체계측 데이터를 활용하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 여자 청소년들 중 0.3%의 학생이 당뇨병, 5.9%가 당뇨병전단계인 것으로 나타났으며, 당뇨병전단계인 여학생의 체중, 체질량지수, 허리둘레 및 이완기혈압이 정상군보다 유의하게 높았다.

둘째, 당뇨병 전단계인 여학생들은 정상적인 혈당을 갖고 있는 학생들보다 에너지와 탄수화물의 섭취량, 식이섬유, 칼륨의 섭취량이 유의적으로 적게 나타났으나, 결식이나 외식 횟수, 신체활동량이나 악력, 좌식시간은 유의미한 차이를 보이지 않았다.

셋째, 공복혈당과 연령, 여가로 인한 총 신체활동량, 중강도 신체활동량과 걷기 신체활동량, 오른손 악력은 부의 상관관계를 나타냈으며, 체질량지수와는 정의 상관관계를 나타냈다.

넷째, 연령의 보정과 관련 없이 체질량지수는 공복혈당에 정적인 영향을 주었으며, 여가관련 중강도 신체활동량은 공복혈당에 부적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한, 연령을 보정하지 않는 경우 근력을 나타내는 오른손 악력이 공복혈당에 부적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

결론적으로 성장기에 있는 여자 청소년들이 공복혈당을 정상범위로 유지하기 위해서는 정상적인 체질량지수를 유지하고, 중강도의 규칙적인 신체활동을 꾸준히 실천하여 근육량을 유지하는 것이 매우 중요한 것으로 나타났다. 따라서 여자 청소년들에게 건강체중에 대한 이해와 함께 건강한 체중을 유지하기 위한 영양 및 신체활동 교육 프로그램을 개발하여 학교 교육을 통해 이를 적극적으로 운영해야 할 것이며, 학교 정규 수업과정 중 체육수업이나 방과 후 학교 스포츠클럽 활동에 여학생들이 적극적으로 참여할 수 있도록 다양한 체육 프로그램을 개발·운영해야 할 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점과 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 횡단적 자료를 근거로 하여

분석을 하였기 때문에 명확한 인과관계를 밝히는데 있어 제한점이 있다. 둘째, 공복혈당에 영향을 주는 요인으로 일반사항과 혈중 지질, 신체활동량과 영양섭취만을 분석하였기에 다른 요인과의 복합적 관련성을 밝히지 못하였다. 따라서 추후에는 종단적 자료를 분석하여 명확한 인과 관계를 밝혀야 할 것이며, 당뇨병 전단계 발생에 영향을 주는 다양한 생활 및 생화학적 요인 등을 고려한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Arslanian SA(2000) Type 2 diabetes mellitus in children: pathophysiology and risk factors. *J Pediatr Endocrinol Metab* 13(S6), 1385-1394
- Baek SH(2015) A study on practice rate of physical activity of Korean adolescents. *Korean J Sports Sci* 24(5), 1437-1446
- Bajpeyi S, Tanner CJ, Slentz CA, Duscha BD, McCartney JS, Hickner RC, Kraus WE, Houmard JA(2009) Effect of exercise intensity and volume on persistence of insulin sensitivity during training cessation. *J Appl Physiol* 106(4), 1079-1085. doi:10.1152/jappphysiol.91262.2008
- Cho KO(2014) Associations of body shape index and body mass index with metabolic syndrome risk factors in Korean adolescents: the fifth Korea National Health and Nutrition Survey. *Exerc Sci* 23(1), 33-40. doi:10.1587/ksep.2014.23.1.33
- Choi JW, Kim JH(2018) Effects of nutrient intake and physical activities on bone mineral density in female adolescents. *J Learner-Centered Curriculum Instruction* 18(12), 753-771
- Christ-Roberts CY, Pratipanawatr T, Pratipanawatr W, Berria R, Belfort R, Kashyap S, Mandarino LJ(2004) Exercise training increases glycogen synthase activity and GLUT4 expression but not insulin signaling in overweight nondiabetic and type 2 diabetic subjects. *Metabolism* 53(9), 1233-1242. doi:10.1016/j.metabol.2004.03.022
- Chun KH(2011) Evidence-based management and treatment of high risk individuals with pre-diabetes. *J Korean Med Assoc* 54(10), 1020-1027
- de Munter JS, Hu FB, Spiegelman D, Franz M, van Dam RM(2007) Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review. *PLoS Med* 4(8), e261. doi.org/10.1371/journal.pmed.0040261
- Duncan GE, Perri MG, Theriaque DW, Hutson AD, Eckel

- RH, Stacpoole PW(2003) Exercise training, without weight loss, increases insulin sensitivity and postheparin plasma lipase activity in previously sedentary adults. *Diabetes Care* 26(3), 557-562. doi:10.2337/diacare.26.3.557
- Evans EM, Racette SB, Peterson LR, Villareal DT, Greiwe JS, Holloszy JO(2005) Aerobic power and insulin action improve in response to endurance exercise training in healthy 77-87 yr olds. *J Appl Physiol* 98(1), 40-45. doi:10.1152/japplphysiol.00928.2004
- Goodpaster BH, Katsiaras A, Kelley DE(2003) Enhanced fat oxidation through physical activity is associated with improvements in insulin sensitivity in obesity. *Diabetes* 52(9), 2191-2197. doi:10.2337/diabetes.52.9.2191
- Halpern A, Mancini MC(2005) Diabetes: are weight loss medications effective? *Treat Endocrinol* 4(2), 65-74
- Houmar J, Tanner CJ, Slentz CA, Duscha BD, McCartney JS, Kraus WE(2004) Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 96(1), 101-6. doi:10.1152/japplphysiol.00707.2003
- Hu K, Yu J(2011) Study on the effectiveness of exercise intervention among pre-diabetics in huangpu district, Shanghai. *J Env Occup Med* 28(11), 669-671
- International Diabetes Federation(2017) *IDF Diabetes Atlas, 8th edn*. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation
- Jee YJ, Kim YH(2013) Factors influencing obesity among adolescent: analysis of 2011 Korean youth risk behavior survey. *Korean J Obe* 22(1), 39-49
- Jocken JW, Langin D, Smit E, Saris WH, Valle C, Holm C, Amer P, Blaak EE(2007) Adipose triglyceride lipase and hormone-sensitive lipase protein expression is decreased in the obese insulin-resistant state. *J Clin Endocrinol Metab* 92(6), 2292-2299
- Kelley GA, Kelley KS(2007) Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins in adults with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Public Health* 121(9), 643-55. doi:10.1016/j.puhe.2007.02.014
- Kim JH(2015) Diagnosis and glycemic control of type 1 diabetes. *J Korean Diabetes* 16, 101-107
- Kim JH, Jung IK(2016) Relationship between practice of physical activities guideline and health-related factors in adolescents: based on 11th(2015) Korea Youth Risk Behavior Web-based Survey(KYRBS). *J Korean Asso Physical Educ Sports for Girls Women* 30(4), 335-355. doi:10.22472/kpeaw.2016.30.4.335
- Kitagawa TI, Owada M, Urakami T, Yamauchi K(1998) Increased incidence of non-insulin dependent diabetes mellitus among Japanese schoolchildren correlates with an increased intake of animal protein and fat. *Clin Pediatr (Phila)* 37(2), 111-115
- Korea Diabetes Association(2018) *Diabetes fact sheet in Korea*
- Kwon HS, Kim WH, Lee DY, Park SI(2015) Current status and need for a Korean diabetes prevention study. *Korea Centers for Disease Control & Prevention, Weekly Health Dis* 8(32), 746-753
- Kwon SJ, Kim EK(2002) Anthropometry, blood pressure, serum lipid levels and nutrient intakes in people with impaired fasting glucose and with diabetes. *Korean J Nutr* 35(3), 303-313
- Lao XQ, Deng HB, Liu X, Chan TC, Zhang Z, Chang LY, Yeoh EK, Tam T, Wong MCS, Thomas GN(2018) Increased leisure-time physical activity associated with lower onset of diabetes in 44,828 adults with impaired fasting glucose: a population-based prospective cohort study. *British J Sports Med*. doi:10.1136/bjsports-2017-098199
- Lee JR(2011) Lifestyle modification and diabetes management. *J Korean Diabetes*, 12, 215-218. doi:10.4097/jkd.2011.12.4.215
- Lee KU, Lyu JS, Kim YT, Song YG, Kim GS, Lee MH, Park SU(1992) Clinical characteristics of Korean diabetic patients classified by fasting plasma C-peptide level and degree of obesity. *Korean J Internal Med* 42, 315-321
- Li G, Zhang P, Wang J, Gregg EW, Yang W, Gong Q, Li H, Li H, Jiang Y, An Y, Shuai Y, Zhang B, Zhang J, Thompson TJ, Gerzoff RB, Roglic G, Hu Y, Halpern A, Mancini MC(2005) Diabetes: are weight loss medications effective? *Treat Endocrinol* 4(2), 65-74
- MacMahon S, Cutler J, Brittain E, Higgins M(1987) Obesity and hypertension: epidemiological and clinical issues. *Eur Heart J* 8, 57-70
- Malecki MT(2005) Genetics of type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract* 68(S1), S10-21. doi:10.1093/med/9780199235292.003.1329
- Manson JE, Nathan DM, Krolewski AS, Stampfer MJ, Willett WC, Hennekens CH(1992) A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *JAMA* 268(1), 63-67
- Mekary RN, Giovannucci E, Willett WC, van Dam RM, Hu FB(2012) Eating patterns and type 2 diabetes risk in men: breakfast omission, eating frequency, and snacking. *Am J Clin Nutr* 95(5), 1182-1189. doi:10.3945/ajcn.111.028209
- O'Gorman DJ, Karlsson HK, McQuaid S, Yousif O, Rahman Y, Gasparro D, Glund S, Chibalin AV, Zierath JR, Nolan JJ(2006) Exercise training increases insulin-stimulated glucose disposal and GLUT4 (SLC2A4) protein content in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia* 49(12), 2983-2992. doi:10.1007/s00125-006-0457-3
- Park JJ, Kim HJ(2015) Effects of combined treatment of aerobic exercise and resistance exercise on hemoglobin A1c, blood lipids, bone mineral content in patients

- with type II diabetes mellitus. *J Korean Soc Living Environ System* 22(5), 722-729
- Pruchnic R, Katsiaras A, He J, Kelley DE, Winters C, Goodpaster BH(2004) Exercise training increases intramyocellular lipid and oxidative capacity in older adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 287(5), E857-862
- Schulze MB, Schulz M, Heidemann C, Schienkiewitz A, Hoffmann K, Boeing H(2007) Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes. *Arch Intern Med* 167(9), 956-965. doi:10.1001/archinte.167.9.956
- Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C(2004) Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 27(10), 2518-2539. doi:10.2337/diacare.27.2007.s58
- Song MK, Bae JW, Kim YH, Chung S(2012) Hemoglobin A1c in the screening of obesity-related diseases in children and adolescents. *Annals Pediatric Endocrinol Metab*, 17(2), 92-99
- Stino AM, Smith AG(2017) Peripheral neuropathy in prediabetes and metabolic syndrome. *J Diabetes Investig* 8(5), 646-655. doi: 10.1111/jdi.12650
- Stumvoll M, Goldstein BJ, van Haeften TW(2005) Type 2 diabetes: principles of pathogenesis and therapy. *Lancet* 365(9467), 1333-1346. doi:10.1016/s0140-6736(05)61032-x
- The Diabetes Prevention Program Research Group(2002) The Diabetes Prevention Program(DPP): description of lifestyle intervention. *Diabetes Care* 25(12), 2165-2171. doi:10.2337/diacare.25.12.2165
- The Korean Nutrition Society(2015) Dietary Reference Intake for Koreans 2015. Seoul, Korea: Ministry of Health & Welfare
- United Kingdom Prospective Diabetes Study Group(1990) Response of fasting plasma glucose to diet therapy in newly presenting type II diabetic patient (UKPDS 7). *Metab* 39(9), 905-912. doi:10.1016/0026-0495(90)90299-r
- Verma S, Moiz JA, Anwer S, Alghadir AH, Hussain ME(2018) A dose-response study of aerobic training for oxygen uptake, oxidative stress and cardiac autonomic function in type 2 diabetes mellitus: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 19(1), 289. doi: 10.1186/s13063-018-2671-y
- Wang Y, Simar D, Fiatarone Singh MA(2009) Adaptations to exercise training within skeletal muscle in adults with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 25(1), 13-40. doi:10.1002/dmrr.928
- WHO(2016) Global Report on Diabetes
- Writing Group for the SEARCH for Diabetes in Youth Study Group, Dabelea D, Bell RA, D'Agostino RB Jr, Imperatore G, Johansen JM, Linder B, Liu LL, Loots B, Marcovina S, Mayer-Davis EJ, Pettitt DJ, Waitzfelder B(2007) Incidence of diabetes in youth in the United States. *JAMA* 297(24), 2716-2724