



ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

<http://doi.org/10.7856/kjcls.2019.30.4.529>

ISSN 2287-5190 (on-line)

30(4): 529~541, 2019

30(4): 529~541, 2019

당뇨병 전단계인 성인의 신체적 특성과 혈액지표 및 신체활동과의 관련성 연구 -제6-7기 국민건강영양조사(2014-2016년도)자료를 이용하여-

장 이 신 · 김 정 현[†]

중앙대학교 체육교육과

Relationships between Blood Profiles and Physical Activity in Pre-Diabetic Adults: -Based on the 6th-7th (2014-2016) Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES)-

YiXin Zhang · Jung-Hyun Kim[†]

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

ABSTRACT

This study investigated the relationship among fasting blood glucose levels and glycosylated hemoglobin, physical characteristics, blood lipid profiles, and physical activities in Korean adults. A total 6,712 non-diabetic adults aged 30~64 years from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey V were included and divided into normal and prediabetes groups. To test the differences in the physical characteristics, blood lipid profiles, and physical activities between the prediabetes and normal groups, t-test, Chi-square tests, correlation, and regression analysis were used. Men had higher incidence of prediabetes compared to women. In addition, the prediabetes group showed higher BMI, waist circumference, and total cholesterol, but lower HDL-C and hand grip strength per body weight than normal group. Furthermore, the normal group participated more in strength exercise than the pre-diabetic group did for adult males. Therefore, to maintain proper blood glucose and glycosylated hemoglobin levels to the normal range, people should maintain their body weight within the normal range as well as participate in aerobic and strength exercise.

Key words: prediabetes, fasting blood glucose, glycosylated hemoglobin, physical activity, muscular strength

Received: 27 September, 2019 Revised: 28 November, 2019 Accepted: 29 November, 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 국제당뇨병 연맹(IDF)에서는 전 세계 당뇨병 환자의 수가 현재 4.25억 명에서 2045년 약 7억 명으로 증가될 것이라 예측하였으며(International Diabetes Federation 2017), 우리나라에서도 당뇨병 유병률이 빠르게 증가하여 2030년에는 당뇨병 환자가 500만 명이 넘을 것으로 예측하고 있다(Korean Diabetes Association 2018). 당뇨병은 장기간 고혈당 상태가 지속되는 질환으로 망막이나 신장, 신경 등의 미세혈관에 장애를 유발하여 실명, 신장질환, 족부궤양, 심혈관계질환 등 다양한 합병증을 발생시키는 것으로 보고되었다(WHO 2016). 또한, 매년 전 세계적으로 당뇨병과 당뇨병 합병증으로 인해 100만 명이 사망하는 것으로 보고되어 당뇨병에 대한 예방과 치료가 매우 중요한 건강 문제로 부각되고 있다(WHO 2016).

제1형과 제2형으로 구분되는 당뇨병은 환자의 90% 이상이 제2형 당뇨병으로 진단되고 있다(Malecki 2005; International Diabetes Federation 2017). 제2형 당뇨병의 주요 원인으로는 비만과 운동 부족, 수면 부족, 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 영양섭취와 함께 적극적인 신체활동, 그리고 과도한 체중 증가를 억제하는 것이 매우 중요하다고 강조하였다. 우리나라 역시 급속한 경제발전으로 인해 식생활과 신체활동 등 생활양식이 변화되면서 비만과 과체중 비율이 꾸준히 증가하고 있으며, 이로 인해 당뇨병을 포함한 다양한 만성질환의 유병률도 증가하고 있는 추세이다(Choi & Cho 2018).

당뇨병을 유발하는 다양한 요인 중 비만은 질환을 유발하거나 그 증상을 악화시킬 수 있는 주요 요인으로 보고되었으며(MacMahon et al. 1987), 제2형 당뇨병 환자의 60-90%가 비만으로 나타났다(Halpern & Mancini 2005; Stumvoll et al. 2005). 또한, 우리나라의 과체중 및 비만율도 34.5%로 꾸준히 높아지는 것

으로 보고되고 있어(Ministry of Health and Welfare 2018), 비만으로 인한 당뇨병의 발생도 증가할 것으로 예상된다. 비만은 체지방이 과도하게 축적된 상태로, 비만인 경우 지방 조직 내 호르몬 민감성 지방 효소의 활성이 높아져 지방 분해가 증가되고 이로 인해 혈중 유리지방산의 농도가 증가하는 것으로 나타났다(Roden et al. 1996). 증가된 혈중 유리 지방산은 근육과 간에서 포도당의 섭취 및 이용을 억제하여 근 글리코겐의 합성을 저하시킬 뿐 아니라 간이나 근육 내 인슐린 수용체에 영향을 줌으로써 인슐린 저항을 악화시키는 것으로 나타났다(Roden et al. 1996).

비만은 다량의 에너지 섭취와 함께 신체활동의 감소로 인한 에너지의 불균형에 의해 발생되며(National Health Service 2019), 이중 규칙적인 신체활동은 비만을 억제할 뿐 아니라 당뇨병의 위험도 낮추는 것으로 보고되었다(National Health Service 2019). 규칙적인 신체활동은 당뇨병을 억제하고 예방하는 것으로 보고되었으며, 당뇨병을 예방하기 위해 미국 당뇨병 학회에서는 중·고강도의 유산소 운동을 최소 30분, 주 5일 이상 또는 일주일에 150분 이상 실천하고, 주 2회 이상의 저항성 운동을 실천하도록 권장하고 있다(Colberg et al. 2016). 우리나라에서도 체력을 유지하고, 다양한 만성질환을 예방하기 위한 신체활동 지침을 개발하였으며, 중강도 유산소 신체활동을 일주일에 150분 이상 또는 고강도 유산소 신체활동을 일주일에 75분 이상 실천하고, 근력운동은 일주일에 2일 이상 실시하도록 권장하고 있다(Ministry of Health and Welfare 2013). 그러나, 2016년 한국 성인의 유산소 신체활동 실천율은 47.8%로 감소하는 추세이기 때문에 신체활동 부족이 한국 성인의 건강위험요인이 될 수 있을 것으로 보고되고 있다(Ministry of Health and Welfare 2019).

신체활동 부족으로 당뇨병 발병률은 증가하고 있으나 많은 수의 당뇨병 환자들은 자신의 병을 인지하지 못하여 적절한 치료를 받지 못하는 것으로 나타났다(Korean Diabetes Association 2018). 이에 당뇨병을 예방하고 치료하고자 하는 사회적 관심이 증가하

고 있으며, 국가 차원에서 당뇨병의 예방 및 치료를 위한 교육과 홍보를 강화하고, 당뇨병 발병 위험이 높은 사람들을 조기 발견하여 관리를 강화함으로써 향후 당뇨병 발병률과 합병증을 감소시키고자 노력하고 있다(Korean Diabetes Association 2018). 이에 본 연구에서는 정상군과 당뇨병 전단계인 한국 성인의 생활습관 중 혈압과 혈액지표 및 신체활동과의 관계를 알아본 후, 그 관련성을 종합적으로 파악하여 당노를 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.ckc.go.kr>)에서 승인받아 건강 설문조사 및 검진조사 자료를 통합하여 분석하였다. 조사 대상자중 만 30~64세의 성인을 대상으로 조사하였으며, 신체활동이나 식습관을 조절할 가능성이 높은 고혈압 2기 이상 환자, 임산부, 당뇨병 또는 당뇨병 혈당 관리치료를 받고 있거나 심부전증, 심근경색, 관상심장질환, 협심증, 폐기종, 만성기관지염으로 진단받은 사람은 본 연구대상자에서 제외하였다.

2. 연구내용 및 관련지표

1) 일반사항

본 연구에서는 일반사항으로 연령, 성별, 교육수준, 경제적 수준을 사용하였으며, 비만 지표로 체중, 신장, 허리둘레 및 체질량지수(Body Mass Index, BMI)를 사용하였다.

2) 당뇨병 판단기준

한국 당뇨병학회에서 제시한 당뇨전단계 진단기준

인 당화혈색소와 공복혈당을 기준으로 정상군과 당뇨 전단계군을 분류하였으며, 당화혈색소 수치가 5.7% 미만이며 공복혈당 수치가 100 mg/dl 이하인 경우는 정상군, 당화혈색소 수치가 5.7%~6.4% 이거나 공복혈당 수치가 100~125 mg/dl인 경우는 당뇨전단계로 분류하였다.

3) 신체활동 유형별 활동량

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

- 고강도 신체활동량(Metabolic Equivalent of Task, 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) = 고강도 신체활동량 + 중강도 신체활동량 + 걷기 활동량

유산소 신체활동 실천율과 1주일간 근육운동 일수를 조사하였으며, 유산소 신체활동 실천율은 일주일에 중강도 신체활동을 2시간 30분 이상 또는 고강도 신체활동을 1시간 15분 이상 또는 중강도와 고강도 신체활동을 합쳐(고강도 1분은 중강도 2분) 각 활동에 상당하는 시간을 실천한 경우를 실천하였다고 정의하였다. 또한, 근육운동은 전혀 하지 않는다, 1일, 2일 이상으로 나누어 분석하였다.

4) 근력

근력은 악력을 활용하였으며, 3차에 걸쳐 측정된 왼손과 오른손 악력 수치의 평균을 계산하여 사용하였다.

3. 자료처리 및 분석

본 연구 자료의 통계처리 및 분석을 위해 SPSS 25.0을 이용하였으며, 모든 분석에서 유의수준은 $p < 0.05$ 로 정하였다. 연구대상자를 정상군과 당뇨전단계군으로 나눠서 연령, 체중, 신장, BMI, 강도별 신체활동량의 평균 차이를 독립표본 t-test로 분석하였다. 또한, chi-square tests를 사용하여 성별, 교육수준, 경제적 수준, 직업, 근력운동 빈도, 유산소운동 실천율의 차이를 분석하였다. 신체적 특징 및 혈액지표와 신체활동, 근력과의 관련성을 알아보기 위해 각 요인들이 혈당지표에 미치는 영향을 연령, 성별 및 교육수준을 보정한 후 회귀분석으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혈당지표 수준에 따른 조사대상군 분류

한국 당뇨병학회에서 제시한 당뇨전단계 진단기준에 따라 정상군과 당뇨전단계군으로 구분한 후 성별에 따른 당뇨전단계 유병률을 알아본 결과는 Table 1과 같다. 본 연구의 조사대상자는 총 6,712명으로 남자는 2,495명, 여자는 4,217명이었으며, 남자의 47.9%와 여자의 34.7%가 당뇨전단계군으로 나타나 성별에 따라 당뇨전단계 유병률에 유의적인 차이 ($p < 0.001$)를 보였다. 선행연구에서도 본 연구결과와 같이 남성의 당뇨전단계 유병률이 여성보다 높은 것으로 나타났으며(Bullard et al. 2013; Kang 2015), 이는 성인 남자의 비만율이나 복부 비만율이 여자보다 높고, 비만율과 혈당지표가 관련이 높기 때문으로 보고되고 있다(Kang 2015).

Table 1. Distribution of normal and pre-diabetes in the participants

Group	n(%)		
	Normal (n=4053)	Pre-diabetes (n=2659)	Total (n=6712)
Male	1299(52.1)	1196(47.9)	2495(100.0)
Female	2754(65.3)	1463(34.7)	4217(100.0)
$\chi^2 = 114.922^{***}$			

*** $p < 0.001$

2. 정상군과 당뇨전단계군 간의 일반사항 비교

조사대상자의 혈당지표 수준에 따른 일반적 사항의 차이를 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 정상군과 당뇨전단계군간 연령의 차이를 살펴본 결과, 남자의 경우 정상군이 44.04세, 당뇨전단계군 47.58세였으며, 여자는 정상군이 43.95세, 당뇨전단계군이 49.57세로 남녀 모두 당뇨전단계군의 연령이 정상군보다 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 선행 연구에서도 당뇨전단계군의 연령이 정상군보다 유의적으로 높았으며, 연령이 증가할수록 당뇨전단계의 위험도가 4배이상 증가하는 것으로 보고하여 연령이 혈당에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다(Kang 2015; Kwon & Na 2017).

교육수준의 경우, 성인 남성은 대학 졸업 이상이 정상군 60.6%, 당뇨전단계군 47.3%였으며, 고등학교 졸업의 경우 정상군이 28.7%, 당뇨전단계군 32.6%로 나타나 혈당지표 수준에 따라 교육수준 간 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 또한, 여성의 경우 정상군에서는 대졸 이상이 49.8%로 가장 많았으나, 당뇨전단계군에서는 고졸이 40.6%로 가장 많아 혈당지표 수준에 따라 교육수준에 유의미한 차이를 보였다($p < 0.001$).

혈당지표 수준에 따른 경제적인 수준의 차이는 보이지 않았으나, 남자의 경우 정상군의 '중하'(27.1%)의 비율이 가장 높았고, 당뇨전단계군은 '중상'(26.5%)과 '하'(26.4%)의 비율이 높게 나타났다. 여자의 경우 '중하'(26.6%)와 '하'(27.0%)의 비율이 가장 높았고, 당뇨전단계군은 '중상'(25.6%), '중하'(25.7%)와 '하'(25.6%)의 비율이 가장 높게 나타났다.

혈당지표 수준에 따른 직업의 차이를 살펴본 결과, 정상군인 남자의 경우 관리직이 25.3%로 가장 높았고, 당뇨전단계군은 기능직이 28.7%로 가장 높게 나타나 유의미한 차이를 보였다($p < 0.01$). 여자의 경우 정상군과 당뇨전단계군 모두 무직의 비율이 가장 높았으며, 정상군은 관리직이 18.5%로 높았던 반면 당뇨전단계군은 서비스직이 21.3%로 높게 나타나 혈당

Table 2. General characteristics of the normal and pre-diabetes subjects

Variables		Male		Female	
		Normal	Prediabetes	Normal	Prediabetes
Age		44.04 ± 9.50 ¹⁾	47.58 ± 9.42 ^{***}	43.95 ± 9.08	49.57 ± 9.15 ^{***}
Educational status	Elementary	68(5.6)	96(8.8)	170(6.5)	198(14.4)
	Junior high	61(5.1)	125(11.4)	222(8.5)	174(12.6)
	High	346(28.7)	357(32.6)	925(35.3)	559(40.6)
	College/University	731(60.6)	518(47.3)	1,304(49.8)	447(32.4)
		$\chi^2=58.175^{***}$		$\chi^2=145.344^{***}$	
Economic status	Upper	300(23.2)	266(22.3)	607(22.1)	338(23.2)
	Upper-middle	311(24.1)	316(26.5)	668(24.3)	373(25.6)
	Lower-middle	350(27.1)	296(24.8)	732(26.6)	374(25.7)
	Lower	332(25.7)	315(26.4)	744(27.0)	373(25.6)
		$\chi^2=3.025$		$\chi^2=2.282$	
Occupation	Management	304(25.3)	231(21.2)	483(18.5)	151(11.0)
	Office work	253(21.0)	185(17.0)	298(11.4)	109(7.9)
	Service	141(11.7)	129(11.8)	395(15.1)	293(21.3)
	Farm/Fishing	47(3.9)	57(5.2)	44(1.7)	51(3.7)
	Technical post	267(22.2)	313(28.7)	97(3.7)	49(3.6)
	Physical work	80(6.7)	72(6.6)	178(6.8)	148(10.7)
	None	110(9.2)	103(9.3)	1,122(42.9)	577(41.9)
		$\chi^2=20.889^{**}$		$\chi^2=95.555^{***}$	

¹⁾ Mean ± SD
^{**}p<0.01, ^{***}p<0.001

지표 수준에 따라 직업에 유의미한 차이가 있었다 (p<0.001). Keum & Suh(2016)의 연구에서도 당뇨병 유형 형태에 따라 교육수준에 유의적인 차이가 있다고 보고하였으며, 경제적 수준에는 차이가 없었다고 보고하여 본 연구결과와 같은 경향을 보였다.

3. 혈당지표 수준에 따른 신체적 특성, 혈압 및 혈중지질지표 비교

정상군과 당뇨전단계군의 신체적 특성과 혈압 및 혈중지질지표의 차이를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 남자 성인의 경우 당뇨전단계군의 체중, BMI, 허리둘레, 수축기와 이완기혈압, 총콜레스테롤, 중성지방과 LDL-C의 수준이 정상군보다 유의적으로 높았으며(p<0.001), 신장(p<0.001)과 HDL-C(p<0.01)은 유의적으로 낮았다. 혈압의 경우 당뇨전단계군의 수축

기 혈압과 이완기 혈압 정상 혈압수치 기준보다 조금 높은 120.09 mmHg와 80.63 mmHg로 나타났으며, 정상군의 혈압은 모두 정상 범위에 포함되었다. 정상군과 당뇨전단계군의 BMI는 23.82 kg/m²와 24.96 kg/m²로 모두 과체중에 포함되었으나 당뇨전단계군의 BMI가 정상군보다 유의미하게 높았다(p<0.001). 또한, 총콜레스테롤도 정상군의 경우 정상 범위에 포함되었으나 당뇨전단계군은 202.44 mg/dL로 기준치인 200 mg/dL보다 높았다.

Table 3. Comparison of physical characteristics, blood pressure, and blood lipid profiles in the normal and pre-diabetes subjects

Variables	Male		Female	
	Normal	Prediabetes	Normal	Prediabetes
Weight (kg)	70.55 ± 10.81 ¹⁾	73.14 ± 11.24 ^{***}	56.58 ± 7.96	59.96 ± 9.15 ^{***}
Height (cm)	171.92 ± 6.37	170.96 ± 6.24 ^{***}	159.04 ± 5.71	157.81 ± 5.73 ^{***}
BMI (kg/m ²)	23.82 ± 3.04	24.96 ± 3.11 ^{***}	22.38 ± 2.96	24.07 ± 3.41 ^{***}
Waist circumference (cm)	83.87 ± 8.20	86.91 ± 8.28 ^{***}	75.74 ± 7.98	80.41 ± 8.67 ^{***}
Systolic blood pressure (mmHg)	115.55 ± 12.52	120.09 ± 14.00 ^{***}	109.10 ± 13.47	114.43 ± 15.14 ^{***}
Diastolic blood pressure (mmHg)	77.94 ± 9.00	80.63 ± 9.78 ^{***}	72.25 ± 8.86	74.55 ± 9.23 ^{***}
Total cholesterol (mg/dL)	192.23 ± 31.56	202.44 ± 34.68 ^{***}	190.14 ± 32.90	200.21 ± 35.83 ^{***}
Triacylglyceride (mg/dL)	151.41 ± 127.60	190.19 ± 151.18 ^{***}	97.52 ± 68.45	125.49 ± 83.98 ^{***}
HDL-C (mg/dL)	48.15 ± 11.31	46.92 ± 11.20 ^{**}	57.17 ± 12.66	53.23 ± 12.25 ^{***}
LDL-C (mg/dL)	117.69 ± 30.73	124.54 ± 33.10 ^{***}	114.22 ± 29.87	123.74 ± 31.55 ^{***}

1) Mean ± SD

BMI; Body mass index, HDL-C; High density lipoprotein cholesterol, LDL-C; Low density lipoprotein cholesterol

p<0.01, *p<0.001

여자 성인도 남자 성인과 마찬가지로 당뇨전단계군의 체중, BMI, 허리둘레, 수축기와 이완기혈압, 총콜레스테롤, 중성지방과 LDL-C의 수준이 정상군보다 유의적으로 높았으며($p < 0.001$), 신장과 HDL-C은 유의적으로 낮았다($p < 0.001$). BMI의 경우 정상군은 22.38 kg/m^2 로 정상범위에 포함되었으나, 당뇨전단계군은 24.07 kg/m^2 로 과체중에 포함되어 두 군간에 유의미한 차이를 보였다($p < 0.001$). 혈압과 중성지방의 경우 두 군 모두 정상범위에 포함되었으나 당뇨전단계군의 수치가 유의적으로 높았으며, 총콜레스테롤은 당뇨전단계군이 200.21 mg/dL 로 정상군(190.14 mg/dL)보다 유의적으로 높았다($p < 0.001$).

선행연구에 따르면 비만은 당뇨전단계와 당뇨병을 일으키는 주요 원인으로 알려졌다며, 비만인 경우 당뇨전단계 위험이 높다는 것으로 나타났다(Wang et al. 2009a; Bullard et al. 2013; Chen & Yeh 2013). 특히, 복부비만의 판단기준인 허리둘레가 공복혈당에 영향을 미치는 주요 요인으로 보고되었는데(Veghari et al. 2014), 허리둘레가 높을수록 공복혈당이 유의하게 높았으며(Choi & Kim 2015), 이는 복부 비만도가 높을수록 고인슐린혈증 위험이 높아지기 때문에 설명되고 있다(Castro et al. 2014). 혈압도 당뇨전단계군이 정상군에 비해 유의미하게 높았는데, 혈압과 제2형 당뇨병 위험과의 관련성을 알아본 코호트 연구와 메타 분석 연구에 따르면 수축기 혈압이 20 mmHg 증가하면 제2형 당뇨병의 위험이 58% 높아진 것으로 나타났으며, 이완기 혈압 10 mmHg 증가하면 제2형 당뇨병의 위험이 52% 증가하는 것으로 보고하여 혈압과 혈당이 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다(Emdin et al. 2015). 또한, 총콜레스테롤 농도와 제2형 당뇨병은 정적 상관성이 있는 것으로 나타났으며(Meikle et al. 2013), 당뇨병으로 인한 고혈당은 혈관과 심장 및 혈관을 조절하는 신경을 손상시킬 수 있어 심장병에 걸릴 확률이 높아질 뿐 아니라, 심장병이나 뇌졸중으로 사망할 확률도 두 배 이상 높이는 것으로 보고되었다(Huo et al. 2016). 마지막으로 HDL-C은 정상군에 비해 인슐린 저항이 높거나 공복혈당장애가

있는 당뇨 환자에게서 유의하게 낮게 나타났다고 보고되어(Zhang et al. 2008; Choi & Kim 2015) 혈당을 정상수준으로 유지하는 것이 혈압 상승을 억제하고 혈중 지질농도 이상을 감소시켜 심혈관계 질환 예방하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 혈당지표 수준에 따른 신체활동 비교

1) 혈당지표 수준에 따른 여가로 인한 신체활동량의 차이

선행연구에서는 신체활동이 당뇨병의 위험을 낮출 뿐 신체활동의 감소가 공복혈당장애와 제2형 당뇨병을 유발하는 것으로 보고하고 있어(Hu et al. 2004; LaMonte et al. 2005) 혈당지표 수준에 따른 여가로 인한 신체 활동량의 차이를 분석하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다. 남자 성인의 혈당지표 수준에 따른 신체 활동량의 차이를 살펴본 결과, 여가와 관련된 고강도, 중강도, 걷기 및 총 신체 활동량 모두 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그러나 여자 성인의 경우 여가로 인한 고강도 신체 활동량은 정상군이 132.69 METs 으로 당뇨전단계군의 77.88 METs 보다 유의미하게 높았으며($p < 0.001$), 중강도와 걷기, 총 신체 활동량은 두 군간에 차이가 없는 것으로 나타났다($p < 0.01$).

중국인을 대상으로 한 선행연구에 따르면 신체활동이 당뇨병의 발병 위험을 낮출 뿐 아니라 당 대사를 개선함으로써 공복혈당과 당화헤모글로빈을 수치를 낮추는 것으로 보고되었으며(Thomas & Elliott 2010; Hu & Yu 2011), 6개월 이상 규칙적으로 중강도 이상의 운동을 하면 인슐린 저항성이 감소되어 당뇨의 위험이 낮아지는 것으로 보고되었다(Houmard et al. 2004; Evans et al. 2005; Bajpeyi et al. 2009). 이는 규칙적인 신체활동이 인슐린 신호와 포도당 대사 관련 단백질의 활성 및 발현을 증가시킴으로써 골격근의 인슐린 민감성을 증가시키기 때문으로 설명되고 있다(Christ-Roberts et al. 2004; O'Gorman et al. 2006; Wang et al. 2009b). 그러나 본 연구에서는 성

Table 4. Comparison of physical activities in the normal and pre-diabetes subjects

Variables	Male		Female	
	Normal	Prediabetes	Normal	Prediabetes
High intensity	294.88 ± 820.38	289.66 ± 834.00	132.69 ± 491.64	77.88 ± 374.32***
Moderate intensity	215.49 ± 453.75	219.09 ± 453.75	187.22 ± 423.88	160.97 ± 397.31
Walking	823.46 ± 1,242.68	929.60 ± 1,415.38	824.03 ± 1,085.50	860.34 ± 1,301.21
Total	1,333.83 ± 1,659.96	1,438.82 ± 1,840.93	1,143.90 ± 1,388.16	1,099.71 ± 1,483.02

¹⁾ Mean ± SD

***p<0.001

인 여성의 고강도의 신체활동만이 혈당 수준에 따라 유의적인 차이를 보여 선행연구와는 다른 경향을 보였으며, 이는 본 조사대상자의 신체활동을 하는 비율이 낮고, 신체 활동량도 매우 적어 편차가 크기 때문으로 사료된다.

2) 혈당지표 수준에 따른 유산소운동 실천과 근력운동 빈도 및 체중당 악력 비교

본 조사대상자 중 정상군과 당뇨병전단계군의 유산소운동 실천여부와 근력운동 빈도 및 체중당 악력의 차이를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 유산소운동 실천지침에 따라 유산소 신체활동 실천율은 일주일에 중강도 신체활동을 2시간 30분 이상 또는 고강도 신체활동을 1시간 15분 이상 또는 중강도와 고강도 신체활동을 합쳐(고강도 1분은 중강도 2분) 각 활동에 상당하는 시간을 실천한 경우 실천하였다고 정의하였다. 그 결과, 유산소 운동을 실천하는 남자 성인은 정상군이 27.4%, 당뇨병전단계군이 24.6%였으며, 70% 이상의 성인 남성들이 유산소 운동을 실천하지 않는 것으로 나타나 혈당지표 수준에 따른 유산소운동 실천은 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 여자 성인의 경우 정상군이 18.7%, 당뇨병전단계군이 15.2%로 정상군의 유산소 운동 실천율이 높게 나타나 유의미한 차이를 보였으나(p<0.01), 80% 이상의 여성이 유산소 운동을 실천하지 않는 것으로 나타나 성인 남자보다 유산소 운동의 실천율이 낮았다. 본 연구에서는 신체 활동량이 혈당지표 수준에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 이는 신체 활동량이나 신체활

동 실천율이 낮았기 때문으로 판단된다. 또한, 여러 선행연구 결과 신체활동이 혈당을 낮추고 당뇨병을 억제하는 것으로 보고하고 있어(Lee et al. 2017) 남녀 성인의 유산소 운동 실천율을 향상시키기 위한 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

근력운동 빈도는 일주일간 근력운동을 실천한 빈도를 전혀 하지 않음, 주 1회, 주 2회 이상으로 나누어 혈당지표 수준에 따라 차이를 살펴본 결과, 남자 성인의 경우 주 2회 이상 근력운동을 하는 비율이 정상군의 경우 27.6%, 당뇨병전단계군의 경우 23.4%로 나타났으며, 근력운동을 전혀 하지 않는 사람의 비율이 정상군 66.1%, 당뇨병전단계군 71.4%로 나타나 혈당수준에 따른 유의미한 차이를 보였다(p<0.05). 그러나, 여자 성인의 경우에는 근력운동을 하는 주 2회 이상 실천하는 비율이 12% 정도로 낮았으며, 혈당지표 수준에 따른 유의미한 차이는 보이지 않았다.

마지막으로 정상군과 당뇨병전단계군의 근력 차이를 알아보기 위해 왼손 및 오른손의 체중당 악력을 비교한 결과, 체중당 오른손 악력은 남자 정상군이 0.60, 당뇨병전단계군이 0.58으로 나타났으며, 여자 성인의 경우 정상군이 0.45, 당뇨병전단계군은 0.42으로 나타나 남녀 모두 정상군의 체중당 오른손 악력이 유의미하게 높았다(p<0.001). 또한, 체중당 왼손 악력의 경우, 남자는 정상군이 0.57, 당뇨병전단계군이 0.56였으며, 여자는 정상군이 0.42, 당뇨병전단계군이 0.40으로 남녀 모두 정상군의 체중당 왼손 악력이 당뇨병전단계군보다 유의적으로 높았다(p<0.001). 이는 악력이 높을수록 공복혈당과 당화혈색소가 낮아지는 것을 의미

Table 5. Comparison of practice of aerobic exercise, frequency of resistance exercise, and handgrip strength in normal and pre-diabetes subjects

Variables		n(%)			
		Male		Female	
		Normal	Prediabetes	Normal	Prediabetes
Practice of aerobic exercise	No	874(72.6)	827(75.4)	2,129(81.3)	1,169(84.8)
	Yes	330(27.4)	270(24.6)	491(18.7)	209(15.2)
		$\chi^2=2.328$		$\chi^2=7.984^{**}$	
Frequency of resistance exercise per week	None	797(66.1)	783(71.4)	2,140(81.6)	1,149(83.3)
	Once	75(6.2)	57(5.2)	86(3.3)	37(2.7)
	More than 2 times	333(27.6)	257(23.4)	395(15.1)	193(14.0)
		$\chi^2=7.318^*$		$\chi^2=2.069$	
Handgrip strength (kg)	Right hand	0.60 ± 0.11 ¹⁾	0.58 ± 0.11 ^{***}	0.45 ± 0.09	0.42 ± 0.09 ^{***}
	Left hand	0.57 ± 0.11	0.56 ± 0.10 ^{***}	0.42 ± 0.08	0.40 ± 0.08 ^{***}

¹⁾ Mean ± SD

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

하는 것으로 선행연구와 같은 경향을 나타냈다. 선행 연구에서 따르면 근력운동은 근육 내 지방 이용을 증가시켜 혈중 지방산의 농도를 낮추어 인슐린 민감성을 증가시킬 뿐 아니라 골격근의 지질 저장과 지방 산화량을 증가시켜 혈당을 유지하는데 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되었다(Duncan et al. 2003; Goodpaster et al. 2003; Pruchnic et al. 2004; Kelley & Kelley 2007). 따라서, 신체활동을 늘리고 근력을 향상시킨다면 혈당을 정상적인 수준으로 유지할 수 있을 것으로 판단되며, 이를 위해서는 한국 보건복지부에서 제공한 신체활동 지침에 따라 규칙적인 신체 활동 또는 근력운동을 하는 것이 도움이 될 것으로 판단된다.

5. 혈당지표 수준에 영향을 미치는 요인 분석

혈당지표인 공복혈당 및 당화혈색소와 일반적인 사항과 신체적 특성, 혈압 및 혈중 지질지표, 신체활동 및 영양섭취량과의 상관관계를 분석하여 유의미한 관련성이 있는 요인들을 추출하고, 일반적인 사항 중 혈당지표에 영향을 주는 연령, 성별, 교육수준을 보정한 후 회귀분석을 통해 영향력을 분석한 결과는 Table

6~7과 같다.

먼저 본 조사 성인의 공복혈당에 영향을 미치는 신체적 특성 및 혈액지표를 살펴본 결과(Table 6), HDL-C($\beta=-0.084$, $p<0.001$)만이 공복혈당에 부적 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 허리둘레($\beta=0.141$, $p<0.01$), 수축기 혈압($\beta=0.063$, $p<0.01$)과 총콜레스테롤($\beta=0.044$, $p<0.05$)은 정적 영향을 미치는 것으로 나타났고, 설명력은 16.5%였다. 당화혈색소에 영향을 미치는 신체적 특성 및 혈액 지표를 분석한 결과에서도 HDL-C($\beta=-0.003$, $p<0.01$)이 당화혈색소에 부적 영향을 미치는 것으로 나타났고, 허리둘레($\beta=-0.007$, $p<0.001$), BMI($\beta=0.013$, $p<0.01$), 총콜레스테롤($\beta=0.002$, $p<0.05$)은 정적 영향을 주는 것으로 나타났으며, 설명력은 17.0%였다. 이러한 결과는 연령과 성별, 교육수준과 상관없이 복부비만의 기준인 허리둘레가 높은 경우 공복혈당과 당화혈색소가 모두 높아진다는 것을 의미하는 것으로 복부 비만을 낮춘다면 당뇨 위험을 낮출 수 있다는 것으로 판단된다. 또한, 수축기 혈압과 총콜레스테롤도 정상적인 수준으로 낮추고, HDL-C를 높인다면 공복혈당과 당화혈색소를 정상수준으로 유지할 수 있을 것으로 사료되

Table 6. Effects of physical characteristics, blood pressure, and blood lipid profiles on fasting blood glucose and glycosylated hemoglobin levels

Variables	Fasting blood glucose		Glycosylated hemoglobin	
	Model		Model	
	β	<i>t</i>	β	<i>t</i>
Waist circumference (cm)	0.141	3.006**	0.007	4.033***
BMI(kg/m ²)			0.013	2.709**
Systolic blood pressure (mmHg)	0.063	3.332**		
Total cholesterol(mg/dL)	0.044	2.569*	0.002	2.572*
HDL-C(mg/dL)	-0.084	-3.690***	-0.003	-3.394**
R ²	0.165		0.170	

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

BMI; Body Max Index, TC; Total Cholesterol, HDL-C; High Density Lipoprotein Cholesterol

Table 7. Effects of physical activities and handgrip strength on fasting blood glucose and glycosylated hemoglobin levels

Variables	Fasting blood glucose		Glycosylated hemoglobin	
	Model		Model	
	β	<i>t</i>	β	<i>t</i>
Handgrip strength per body weight	-11.286	-9.300***	-0.167	-2.008*
R ²	0.083		0.096	

*p<0.05, ***p<0.001

는 바, 혈압과 혈중지질을 정상수준으로 유지하기 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

신체 활동량과 근력이 공복혈당 및 당화혈색소와 미치는 영향을 알아본 결과(Table 7), 체중당 왼손의 악력이 공복혈당($\beta=-11.286$, $p<0.001$)과 당화혈색소($\beta=-0.167$, $p<0.05$)에 모두 부적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이에 대한 설명력은 8.3%와 9.6%로 나타났다. 이는 근력을 나타내는 악력이 높을수록 당화혈색소나 공복혈당을 낮출 수 있다는 것을 의미하는 것으로, 혈당을 정상적으로 유지하기 위해서는 근력을 향상시켜야 할 것으로 판단된다. 또한, 선행연구에 따르면 악력은 근육량과 정의 관계를 나타낼 뿐 아니라 전체 근력의 변화를 측정하는 가장 효율적인 측정 방법으로써(Kallman et al. 2010; Legard et al. 2013), 근육량이 많을수록 혈중 유리지방산의 이용률을 높여 인슐린 저항성이 감소시키며(Kelley & Kelley

2007), 심혈관계 위험 요인인 공복혈당과 당화혈색소, 중성지방을 낮추고 HDL-C를 높이는 것으로 보고되었다(Lee et al. 2018). 따라서 성인기에 저항운동을 통해 근력을 높인다면 심혈관계 위험인자를 낮추고 혈당지표를 정상적으로 유지하여 만성질환의 위험을 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 30~64세 성인을 대상으로 당뇨전단계인 성인의 혈당지표 및 신체활동과의 관련성을 알아보고, 혈당지표에 영향을 미치는 요인을 종합적으로 분석함으로써 당뇨전단계에 영향을 주는 위험인자를 규명하고자 실시되었으며, 이를 위해 제6-7기 국민건강영양조사의 원시 데이터를 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 성인의 당뇨전단계 비율은 남자 47.9%, 여자 34.7%로 나타났으며, 성별에 따라 당뇨전단계 유병률에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 연령, 교육수준과 직업에 따라 혈당지표수준에 유의미한 차이를 보였다.

둘째, 당뇨전단계인 성인의 체중과 BMI, 허리둘레, 이완기 및 수축기 혈압과 총콜레스테롤, 중성지방, LDL-C이 정상인 성인보다 유의하게 높았으며, HDL-C는 유의하게 낮았다.

셋째, 성인 여성의 고강도 신체 활동량을 제외한 신체 활동량은 당뇨전단계군과 정상군간의 차이가 없었으며, 성인 남성은 근력운동을 하는 빈도, 성인 여성은 유산소 운동실천율이 정상군에서 높았다. 또한, 악력은 남녀 성인 모두 정상군이 유의하게 높았다.

넷째, 허리둘레와 총 콜레스테롤은 공복혈당과 당화혈색소에 정적 영향을 주었으며, HDL-C는 부적 영향을 주었다. 또한, 근력을 나타내는 왼손 악력이 공복혈당과 당화혈색소에 부적 영향을 주는 것으로 나타났다.

결론적으로 성인의 공복혈당과 당화혈색소를 정상 범위로 유지하기 위해서는 비만을 뿐 아니라 복부비만을 낮추어 건강체중을 유지해야 하며, 규칙적인 신체활동을 통해 근육량을 유지함으로써 근력을 유지해야 할 것으로 판단된다. 따라서, 성인기에 건강 체중과 근력의 중요성을 인식하고, 이를 실천할 수 있도록 다양한 건강 교육 및 신체활동 프로그램을 개발하여 보급해야 할 것이다. 또한, 당뇨전단계인 성인들에게 고혈당의 위험과 이를 예방·치료하기 위한 방안을 적극적으로 홍보하고 교육해야 할 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점과 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 횡단적 자료를 분석하여 명확한 인과관계를 밝히지 못하였다. 둘째, 공복혈당과 당화혈색소에 영향을 주는 다양한 요인 중 일반사항과 혈중지질, 신체 활동량만을 분석하였기 때문에 다른 요인과의 복합적 관련성을 밝히지 못한 제한점이 있다. 따라서 추후에는 종단적 자료를 활용하여 명확한 인과관계를 밝혀야 할 것이며, 공복혈당과 당

화혈색소에 영향을 주는 다양한 생활요인 및 영양섭취, 식습관을 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
- 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
- Bullard KM, Saydah SH, Imperatore G, Cowie CC, Gregg EW, Geiss LS, Cheng YJ, Rolka DB, Williams DE, Caspersen CJ(2013) Secular changes in U.S. Prediabetes prevalence defined by hemoglobin A1c and fasting plasma glucose: National Health and Nutrition Examination Surveys, 1999-2010. *Diabetes Care* 36(8), 2286-2293
- Castro AV, Kolka CM, Kim SP, Bergman RN(2014) Obesity, insulin resistance and comorbidities? mechanisms of association. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 58(6), 600-609
- Chen CM, Yeh MC(2013) The prevalence and determinants of impaired fasting glucose in the population of Taiwan. *BMC Public Health* 13, 11-23
- Choi MG, Kim JH(2015) Association with fasting blood insulin concentration and cardiovascular risk factor disease in prediabetic adults. *Kinesiol* 71(1), 63-71. doi:10.15758/jkak.2015.17.1.63
- Choi O, Cho S(2018) Changes in prevalence of obesity according to gender in Korea adults: using a population-based Korea National Health Check-up Database, 2011-2013. *Korean Public Health Res* 44(4), 87-97
- 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
- Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, Sorton ES, Castorino K, Tate DF(2016) Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American diabetes association. *Diabetes Care* 39(11), 2065-2079
- 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
- Eminin CA, Anderson SG, Woodward M, Rahimi K(2015) Usual blood pressure and risk of New-Onset diabetes: evidence From 4.1 million adults and a meta-analysis of prospective studies. *J Am College Cardiol* 66, 1552-1562
- Evans EM, Racette SB, Peterson LR, Villareal DT, Greiwe JS, Holloszy JO(2005) Aerobic power and insulin training improve in response to endurance exercise training in healthy 77-87 yr olds. *J Appl Physiol* 98(1), 40-45
- 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), 2197
- 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), 101-106. doi:10.1152/jappphysiol.00707.2003
- Hu G, Lindström J, Valle TT, Eriksson JG, Jousilahti P, Silventoinen K, Qiao Q, Tuomilehto J(2004) Physical activity, body mass index, and risk of type 2 diabetes in patients with normal or impaired glucose regulation. *Arch Intern Med* 164(8), 892-896
- Hu K, Yu J(2011) Study on the effectiveness of exercise intervention among pre-diabetics in Huangpu district, Shanghai. *J Environ Occup Med* 28(11), 669-671
- Huo X, Gao L, Guo L, Xu W, Wang W, Zhi X, Li L, Ren Y, Qi X, Sun Z, Li W, Ji Q, Ran X, Su B, Hao C, Lu J, Guo X, Zhuo H, Zhang D, Pan C, Weng J, Hu D, Yang X, Ji L(2016) Risk of non-fatal cardiovascular diseases in early-onset versus late-onset type 2 diabetes in China: a cross-sectional study. *Lancet Diabetes Endocrinol* 4(2), 115-124. doi:10.1016/S2213-8587(15)00508-2
- International Diabetes Federation(2017) *IDF Diabetes Atlas*, 8th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation
- Kang JM(2015) Factors associated with prediabetes: data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey V, 2011-2012. Master's Thesis, Yonsei University, pp17-25
- Kallman DA, Plato CC, Tobin JD(1990) The role of muscle strength loss in the age-related decline in grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol* 45(3), 82-88
- 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
- Keum HS, Suh SR(2016) Comparison of biological markers and lifestyle factors on the presence of diabetes mellitus in middle-aged adults. *J Korean Academia-Industrial Cooperation Soc* 17(2), 104-111. doi:10.5762/KAIS.2016.17.2.104
- 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 Girls Women* 30(4), 335-355. doi:10.22472/kpeaw.2016.30.4.335
- Kitagawa T, 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 S, Na Y(2017) The distribution and characteristics of abnormal findings regarding fasting plasma glucose and HbA1c-Based on adults except for known diabetes. *Korean J Clin Lab Sci* 49(3), 239-247. doi:10.15324/kjcls.2017.49.3.239
- LaMonte MJ, Blair SN, Church TS(2005) Physical activity and diabetes prevention. *J Appl Phys* 99(3), 1205-1213
- Lee JC, Heo AS, Jo JH(2017) The effect of exercise participating in health indicators, body composition, and physical fitness in chronic disease patients with hypertension and diabetes. *Korean J Growth Dev* 25(4), 423-429
- Lee MR, Jung SM, Kim HS, Kim YB(2018) Association of muscle strength with cardiovascular risk in Korean adults Findings from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI to VII (2014-2016). *Med* 97(47), e13240
- Legrand D, Adriaensen W, Vaes B, Mathei C, Wallenmacq P, Degryse J(2013) The relationship between grip strength and muscle mass, inflammatory biomarkers and physical performance in community-dwelling very old persons. *Arch Gerontol Geriatr* 57(3), 345-354. doi:10.1016/j.archger.2013.06.003
- 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
- Meikle PJ, Wong G, Barlow CK, Weir JM, Greeve MA, MacIntosh GL, Almasy L, Comuzzie AG, Mahaney MC, Kowalczyk A, Haviv I, Grantham N, Magliano DJ, Jowett JB, Zimmet P, Curran JE, Blangero J, Shaw J(2013) Plasma lipid profiling shows similar associations with prediabetes and type 2 diabetes. *PLoS One* 8(9), e74341
- Ministry of Health and Welfare(2013) *The physical activity*

- guide for Koreans
 Ministry of Health and Welfare(2018) OECD Health Statistics 2018
 Ministry of Health and Welfare(2019) Korean National Health and Nutrition Examination Survey
 National Health Service(2019) Serious health conditions, available from www.nhs.uk/conditions/obesity [cited 2019 May 16]
 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
 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
 Roden M, Price TB, Perseghin G, Petersen KF, Rothman DL, Cline GW, Shulman GI(1996) Mechanism of free fatty acid-induced insulin resistance in humans. *J Clin Invest* 97(12), 2859-2865
 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
 Thomas DE, Elliott EJ(2010) The use of low-glycaemic index diets in diabetes control. *Br J Nutr* 104(6), 797-802
 Veghari G, Sedaghat M, Joshaghani H, Banihashem S, Moharloe P, Angizeh A, Tazik E, Moghaddami A, Hajian-Tilaki K, ZahedPasha Y(2014) The association of fasting blood glucose(FBG) and waist circumference in northern adults in Iran: a population based study. *J Diabetes Metab Disord* 13, 2. doi:10.1186/2251-6581-13-2
 Wang H, Qiu Q, Tan LL, Liu T, Deng XQ, Chen YM, Chen W, Yu XQ, Hu BJ, Chen WQ(2009a) Prevalence and determinants of diabetes and impaired fasting glucose among urban community-dwelling adults in Guangzhou, China. *Diabetes Metab* 35(5), 378-384
 Wang Y, Simar D, Fiatarone Singh MA(2009b) 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
 WHO(2016) Global Report on Diabetes
 Zhang L, Qiao Q, Tuomilehto J, Hammar N, Alberti KG, Eliasson M, Heine RJ, Stehouwer CD, Ruotolo G; DECODE Study Group(2008) Blood lipid levels in relation to glucose status in European men and women without a prior history of diabetes: the DECODE Study. *Diabetes Res Clin Prac* 82(3), 364-377