

운동과 당뇨병의 역학

제주대학교 체육학부¹, 연세대학교 스포츠레저학과²
제갈윤석¹, 전용관²

Epidemiology of Physical Activity Participation and Type 2 Diabetes in Korea

Yoonsuk Jekal¹, Justin Y Jeon²

¹Department of Exercise and Sports Science, Jeju National University, Jeju,

²Department of Sports and Leisure Studies, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract

To date, numerous investigations have identified the role of exercise and physical activity in prevention and treatment of Type 2 diabetes and cardiovascular disease (CVD). This review paper analyzed epidemiological findings which investigated the effects of obesity, physical activity participation and the level of fitness levels on prevalence and risk factors of Type 2 diabetes and CVD. These studies showed that not only prevention of obesity, but also participation of physical activity and maintenance of good level of fitness are important to prevent and treat Type 2 diabetes and CVD. In addition, prevention of obesity and improvement of high fitness levels at early ages (childhood and adolescence) are important to prevent the prevalence and incidence of Type 2 diabetes and CVD. (J Korean Diabetes 2011;12:13-20)

Keywords: Insulin resistance, Obesity, Physical activity participation, Type 2 diabetes

당뇨병은 지난 수 십년간 유병률과 그로인한 사망률이 급증하고 있는 만성질환이다. 미국의 경우 1980년에 비해 2005년 당뇨병환자 수가 두 배 이상 증가하였고, 우리나라의 경우에도 1990년대에는 사망원인 7위였던 당뇨병이 2000년 대에는 5위로 증가하였다[4,17]. 이러한 당뇨병의 유병률을 감소시키고 당뇨병환자들의 합병증 예방을 위해 정기적인 운동 및 신체활동의 참여와 체력증진을 제안하고 있다. 본 논문은 지난 5년간 본 연구자가 수행하였던 연구와 운동과 당뇨병과의 관계를 규명한 최근 발표된 연구들을 근거로 운동습관 및 체력수준과 혈당조절 능력, 인슐린 및 심혈관질환 위험요인들과의 관계를 분석하는데 그 목적이 있다.

비만과 대사성질환과의 관계

비만인구의 기하급수적인 증가로 인해 전세계 대부분의 국가들은 국민건강 증진을 위한 첫 번째 방법으로 비만 예방 및 치료를 두고 있다. 비만은 인슐린

저항성을 증가시키고, 이러한 인슐린저항성으로 인해 제 2형 당뇨병과 심혈관질환 등의 대사성질환 유병률이 증가하고, 대장암, 유방암, 자궁암 등 각종 암 발병률을 증가시켜 인간의 삶의 질을 저하시키며 결국 인간수명을 단축시키고 있다[15]. 본 연구자는 2006-8년 3년간 경기도 수원시 소재 남자고등학교를 선정하여 우리나라 청소년의 비만 유병률, 정기적인 신체활동 참여습관, 체력수준을 분석하였고, 인슐린저항성 및 심혈관질환 위험도를 조사하여 비만도, 체력수준 및 신체활동 참여량과 인슐린저항성 및 심혈관질환 위험도의 관계를 횡단, 종단, 중재연구 방법으로 분석하였다(Korean Adolescents Physical Activity and Obesity Study, KAPHA 연구).

연구결과 비록 청소년에서 비만도가 증가 할수록 인슐린저항성과 심혈관질환 위험지수가 유의하게 증가한 것을 볼 수 있다(Table 1). 연구 대상자들 중, 체질량 지수(BMI)가 23 kg/m² 미만인 청소년의 인슐린저항성 지수(HOMA-IR)가 2.01 ± 1.00, 체질량지수 23-27

kg/m²인 청소년은 2.96 ± 2.08 , 체질량지수 27 kg/m² 이상인 청소년들은 5.37 ± 3.48 으로 비만도의 증가에 따라 인슐린저항성이 2배 이상 증가하였다. 뿐만 아니라 동맥경화의 진행 정도를 의미하는 경동맥 내중막 두께(intima media thickness, IMT)도 체질량지수 27 kg/m² 이상의 청소년들은 통계적으로 유의하게 증가한 것을 볼 수 있었다[8].

또한, 본 연구자는 2009년 경기도 소재 M병원에 건강검진을 위해 내원한 우리나라 성인 남녀를 대상으로 비만도, 체력수준과 당화혈색소(HbA1c)와 대사증후군(Metabolic Syndrome, MS)의 관계를 분석하였으며, 그 결과 성인의 비만도 증가는 인슐린 저항성과 혈중 지질 농도를 증가시키고, 동맥경화를 촉진시켜 심혈관질환 발병 위험도의 원인이 되는 것으로 밝혀졌다[9]. 특히, 체질량지수에 따라 그룹을 나누어 (3그룹) 그룹 간의 대사증후군 위험도를 비교한 결과, 체질량지수가 가장 낮은 하위 33.3% 그룹에 비해 체질량지수가 가장 높은 상위 33.3% 그룹은 대사증

후군에 발병 위험도가 남성은 7배, 여성은 15배 증가하였다.

Mokdad 등의 2003년 연구에서도 체질량지수가 정상인 그룹에 비해 40 kg/m² 이상인 그룹의 당뇨병 발병 위험도가 8배, 고혈압 발병 위험도가 7배 증가하였다고 보고하고 있다[14]. 이러한 연구결과들은 만성질환 위험요인과 만성질환 발병의 원인으로서는 비만의 심각성을 다시 한번 입증하고 있다.

체력과 대사성질환과의 관계

정기적인 신체활동의 참여는 만성질환을 예방하고, 심혈관질환으로 인한 조기 사망률을 낮추며, 더 나아가 수명을 연장시킨다. Carnethon 등은 1999-2002년 미국 국민건강영양조사에서 체력수준과 심혈관질환 위험요인의 관계를 분석하였다[3]. 12-19세 청소년 3,110명과 20-49세 성인 2,205명을 선정하여 최대하부하(submaximal) 트레드밀테스트 방법으로 심폐체력을

Table 1. Comparisons of anthropometrics, metabolic parameters and insulin resistance and cardiovascular disease risk score across the level of BMI among Korean adolescents (KAPHA study) (adapted from Jekal et al.-Int Sports Med 2009;30:733-40 [8])

Variables	BMI < 23	23 ≤ BMI ≤ 26.9	BMI > 27	Total
No.	205	86	31	322
Height (cm)	174.01 ± 5.78	174.42 ± 4.86	173.37 ± 5.69	174.06 ± 5.54
Weight (kg)	62.64 ± 7.58	74.96 ± 5.85	89.3 ± 10.29	68.49 ± 11.41
BMI (kg/m ²)	20.73 ± 1.56	24.59 ± 1.15 ^a	29.58 ± 2.36 ^{a,b}	22.62 ± 3.23
Percent body fat (%)	14.27 ± 3.79	20.21 ± 3.73 ^a	28.33 ± 4.82 ^{a,b}	17.13 ± 5.95
SBP (mm Hg)	113.37 ± 9.17	114.14 ± 10.71	124.45 ± 11.96 ^{a,b}	114.62 ± 10.35
DBP (mm Hg)	73.80 ± 7.68	73.32 ± 8.80	81.61 ± 9.04 ^{a,b}	74.42 ± 8.44
Glucose (mg/dL)	74.4 ± 9.01	77.04 ± 8.22 ^a	75.06 ± 7.82	75.17 ± 8.75
Insulin (μIU/mL)	5.61 ± 2.65	8.29 ± 6.21 ^a	13.09 ± 7.18 ^{a,b}	7.04 ± 4.98
HOMA-IR	2.01 ± 1.00	2.96 ± 2.08 ^a	5.37 ± 3.48 ^{a,b}	2.58 ± 1.97
TC (mg/dL)	144.34 ± 23.06	146.25 ± 24.24	160.13 ± 24.32 ^{a,b}	146.37 ± 23.87
TG (mg/dL)	65.46 ± 33.16	74.02 ± 29.47	104.84 ± 42.03 ^{a,b}	71.54 ± 35.02
HDL-C (mg/dL)	54.58 ± 8.89	50.85 ± 9.52 ^a	50.37 ± 9.48 ^{a,b}	53.08 ± 9.28
LDL-C (mg/dL)	76.66 ± 19.44	80.60 ± 20.49	88.79 ± 22.18 ^{a,b}	78.88 ± 20.26
hs-CRP (mg/dL)	0.15 ± 0.34	0.17 ± 0.33	0.10 ± 0.06	0.15 ± 0.33
CVD risk score	-1.32 ± 2.36	1.04 ± 2.52 ^a	5.89 ± 4.62 ^{a,b}	0.0 ± 3.48
IMT max (mm)	0.74 ± 0.08	0.73 ± 0.07	0.77 ± 0.07	0.75 ± 0.08
IMT average (mm)	0.60 ± 0.05	0.59 ± 0.06	0.63 ± 0.06 ^{a,b}	0.61 ± 0.06

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated. BMI, body mass index; DBP, Diastolic blood pressure; HDL-C, High density lipoprotein cholesterol; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; hs-CRP, high sensitivity C-reactive protein; CVD risk score, cardiovascular disease risk score; IMT, intima media thickness; IMT average, 6 point average; LDL-C, low density lipoprotein cholesterol; SBP, systolic blood pressure; TC, total cholesterol; TG, triglyceride.

IMT was performed 131 participants ^aP < 0.05 vs. BMI < 23 ^bP < 0.05 vs. 23 ≤ BMI ≤ 26.9.

측정하였고, 신체계측 및 혈액분석을 실시하였다. 연구의 결과에 의하면(Table 2) 낮은 심폐체력 수준의 청소년들 중, 남성은 비만, 고혈압, 고지혈증, 대사증후군 발생 위험도가, 여성은 비만, 고지혈증 위험도가 높은 심폐체력 수준의 청소년들에 비해 증가하였다. 이러한 경향은 성인의 경우에도 유사하거나 또는 더욱 심각하였는데, 남성은 비만, 고혈압, 고지혈증, 대사증후군 위험도가 유의하게 증가하였으며, 여성은 비만, 고혈압, 고지혈증 위험도가 체력이 낮은 그룹에서 보다 더 유의하게 증가한 것을 확인할 수 있었다.

Wessel 등이 906명의 여성을 대상으로 비만도, 체력수준과 동맥경화에 의한 사망률을 조사한 연구에서 체질량지수와 복부 비만은 다른 심혈관질환 위험 요인을 통제하였을 때, 동맥경화에 의한 사망에 유의한 연관성이 없는 것으로 나타났지만, 낮은 체력수준은 통계적으로 유의하게 동맥경화에 의한 사망에

직접적으로 영향을 주는 것으로 나타났다[18]. 이러한 연구결과들은 비만예방과 함께 적절한 체력수준을 유지하는 것이 심혈관질환 및 만성질환을 예방하고 치료하는 중요한 방법임을 제안하고 있다.

본 연구자는 KAPHA 연구에서 비만도와 체력이 심혈관질환에 미치는 영향을 분석하기 위해 비만도와 체력수준(심폐체력)에 따라 4그룹(비만하고 체력수준이 높은 그룹, 비만하고 체력수준이 낮은 그룹, 비만하지 않고 체력수준이 높은 그룹, 비만하지 않고 체력수준이 낮은 그룹)으로 나누어 그룹 간의 심혈관질환 위험지수를 비교, 분석하였다. 비만하고 체력수준이 높은 그룹은 비만하고 체력수준이 낮은 그룹에 비해 심혈관질환 위험점수가 유의하게 감소하였고, 또한 비만하지 않은 그룹들 중에서 체력수준이 낮은 그룹이 체력수준이 높은 그룹에 비해 심혈관질환 위험지수가 유의하게 증가했다[8]. 이러한 결과는 비만하다고 할 지라도 높은

Table 2. Odd ratios of having cardiovascular disease risk factors in US adolescents and adults with low level of physical fitness (NHANES 1999-2002)[adapted from Carnethon et al. JAMA 2005;294:2981-8 [3]]

Fitness status	Female	OR (95% CI)	Male
Adolescents			
Overweight (BMI 25-30) ^a	2.27 (1.64-3.15)		2.88 (2.02-4.09)
Obese (BMI ≥ 30) ^a	2.68 (1.86-3.86)		3.65 (2.32-5.75)
Newly identified hypertension	1.35 (0.68-2.70)		1.03 (0.30-3.54)
Hypercholesterolemia ^b	1.89 (1.12-3.17)		3.68 (2.55-5.31)
Low HDL-C	1.03 (0.74-1.43)		1.25 (0.93-1.69)
Impaired fasting glucose ^c	1.95 (0.71-5.37)		1.24 (0.79-1.95)
The metabolic syndrome ^d	2.72 (0.85-8.74)		4.20 (2.14-8.25)
Adults			
Overweight (BMI 25-30) ^a	2.94 (1.85-4.68)		3.41 (1.90-6.13)
Obese (BMI ≥ 30) ^a	2.14 (1.37-3.34)		3.13 (1.96-4.99)
Newly identified hypertension	2.12 (1.33-3.37)		1.83 (1.08-3.09)
Hypercholesterolemia ^b	1.71 (1.19-2.47)		1.30 (0.76-2.25)
Low HDL-C	1.76 (1.18-2.61)		1.87 (1.22-2.85)
Impaired fasting glucose ^c	0.97 (0.46-2.05)		1.34 (0.67-2.68)
The metabolic syndrome ^d	1.76 (0.91-3.40)		2.00 (0.84-4.74)

BMI, body mass index; CI, confidence interval; HDL-C, High density lipoprotein cholesterol; NHANES, National Health and Nutrition Examination Survey; OR, odds ratio.

^a Calculated as weight in kilograms divided by the square of height in meters.

^b Defined as total cholesterol level > 200 mg/dL (5.2 mmol/L).

^c Measured in a subset of 2,542 participants and defined as glucose level > 100 mg/dL (5.6 mmol/L).

^d Defined in adults according to National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria²¹; in adolescents.

체력을 유지할 경우 만성질환의 발병을 예방할 수 있다는 것을 보여준다.

본 연구자는 이러한 청소년기 체력수준과 만성질환 위험도를 분석한 연구결과를 성인을 대상으로 검증하기 위해 우리나라 성인 남녀 1,020여명을 선정하여, 스텝테스트를 사용하여 심폐체력을 측정하여 체력수준에 따라 세 그룹을 나누고 그룹 간의 혈당과 대사증후군 발병 위험도를 분석하였다[11]. 연령과 비만도를 통제한 후 분석된 연구결과에서 심폐체력이 가장 좋은 그룹의 혈당, HbA1c가 통계적으로 유의하게 낮았고, 고밀도 지단백 콜레스테롤은 높은 것으로 나타났다. 추가적으로 비만도와 체력수준에 따라 그룹으로 나누고 대사증후군 발병 위험도를 분석한 결과, 비만도가 가장 낮고 체력수준이 가장 높은 그룹에 비해, 비만도가 가장 높고 체력수준이 가장 낮은 그룹의 대사증후군 발병 위험도가 남성은 무려 71배, 여성은 30배 이상 증가하였다. 이에 반해 비만도가 높고 체력수준이 가장

높은 그룹의 대사증후군 발병 위험도는, 비만도가 가장 낮고 체력수준이 가장 높은 그룹에 비해, 남성에서는 19배, 여성에서는 18배 높았다. 이러한 연구결과는 적절한 체중을 유지하는 것과 함께 건강한 수준의 체력을 유지하는 것 또한 대사증후군 예방에 필수적임을 제안하고 있다.

지금까지 진행되었던 체력수준과 만성질환 위험요인 및 사망률의 관계를 조사한 연구들은 대부분 심폐체력에 한정되어 분석되었다. 그러나 최근 건강증진 및 질병예방을 위한 근력운동의 중요성이 대두되고 있다. 최근 Nomura 등은 근력이 인슐린저항성에 미치는 영향을 조사하였는데, 남녀 각 20명 제2형 당뇨병 환자의 근력을 측정하여 근력과 인슐린저항성(HOMA-IR)의 상관관계를 분석하였다. 연구결과 근력은 남성($r = -.510, P < 0.05$), 여성($r = -.462, P < 0.05$) 모두 HOMA-IR과 역상관관계를 나타내었다[16].

저자가 시행한 최근 연구에서도 1분간 실시한

Table 3. Correlation between the level of physical fitness and cardiovascular disease risk factor among male adolescents (adapted from KAPHA Study 1st year data unpublished)

	Push-ups		VO ₂ max	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Weight (kg)	-.167	.013	-.739	.000
BMI	-.179	.008	-.798	.000
Fat mass (kg)	-.312	.000	-.775	.000
Body fat (%)	-.312	.000	-.760	.000
WC (cm)	-.246	.000	-.739	.000
SBP (mm Hg)	.015	.827	-.036	.592
DBP (mm Hg)	.013	.846	-.071	.297
Fasting glucose (mg/dL)	-.034	.619	-.083	.222
TC (mg/dL)	.007	.914	-.213	.002
TG (mg/dL)	-.06	.372	-.253	.000
HDL-C (mg/dL)	.037	.581	.183	.006
hs-CRP (mg/dL)	.028	.678	-.026	.700
Fasting insulin (μIU/mL)	-.167	.013	-.369	.000
HOMA-IR	-.164	.015	-.368	.000
IGF-1	-.106	.117	-.146	.031
IGFBP-3	-.084	.213	-.128	.059
Average IMT	-.253	.015	-.183	.080
Maximum IMT	-.393	.000	-.229	.028

Values are presented as mean ± SE. BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; TG, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; hs-CRP, high sensitivity C-reactive protein; HOMA-IR, homeostasis model assessment-insulin resistance; PA, physical activity; IGF-1, insulin-like growth factor 1; IGFBP-3, insulin-like growth factor binding protein; IMT, intima-media thickness.

윗몸일으키기 횟수에 따라 그룹(3그룹)을 나누어 그룹간의 혈당과 HbA1c를 분석하였다. 근지구력이 가장 좋은 그룹에서 남성은 혈당과 HbA1c, 그리고 여성은 HbA1c, 총 콜레스테롤, 중성지방, 그리고 저밀도 지단백 콜레스테롤 수치가 근지구력이 가장 낮은 그룹에 비해 유의하게 낮았으며, 고밀도 지단백 콜레스테롤은 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 혈당 관리와 심혈관질환 예방을 위해 근력운동이 매우 중요하다는

점을 시사하고 있다[9]. 이러한 현상은 비만 아동들에게서도 보고되었는데, 비록 비만하다고 할 지라도 근지구력이 좋으면 근지구력이 상대적으로 낮은 비만아동들에 비해 아디포넥틴 수치가 높았고 심혈관질환 위험지수가 낮은 것을 관찰할 수 있었다[12].

이러한 결과는 청소년들에게도 유사한 결과를 보여주고 있는데, KAPHA 연구에서 근력, 심폐지구력과 인슐린저항성, 심혈관질환 위험요인의 상관관계를

Table 4. Meta-Analysis in physical activity participation and glucose control (HbA1c) (adapted from Boule et al. JAMA 2001;286:1218-27 [2])

Source	Period	No. of subjects/HbA1c, Mean (SD), %		Weight %	WMD, % (95% CI)	Favors treatment	Favors control
		Exercise group	Control group				
Exercise vs. Nonexercise control							
Dunstan et al, 1988	Baseline	11/8.2 (1.7)	10/8.1 (1.9)	5.8	0.1 [-1.43 to 1.63]		
	Post	11/8.0 (1.7)	10/8.3 (2.2)	3.7	-0.3 [-1.98 to 1.38]		
Honkola et al, 1997	Baseline	18/7.5 (1.3)	20/7.7 (1.3)	19.9	-0.2 [-1.03 to 0.63]		
	Post	18/7.4 (0.9)	20/8.1 (2.2)	20.9	-0.7 [-1.41 to 0.01]		
Wing et al, 1998	Study 1						
	Baseline	10/9.7 (1.6)	12/9.4 (1.7)	7.1	0.3 [-1.08 to 1.68]		
	Post	10/8.0 (1.3)	12/7.9 (1.7)	6.7	0.1 [-1.15 to 1.35]		
	Study 2						
	Baseline	13/10.6 (1.8)	15/10.9 (1.9)	7.1	-0.3 [-1.69 to 1.09]		
	Post	13/8.2 (1.1)	15/9.0 (1.2)	15.2	-0.8 [-1.63 to 0.03]		
Tessier et al, 2000	Baseline	19/7.5 (1.2)	20/7.3 (1.7)	16.2	0.2 [-0.72 to 1.12]		
	Post	19/7.6 (1.2)	20/7.8 (1.5)	14.4	-0.2 [-1.05 to 0.65]		
Dunstan et al, 1997	Exercise and diet vs. Diet alone						
	Baseline	14/8.3 (1.5)	12/8.0 (1.5)	10.2	0.3 [-0.86 to 1.46]		
	Post	14/7.7 (1.5)	12/7.9 (1.5)	7.8	-0.2 [-1.36 to 0.96]		
	Exercise vs. Alone vs. Control						
	Baseline	11/8.8 (2.7)	12/8.1 (1.4)	4.3	0.7 [-1.08 to 2.48]		
	Post	11/8.1 (2.7)	12/7.6 (1.4)	3.3	0.5 [-1.28 to 2.28]		
Lehmann et al, 1995	Baseline	16/7.5 (1.6)	13/7.8 (1.7)	9.3	-0.3 [-1.51 to 0.91]		
	Post	16/7.5 (1.6)	13/8.4 (1.7)	7.1	-0.9 [-2.11 to 0.31]		
Rez et al, 1994	Baseline	19/12.5 (2.9)	19/12.4 (4.0)	2.8	0.1 [-2.12 to 2.32]		
	Post	19/11.7 (2.6)	19/12.9 (4.2)	2.1	-1.2 [-3.42 to 1.02]		
Ronnemaa et al, 1986	Baseline	13/9.6 (1.6)	12/10.0 (1.5)	9.3	-0.4 [-1.62 to 0.82]		
	Post	13/8.6 (1.9)	12/9.9 (1.7)	5.2	-1.3 [-2.71 to 0.11]		
Mourier et al, 1997	Baseline	10/8.5 (1.9)	11/7.4 (1.0)	7.9	1.1 [-0.21 to 2.41]		
	Post	10/6.2 (0.6)	11/7.7 (1.3)	13.6	-1.5 [-2.38 to -0.62]		
Overall	Baseline	154	156	100	0.08 [-0.29 to 0.45]		
	Post	154	156	100	-0.66 [-0.98 to -0.34]		

CI, confidence interval; WMD, weight mean difference.

분석한 결과, 팔굽혀펴기 횟수는 공복 시 인슐린, 인슐린 저항성(HOMA-IR), 그리고 경동맥 내중막 두께와 통계적으로 유의하게 상관관계가 있었다(Table 3). 이 연구 결과들 중 흥미로운 점은 팔굽혀펴기 횟수가 심폐지구력 보다 경동맥 내중막 두께와의 상관계수가 상대적으로 높았다. 상관계수 한가지만으로 동맥경화 예방을 위해 심폐지구력 증진보다 근력증진 운동이 상대적으로 중요하다고 해석할 수는 없지만, 근력과 경동맥 내중막 두께의 높은 상관관계가 입증된 것은 의미 있는 결과로 이해될 수 있을 것이다. 본 연구자는 청소년을 대상으로 근력과 심폐체력이 인슐린저항성과 대사성질환의 위험에 미치는 영향을 분석한 결과 심폐체력과 근지구력이 모두 낮은 그룹에서만 인슐린저항성과 대사성질환 위험요인들이 증가한 것을 관찰하였다. 이 연구는 운동을 통해 심폐체력 또는 근지구력 중 한가지 체력수준만 정기적인 운동을 통해 증진시켜도 인슐린저항성을 개선할 수 있으며, 더 나아가 대사성질환의 예방 효과가 있음을 보여주었다[1].

이러한 근력의 중요성이 인식되어 2004년 American Diabetes Association (ADA), 2007년 American College of Sports Medicine (ACSM) 그리고 American Heart Association (AHA)에서도 운동 가이드라인에 근력 운동프로그램을 포함시키고 있다. 그러나 현재까지도 인슐린저항성의 개선과 심혈관질환 위험의

감소를 위한 근력 및 근지구력의 역할에 관한 연구는 심폐지구력의 중요성에 비해 상대적으로 낮은 관심을 받고 있다.

대사성질환 예방을 위한 최저체력의 기준점

본 연구자는 KAPHA 연구 실행 중, 고등학교 체력장 등급에 따라 인슐린저항성과 대사성질환 위험요인을 분석하여 보았다. 흥미롭게도 체력장등급 1-3급 간에는 비만도와 인슐린저항성 그리고 심혈관질환 위험점수가 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 4, 5급 학생들은 1-3급 학생들에 비해 비만도 인슐린저항성, 심혈관질환 위험지수가 유의하게 증가하였고, 특히, 5급 학생들은 경동맥 내중막 두께가 유의하게 증가하였다[7]. 이러한 연구결과는 어느 정도의 특정 체력수준이 안 되는 경우 비만도와 대사성질환이 증가한다는 시사점을 제공하고 있다. 더 나아가, 우리 나라 청소년의 건강 증진을 개선하기 위해 체력등급이 4급인 학생들은 만성질환 위험군, 그리고 5급인 학생들은 만성질환 고 위험군으로 분류하여, 교육과학기술부 및 보건복지부에서는 특별관리 프로그램을 개발하고 적용할 것을 제안하고 있다.

이러한 최저체력의 규명의 필요성은 Church 등의 연구 결과를 볼 때 알 수 있다[5]. Church 등은 심폐체력

Table 5. Relative risks for the abnormal values in blood pressure, glucose, total cholesterol and BMI in adulthood across the level of physical fitness during adolescence (adapted from Jekal et al. Korean Diabetes J 2010;34:126-34 [10])

	1st group	2nd group	3rd group
Males			
No.	883	1,972	471
FG (≥ 110)	1.00	1.02(0.78 to 1.32)	0.76(0.51 to 1.12)
BP (SBP ≥ 130 or DBP ≥ 85)	1.00	1.03(0.87 to 1.21)	1.15(0.92 to 1.45)
TC (≥ 200)	1.00	0.93(0.80 to 1.10)	0.91(0.73 to 1.14)
BMI (≥ 25)	1.00	0.87(0.74 to 1.02)	1.30(1.04 to 1.63)
Females			
No.	208	377	51
FG (≥ 110)	1.00	1.69(0.74 to 3.89)	3.11(1.00 to 9.65)
BP (SBP ≥ 130 or DBP ≥ 85)	1.00	1.52(0.89 to 2.58)	2.09(0.92 to 4.72)
TC (≥ 200)	1.00	1.01(0.69 to 1.49)	1.46(0.76 to 2.83)
BMI (≥ 25)	1.00	1.27(0.79 to 2.05)	2.36(1.15 to 4.86)

Data presented as the relative risk (95% confidence interval). 1st group, most fit; 3rd group, least fit. FG, fasting glucose; BP, blood pressure; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; BMI, body mass index.

수준에 따라 네 그룹으로 나누어 그룹 간의 조기 사망 위험도를 비교하였는데, 체력수준이 가장 높은 그룹에 비해 두 번째, 세 번째 그리고 네 번째 그룹의 조기 사망 위험도가 각각 1.6, 2.8, 그리고 4.5배로 체력수준 감소에 따라 조기 사망 위험도가 증가하였다. 비만도에 따른 조기 사망 위험도는, 흥미롭게도 체력수준을 통제하였을 때, 비만도에 따라 조기 사망 위험도가 통계적으로 유의하게 증가하지 않았다. 또한 Church는 15년간의 중단연구를 추가적으로 수행하였는데, 연구결과 심폐체력이 감소할수록 사망 위험도는 유의하게 증가하였는데[6], 심폐체력이 1 MET 감소할 때 마다 사망 위험도는 20%씩 증가한다고 보고하였다. Church 등의 두 가지 선행 연구를 종합해 보면, 당뇨병 환자들의 조기사망에 비만도 보다 체력수준이 연관성이 상대적으로 높았고, 특히 심폐체력이 8.8 MET 이하인 환자의 사망률이 급격히 증가하였다는 것을 볼 수 있다. Mcauley 등이 제대한 군인들을 대상으로 실행한 연구에서는 심폐체력이 5 MET 이하인 사람들의 조기 사망률이 80% 이상 증가하는 것을 밝혀냈다[13]. 이러한 연구결과들은 건강증진과 함께 조기사망 예방을 위해 최소한의 체력수준을 유지하는 것이 필수적임을 제안하고 있다. 이러한 연구 결과는 정기적인 운동 참여를 통해서 HbA1c를 34%까지 낮출 수 있다는 Boule 등의 메타분석을 통해서도 알 수 있다(Table 4)[2].

청소년기의 비만과 체력이 성인기 대사성 질환에 미치는 영향

본 연구자는 더 나아가 우리나라를 포함하여 몇몇 국가에만 국한되어 있는 자료들을 이용하여 고등학교시기 비만도와 체력이 만성질환에 미치는 영향을 규명하였다. 우리나라는 초, 중, 고 시기 규격화된 체력장 제도와 함께 신체검사 제도가 있으며, 이러한 체력장의 결과와 신체검사의 결과는 학교에서 50년간 보관하도록 되어있다. 또한 우리나라에서 건강검진과 생애전환기 건강검진은 국민건강보험공단에서 주관하고 있어, 고등학교시기의 비만도와 체력이 성인기 대사성질환의 발현에 미치는 영향을 규명할 수 있다. 이에 본 연구자는 서울 경기 소재 10개 학교에서 15,896명의 체력장 결과를 수집하여 이 중 국민건강보험공단에 건강검진 자료가 입력되어 있는 3,993명의 결과를 분석하였다(Table 5). 분석 결과 고등학교 시기 비만도가 가장 높은 그룹 (총 5그룹)에 포함된 남자의 경우 성인기에 BMI가 25 kg/m² 이상일 확률이 가장 비만하지 않은 그룹에 비해 18.96배, 그리고 여자의 경우 18.65배 높은 것으로 나타났으며, 공복

혈당이 110 mg/dL 이상일 확률은 고등학교시기 비만도가 가장 높은 그룹의 남자에게서만 2.26배 증가한 것으로 나타났다. 또한 고등학교 시기 체력 정도를 세 그룹으로 나누어 고등학교 체력 정도에 따라 성인기 비만도와 대사성질환 위험요인에 미치는 영향을 분석한 결과 고등학교시기 체력이 가장 낮은 그룹 (총 세 그룹)에서 성인기 공복혈당이 110 mg/dL 이상일 확률이 여자에게서만 3.11 배 이상 증가한 것으로 나타났다[10]. 이러한 결과는 청소년시기 비만이 성인기 비만을 유발한다는 결과를 뒷받침 할 뿐만 아니라, 청소년기의 체력유지 및 증진 역시 성인기 비만도와 대사성질환 발병에 영향을 준다는 것을 알려주었다.

요약

현재까지 비만이 인슐린저항성을 일으키고 당뇨병을 유발한다는 많은 보고가 있었고, 따라서 운동 프로그램의 참여가 당뇨병을 예방하고 치료하는데 도움이 된다고 여러 선행연구들이 제안하고 있다. 그러나, 한국인을 대상으로 체력수준과 대사성질환의 관계를 규명한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구자는 지난 5년간 소아, 청소년, 성인을 대상으로 실시한 역학연구와 그 동안 발표된 논문을 토대로, 체력의 증진이 비만의 예방만큼이나 당뇨병을 포함한 대사성질환의 예방과 치료에 매우 중요한 역할을 한다는 것을 규명하였다. 특히 비만하더라도 체력이 높은 사람들은 비만하면서 체력이 낮은 사람들에 비해 대사성질환의 위험도가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 앞으로 당뇨병 예방과 치료 프로그램은 반드시 정기적인 운동 프로그램 참여를 포함시켜야 하며 심폐체력과 근력, 근지구력을 함께 증진시킬 수 있도록 구성해야 할 것이다.

참고문헌

1. An KY, Kim ES, Jekal Y, Jeon JY. Association of muscular endurance and cardiopulmonary fitness to insulin resistance and the risk factors of CVD among male high school students. J Korean Soc Living Environ Sys 2010;17:477-86.
2. Boule NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. JAMA 2001;286:1218-27.
3. Carnethon MR, Gulati M, Greenland P. Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. JAMA 2005;294:2981-8.

4. Centers for Disease Control and Prevention. Diabetes: disabling, deadly, and on the rise. Atlanta: US Department Of Health and Human Services;2004.
5. Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, Priest EL, Blair SN. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:83-8.
6. Church TS, LaMonte MJ, Barlow CE, Blair SN. Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. *Arch Intern Med* 2005;165:2114-20.
7. Jekal YS, Kim ES, Park JH, Jeon JY, Im JA. The relationship between fitness and insulin resistance and cardiovascular risk factors in Korean male adolescents. *Korean J Phys Educ* 2008;47:485-93.
8. Jekal Y, Kim ES, Im JA, Park JH, Lee MK, Lee SH, Suh SH, Chu SH, Kang ES, Lee HC, Jeon JY. Interaction between fatness and fitness on CVD risk factors in Asian youth. *Int J Sports Med* 2009;30:733-40.
9. Jekal Y, Lee MK, Park S, Lee SH, Kim JY, Kang JU, Naruse M, Kim SH, Kim SH, Chu SH, Suh SH, Jeon JY. Association between obesity and physical fitness, and hemoglobin A1c level and metabolic syndrome in Korean adults. *Korean Diabetes J* 2010;34:182-90.
10. Jekal Y, Yun JE, Park SW, Jee SH, Jeon JY. The relationship between the level of fatness and fitness during adolescence and the risk factors of metabolic disorders in adulthood. *Korean Diabetes J* 2010;34:126-34.
11. Jeon JY, Im JA, Kim SH, Chu SH, Suh SH, Kim SH, Jekal Y. Effects of fitness levels during high school on metabolic disease risk factors among subjects aged between 40 to 45 years. Management Center for Health Promotion Reports, Seoul, Korea. 2009.
12. Lee MK, Jekal YS, Kim ES, Lee SH, Jeon JY. BMI, muscular endurance, and cardiovascular disease risk factors in overweight and obese children. *Korean J Phys Educ* 2009;48:535-43.
13. McAuley PA, Myers JN, Abella JP, Tan SY, Froelicher VF. Exercise capacity and body mass as predictors of mortality among male veterans with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2007;30:1539-43.
14. Mokdad AH, Ford ES, Bowman BA, Dietz WH, Vinicor F, Bales VS, Marks JS. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA* 2003;289:76-9.
15. Nathan BM, Moran A. Metabolic complications of obesity in childhood and adolescence: more than just diabetes. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2008;15:21-9.
16. Nomura T, Ikeda Y, Nakao S, Ito K, Ishida K, Suehiro T, Hashimoto K. Muscle strength is a marker of insulin resistance in patients with type 2 diabetes: a pilot study. *Endocr J* 2007;54:791-6.
17. Statistics Korea. 2004 Annual report on the cause of death statistics. Daejeon: Statistics Korea; 2005.
18. Wessel TR, Arant CB, Olson MB, Johnson BD, Reis SE, Sharaf BL, Shaw LJ, Handberg E, Sopko G, Kelsey SF, Pepine CJ, Merz NB. Relationship of physical fitness vs body mass index with coronary artery disease and cardiovascular events in women. *JAMA* 2004;292:1179-87.