대학생의 심폐체력과 비만지표 및 대사증후군 간의 연관성에 관한 연구

강현식 · 손태열

성균관대학교

Abstract

초록

Son, Tae-Yel, Kang, Hyun-Sik. A study on the association between cardiorespiratory fitness and body fatness and metabolic risk factors in young adults *Exercise Science* 2009. Little information is available regarding the relationships of daily physical activity(PA) and cardiorespiratory fitness(CRF) with metabolic risk factors in South Korea. The purpose of this study was to investigate the relationships between PA and CRF and metabolic syndrome(MS) in young Korean men. In a cross-sectional study, we examined 1020 young Korean men (696 men, mean age 23.9±2.4 years old and 324 women, mean age 21.5±1.9 years old) who were healthy and not taking any medications affecting blood pressure, glucose, or lipids concentrations. PA was measured using the international physical activity questionnaire (IPAQ). CRF was measured during a graded treadmill test. Group analyses showed significant and inverse dose-response trends between the metabolic syndrome markers and PA and CRF levels such that men with high and moderate PA and CRF levels had more favorable profiles in body fatness, resting blood pressures, mean values in fasting lipids, glucose, and insulin, and homeostasis model of assessment-insulin resistance than men with low PA and CRF level. Multivariate linear regression analyses showed that body fatness, PA, and CRF were independent predictors for clustering of metabolic risk factors in men, while body fatness was an independent predictor for clustering of metabolic risk factors in women. In conclusion, the findings of the current study suggest that behavioral and modifiable factors including body fatness, PA, and CRF play critical roles for clustering of metabolic risk factors and its related metabolic diseases in apparently healthy and young adults.

강현식, 손태열. 대학생의 심폐체력과 비만지표 및 대사증후군 간의 연관성에 관한 연구. *운동과학* 2009. 본 연구에서는 20대 외견상 건강한 남녀 대학생을 대상으로 측정한 신체활동과 심폐체력 수준에 따라 세분화한 집단별 비만 및 대사증후군 지표 그리고 대사증후군 지표들의 군집 현상 정도를 비교하였다. 신체활동수준별의 경우 남녀 모두에서 신체활동수준이 높으면 높을수록 심폐체력이 상대적으로 더 우수한 것으로 나타났다. 남학생의 경우 추가적으로 신체활동수준은 이완기혈압 및 고밀도지단백과도 연관성이 있는 것으로 나타났다. 심폐체력수준별에 따라 집단을 세분화한 경우 남녀 대학생 모두에서 심폐체력이 높으면 높을수록 비만지표와 안정시 혈압이 더 낮은 것으로 나타났으며, 남학생의 경우 심폐체력은 추가적으로 혈중지질 및 혈당과도 연관성이 있는 것으로 나타났다. 끝으로 각각의 대사증후군 지표에 대한 표준점수와 그 합을 산출하여 대사증후군 위험인자의 군집 현상에 대한 독립예측변인을 산출한 결과, 남학생의 경우 비만지표, 신체활동, 심폐체력 모두가 대사증후군에 대한 독립예측인자로서 그리고 여학생의 경우 비만지표가 대사증후군의 군집 현상에 대한 독립예측변인으로 작용할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 연구결과는 외견상 건강한 20대 성인의 경우에서도 신체활동과 심폐체력 증진은 대사성질환의 위험을 예방하는데 중요한 역할을 할 수 있다는 의미로 해석된다.

주요어 : **신체구성**, 대사성위험인자, 체력, 대학생

Key words: body composition, metabolic risk factors, physical fitness, college students

1. 서론

신체구성, 심폐지구력, 근력, 유연성 등의 하부 요인에 의해 결정되는 건강 체력 중 심폐지구력(cardiorespiratory endurance), 혹은 심폐체력(cardiorespiratory fitness)은 운동과 작업을 지속적으로 수행능력에 대한 생리학적 지표로서, 이는 일차적으로 부모로부터 물려받은 유전적인 요인과 더불어 규칙적인 신체활동과 운동을 포함한 이차적인 생활습관에 의해서 결정되는 것으로 알려지고 있다(Bouchard & Perusse, 1994; Laukkanen 등, 2009). 개인의 심폐체력은 여러 가지 필드 테스트를 이용하여 간접적으로 추정되고 있지만 점진적 운동부하가 가능한 자전거 에르고미터 혹은 트레드밀 에르고미터와 더불어 호흡가스 분석장비를 이용하여 측정하는 분당최대산소섭취량(maximum volume of oxygen consumption: VO₂max)으로 측정하는 것이 그 정확성과 신뢰성이 가장 우수한 것으로 인정받고 있다(ACSM, 2006). 이렇게 직접적인 방법으로 측정하는 분당최대산소섭취량은 혈중젖산역치수준과 더불어 종전에 지구력을 판단하는 가장 중요한 지표로서 주로 이용되어 왔지만 최근에는 서구인들을 대상으로 실시한 여러 가지 연구에서 심폐체력수준과 대사증후군을 포함한 여러 가지 퇴행성질환과 역 상관관계가 있는 것으로 지속적으로 보고됨에 따라(LaMonte 등, 2005) 서구나라의 경우 대사증후군, 비만, 당뇨, 고혈압, 고지혈증 등과 같은 만성 퇴행성질환에 대한 예방 및 치료 차원에서 심폐체력의 중요성이 부각되고 있는 것이 현 실정이다. 이 중 대사증후군(metabolic syndrome)은 혈당(blood glucose), 혈압(blood pressure), 혈중지질(blood lipids)과 같은 대사성 위험인자(metabolic risk factors)들이 동시에 다발적으로 유의하게 증가하는 초기의 임상적 징후를 총칭하는 것으로서(Piché 등, 2006), 대사증후군은 치료하지 않고 장기간 방치할 경우 제2형 당뇨, 고지혈증, 고혈압, 기타 각종 퇴행성 질환으로 전이될 수 있다는 점에서 그 심각성이 있다.

서구인들을 대상으로 지속한 선행 연구들에서 흥미로운 사실은 과거 단순한 유산소성 능력의 지표로 사용되어 왔던 심폐체력이 비만 및 복부비만과 밀접한 상관을 보인다는 것이다. 성별에 상관없이 심폐체력이 우수한 집단은 심폐체력이 낮은 집단에 비해 피부주름두께와 허리둘레가

유의하게 적은 것으로 보고한 바 있고(Ross & Katzmarzyk, 2003), 이와 유사한 연구로 Wong 등(2004)은 체질량지수에 상관없이 심폐체력이 우수한 남성은 심폐체력이 저조한 남성에 비해 총복부내체지방, 복부내장지방, 그리고 복부피하지방이 유의하게 더 적은 것으로 보고하였다. 심폐체력의 저하는 복부비만과 밀접한 연관성을 가질 뿐만 아니라(Nagano 등, 2004; Arsenault 등, 2007), 인슐린저항증(Chen 등, 2008), 고지혈증(Bertoli 등, 2003), 혈압상승(Barlow 등, 2006; Rhéaume 등, 2009)을 수반하는 대사증후군의 유병률은 물론이고 각종 심혈관질환으로 인한 조기 사망률을 높이는 역할(Wessel 등, 2004)을 하는 것으로 알려지고 있다.

특히 최근의 연구결과에 의하면 대사증후군의 발병을 비롯한 각종 심혈관질환의 유병 연령이 점차 낮아지고 있다는데 더 큰 문제가 있다고 사료된다. 즉, 신체활동 부족으로 인한 심폐체력의 저하와 더불어 비만으로 인한 대사증후군과 각종 심혈관질환은 이제 더 이상 성인기에서만 국한된 문제가 아니기 때문에 이러한 질환에 대한 예방 및 관리가 10대 혹은 20대 시기에서도 절실히 필요함을 말해주는 부분이라 사료된다. 또한 일반적으로 심폐체력의 지표인 분당최대산소섭취량은 20대에 최대치에 도달하고 그 후 매년 약 1%씩 자연노화과정에 의해 점진적으로 감소(Paulkner 등, 2007)하기 때문에 이러한 심폐체력의 저하는 기초대사량과 제지방량의 감소를 초래하여 체지방누적을 촉진시킴으로서 젊은 성인들의 비만발병과도 직접적으로 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Bouchard 등, 2007). 이와 같이 국외에서 실시된 선행 연구 결과에 의하면 심폐체력의 저하현상이 대사증후군을 포함한 다양한 퇴행성질환을 유발하는 한 가지 독립 위험 인자로서 보고하고 있음에도 불구하고, 국내의 경우 강현식 등(2006)이 남자대학생을 대상으로 최하위 수준의 심폐체력 집단은 최상위 수준의 심폐체력 집단에 비해 대사증후군에 노출될 위험이 3배 더 높다고 보고한 한 편의 연구이외에는 심폐체력과 대사증후군의 연관성을 체계적으로 조사한 연구사례가 매우 미흡한 실정이다. 따라서 이러한 사실에 근거하여 본 연구에서는 20대 남녀대학생을 대상으로 심폐체력과 비만지표 및 대사증후군 지표와의 상관성을 조사하는 것을 연구의 주요 목적으로 하였다.

II. 연구내용 및 방법

본 연구는 횡적 연구 설계에 근거하여 심폐체력과 비만지표 및 대사질환의 위험인자와의 연관성을 조사하기 위하여 다음과 같은 방법을 이용하여 자료 수집을 실시하였다. 구체적으로 본 연구의 대상자는 8-10시간의 공복상태에서 1회 실험실 방문하여 5-10분 간 앉은 상태에서 휴식을 취한 후 혈압 측정, 건강 관련 설문지 작성, 공복혈당, 신체구성변인측정, 점진적 운동 부하 검사를 통한 분당최대산소섭취량 측정 등의 순서로 실험에 참여하였다.

1) 연구 대상자

본 연구에 참여한 대상자 전원은 경기도 소재 S 대학교에서 2006-2007년 교양체육(예, 운동/영양/웰니스, 운동과 건강 등) 강좌에 등록한 대학생으로서 혈중 지질 및 탄수화물 대사, 혈압 혹은 체중에 영향을 미치는 약물을 현재 복용하고 있지 않을 뿐만 아니라 외견상 건강한 총 1020명(남학생 696명, 여학생 324명)을 대상으로 실시하였다. 실험 전 모든 피험자들에게 실험의 내용과 목적을 충분히 설명하고, 실험 사전에 실험참여 동의서에 서명 한 후에 본 실험을 실시하였다.

본 연구에 참여한 남녀 피험자의 신체적 및 행동 습관 특성은 <Table 1>에 제시한 바와 같다. 남학생과 여학생의 평균연령은 각각 23.9±2.4세 및 21.5±1.9세, 평균체중은 남학생이 70.1±9.5 kg, 여학생이 53.5±7.1 kg인 것으로 나타났다. 흡연율의 경우 남학생은 32.3%(총 225명), 여학생은 3.4%(총 11명)인 것으로 나타났으며, 평소 규칙적 신체 활동 실천율의 경우 남학생은 30.0%(총 209명), 여학생은 24.4%(총 79명) 인 것으로 나타났다.

Table 1. Physical characteristics of the participants in the study

Group Variable	Men (N=696)	Women (N=234)
Age	23.9±2.4	21.5±1.9
Weight (kg)	70.1±9.5	53.5±7.1
Smoking (N/%)		
Smoker	225 (32.3%)	11 (3.4%)
Past-smoker	99 (13.4%)	13 (4.0%)
Non-smoker	373 (53.6%)	209 (91.7%)
Exercise (N/%)		
Sedentary	379 (54.5%)	211 (65.1%)
Intermittent	103 (14.8%)	31 (9.6%)
Regular	209 (30.0%)	79 (24.4%)

2) 분석항목 및 분석방법

신장과 체중, 허리둘레, 혈압의 측정은 표준화를 위한 관리 지침에 따라 일정한 교육을 받은 조사자들이 시행할 것이고 피조사자들은 얇은 옷만 입은 상태에서 측정하였다.

(1) 신체활동 수준 분류

심폐기능 및 심혈관질환 위험요인을 예방하고 치료하기 위해서 ACSM(2006)에서는 중강도의 운동을 1회 30분 이상 주 3회 운동하는 것을 추천하고 있다. 따라서 신체활동의 조사는 신체활동 설문조사 방식으로 국제적으로 통용되고 있는 international physical activity questionnaire(Hagströmer 등, 2006) 설문지 작성을 이용하여 ACSM에서 권장하고 있는 운동처방을 기초로 하여 주 3회 이상, 1회 30분 이상 지속적으로 운동을 하는 규칙적인 운동집단(regular exercise group, RPA), 주 1-2회 운동하는 간헐적 운동집단(intermittent exercise group, IPA), 규칙적 운동을 실천하지 않는 집단(no regular exercise group, NPA)으로 분류하였다.

(2) 신체구성 및 혈액변인

신체구성과 혈액변인은 실험 참여 대상자 모두 12시간 공복상태에서 측정하였다.

① 신체구성 변인 - 신체구성 변인으로는 체질량지수(body mass index: BMI), 체지방률(percent body fat: %BF), 허리둘레 및 허리-둔부 둘레비율(waist-to-hip ratio: WHR)로 하고, 신장(cm)과 체중(kg)은 자동측정기(DS-102, Jenix, Korea)를 이용하여 측정한 후, BMI = 체중(kg)/신장(m²) 공식을 이용하여 산출하고, %BF은 X-Scan Body Composition Analyzer (JAWON Medical Co., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 허리둘레(waist circumference)는 줄자를 이용하여 바닥과 수평을 이루고 배꼽부위를 평행으로 지나도록 하고, 직립 자세에서 호기 말에 측정할 것이다. 엉덩이 둘레는 옆에서 보았을 때 가장 볼록한 부위를 측정하였고, 모두 2회 이상 측정하여 평균값을 기록할 것이다. WHR은 허리둘레를 엉덩이 둘레로 나눈 값으로 하였다.

② 혈압 - 혈압은 30분간 휴식을 취한 후 자동혈압계(PJ-500R, JAWON Medical, Korea)로 측정하고, 측정은 2회 실시하여 평균값을 자료처리에 이용 하였고, 매회 측정 후 1분 간격의 휴식시간을 허락하였다.

③ 혈중 지질 및 혈당 - 헤파린 처리된 혈액 채취튜브를 이용하여 상완정맥에서 정맥혈액을 채혈한 다음, 3000rpm에서 5분간 원심분리기(MP 300, Hanil, Korea)를 이용하여 혈장을 분리한 후, 혈중 총콜레스테롤, 중성지방, 혈당을 Vitros Chemistry T60II (Johnson & Johnson, NY, USA)을 이용하여 분석하였다.

(3) 최대산소섭취량 측정

최대산소섭취량은 트래드밀(Medtrack ST 65, Quinton, USA)과 가스 분석기(True-one, Quinton, USA)를 이용하여 측정하였다. 운동부하 검사 프로토콜은 Bruce protocol(남학생)과 Modified bruce protocol(여학생)을 이용하여 최대운동부하 검사를 실시하였다. 최대 능력 도달의 기준은 연령에 근거한 최대 심박수 도달, 호흡교환율(respiratory exchange ratio, RER) 1.15이상, 자각적 운동강도(RPE) 17이상, 운동 강도가 증가하여도 VO₂값이 상승되지 않는 경우를 포함한 4가지 지표 중에서 2가지 이상을 충족시키는 것으로 하였다(ACSM, 2006).

(4) 대사증후군 지표

본 연구에서는 Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults(2001)이 제시한 대사증후군의 지표(허리둘레, 혈압, 공복 혈당, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤)를 사용하였다. 그러나 본 연구에 참여한 피검자 중 5가지 대사증후군 위험인자 중 3가지 이상을 보유하고 있는 대사증후군 환자집단(case with metabolic syndrome)의 사례수가 매우 적은 상황이라서 case-control study를 수행하는 것이 현실적으로 불가능한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 대사증후군 위험인자 5가지가 군집현상을 비교하기로 결정하고, 대사증후군 위험인자 각각의 표준점수(standardized score = [(value - mean)/SD])를 산출한 후 5가지 대사증후군 위험인자의 표준점수를 합산하여 이를 대사증후군지표의 군집현상(clustering of metabolic syndrome risk factors)으로 정의하였다.

3) 자료 처리

모든 측정변인은 통계분석에 앞에 기술통계를 이용하여 자료의 정규분포 상태를 확인했으며, 정규분포를 이루고 있지 않는 변인에 대해서는 log10 변형을 실시한 후

다음과 같은 통계분석을 실시하였다.

첫째, IPAQ 설문지 작성법을 이용하여 측정한 신체활동수준별에 따라 규칙적 **신체 활동 집단(regular physical activity: RPA)**, **간헐적 신체 활동 집단(intermittent physical activity: IPA)**, **비 신체 활동 집단(non-physical activity: NPA)**으로 세분화한 후 일원변량분석과 사후검정을 이용하여 남녀별 신체활동수준별에 따라 대사증후군 위험인자와 군집현상을 비교·검정하였다.

둘째, 점진적 운동부하 검사를 통하여 측정한 남녀별 최대산소섭취량에 근거하여 lowest 25 percentile에 속하는 심폐체력을 소유하고 있는 집단(low cardiorespiratory, LOW CRF), middle 50 percentile에 속하는 심폐체력을 소유하고 있는 집단(middle cardiorespiratory fitness, MIDDLE CRF), highest 25 percentile에 속하는 심폐체력을 소유하고 있는 집단(high cardiorespiratory fitness, HIGH CRF)으로 세분화한 후 일원변량분석과 사후검정을 이용하여 남녀 심폐체력수준별 대사증후군 위험인자와 군집현상을 비교·검정하였다.

셋째, 다중선회귀분석(multiple linear regression analyses)을 이용하여 남녀별 대사증후군 위험인자의 군집현상에 대한 예측변인을 산출하였다.

모든 자료에 대한 통계처리는 SPSS-PC(version 13.0) 통계처리 프로그램을 이용하여 연구가설의 기각 혹은 채택 여부를 유의도 p=0.05 수준에서 검정을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 신체활동 수준별 비만지표, 대사증후군 위험인자, 심폐체력수준 비교

<Table 2>는 참여 피검자 중에서 남학생을 대상으로 평소 신체 활동 수준별에 따른 비만지표, 대사증후군 위험인자, 심폐체력수준을 비교한 결과다. 남학생의 경우 이완기 혈압, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 분당최대산소섭취량에서 신체 활동 수준별에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, **사후검정결과 규칙적 신체 활동 집단은 비 신체 활동 집단에 비해 이완기 혈압이 유의하게(P=0.018) 더 낮고 고밀도 콜레스테롤은 유의하게(P=0.012) 더 높은 것으로 나타났다. 또한 예상한 대로**

Table 2. Comparison of measured variables across physical activity levels in men

Group Variable	NPA (N=379)	IPA (N=103)	RPA (N=209)	P value
Age (year)	24.1±2.2	23.9±2.8	23.7±2.5	0.079
Weight (kg)	70.0±10.2	69.5±8.9	70.6±8.3	0.584
BMI (kg/m ²)	23.0±3.1	22.8±2.7	22.9±2.2	0.875
Body fat (%)	19.9±5.5	19.3±5.4	19.2±4.3	0.271
Waist (cm)	82.3±8.2	81.8±7.1	81.0±6.5	0.134
WHR	0.85±0.05	0.85±0.05	0.84±0.05	0.283
SBP (mmHg)	120.7±12.7	119.2±13.0	120.6±12.1	0.546
DBP (mmHg)	a70.5±9.0	69.1±8.1	b68.8±7.2	0.040
TC (mg/dL)	168.4±31.8	171.0±33.0	169.1±32.4	0.783
TG (mg/dL)	115.5±59.4	109.8±58.7	105.5±49.2	0.129
HDLc (mg/dL)	a44.6±12.2	44.7±12.2	b47.3±12.5	0.036
GLU (mg/dL)	97.5±9.6	96.3±9.3	96.7±8.8	0.367
VO ₂ (mL/kg/min)	a46.6±5.4	bc48.3±5.5	bd49.8±5.1	<0.001

NPA: non-physical activity; IPA: intermittent physical activity; RPA: regular physical activity; BMI: body mass index; circ.: circumference; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; HDLC: high density lipoprotein cholesterol; GLU: glucose; Superscripts with different letters (i.e., a-b, c-d, b-d) in the same row are significantly different at P=0.05.

Table 3. Comparison of measured variables across physical activity levels in women

Group Variable	NPA (N=211)	IPA (N=31)	RPA (N=79)	P value
Age (year)	21.4±1.9	22.2±2.5	21.5±1.7	0.076
Weight (kg)	52.9±6.9	53.7±6.7	54.8±7.3	0.103
BMI (kg/m ²)	20.2±2.4	20.3±2.4	20.9±2.5	0.095
Body fat (%)	24.4±4.4	24.4±4.3	25.2±4.5	0.330
Waist (cm)	74.0±6.2	75.4±5.7	75.1±6.7	0.268
WHR	0.80±0.04	0.81±0.05	0.80±0.05	0.387
SBP (mmHg)	107.0±10.5	105.9±11.2	105.6±10.0	0.547
DBP (mmHg)	64.8±8.2	63.9±8.3	63.5±6.7	0.415
TC (mg/dL)	170.3±30.8	173.0±25.0	175.1±34.3	0.503
TG (mg/dL)	86.9±35.1	79.5±26.5	85.5±34.4	0.542
HDLc (mg/dL)	55.5±14.7	57.5±15.6	53.1±15.7	0.326
GLU (mg/dL)	94.3±10.6	95.7±8.2	95.0±9.6	0.752
VO ₂ (mL/kg/min)	38.2±4.5 ^a	38.3±4.2	39.8±4.4 ^b	0.029

NPA: non-physical activity; IPA: intermittent physical activity; RPA: regular physical activity; BMI: body mass index; circ.: circumference; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; HDLC: high density lipoprotein cholesterol; GLU: glucose; Superscripts with different letters (i.e., a-b, c-d, b-d) in the same row are significantly different at P=0.05.

규칙적 신체활동 집단은 간헐적 신체 활동 집단과 비 신체 활동 집단에 비해 분당최대산소섭취량이 유의하게(각각 P=0.019 & P<0.001) 높은 것으로 나타났으며,

간헐적 활동 집단은 비 신체활동 집단에 비해 분당최대 산소섭취량이 유의하게(P=0.005) 더 높은 것으로 나타났다.

<Table 3>은 IPAQ 설문지를 이용하여 참여 피검자 중에서 여학생을 대상으로 평소 신체 활동 수준별에 따른 비만지표, 대사증후군 위험인자, 심폐체력수준을 비교한 결과다. 남학생의 경우 남학생과는 달리 심폐체력에서만 신체활동 수준별에 따른 차이가 있는 것으로 나타났으며, 사후검정 결과 규칙적 신체 활동 집단은 비 신체 활동 집단에 비해 **심폐체력이 유의하게(P=0.009)** 더 높은 것으로 나타났다. 여학생의 경우 그 외 측정변인에서는 신체

활동 수준에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 심폐체력 수준별 비만지표 및 대사증후군 위험인자 비교

<Table 4>는 남학생을 대상으로 심폐체력의 지표로서

Table 4. Comparison of measured variables across CRF levels in men

Group Variable	LOW CRF (N=158)	MIDDLE CRF (N=324)	HIGH CRF (N=214)	P value
Age (year)	24.6±2.2 ^a	23.8±2.5 ^b	23.7±2.2 ^b	<0.001
Weight (kg)	74.9±11.1 ^a	69.2±8.8 ^b	68.0±7.9 ^b	<0.001
BMI (kg/m ²)	24.6±3.4 ^a	22.6±2.5 ^b	22.3±2.2 ^b	<0.001
Body fat (%)	23.2±5.3 ^a	18.7±4.9 ^b	18.4±4.2 ^b	<0.001
Waist circ. (cm)	87.1±8.7 ^a	80.7±6.7 ^b	79.6±5.9 ^b	<0.001
WHR	0.88±0.05 ^a	0.84±0.05 ^b	0.84±0.04 ^b	<0.001
SBP (mmHg)	125.1±13.4 ^a	119.6±12.7 ^b	118.3±10.7 ^b	<0.001
DBP (mmHg)	73.7±9.6 ^a	68.9±7.9 ^b	68.3±7.4 ^b	<0.001
TC (mg/dL)	177.1±35.6 ^a	166.6±30.5 ^b	166.9±30.9 ^b	0.002
TG (mg/dL)	140.6±73.0 ^a	104.6±44.6 ^b	102.0±52.6 ^b	<0.001
HDL-C (mg/dL)	45.0±12.5	44.8±12.3	46.5±12.2	0.286
GLU (mg/dL)	98.9±9.9 ^a	95.7±9.5 ^{bc}	96.9±9.0 ^d	0.001
VO ₂ (mL/kg/min)	40.4±2.7 ^a	47.6±2.4 ^{bc}	53.8±3.2 ^{bd}	<0.001

CRF: cardiorespiratory fitness measured as VO₂max; BMI: body mass index; circ.: circumference; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; HDL-C: high density lipoprotein cholesterol; GLU: glucose; Superscripts with different letters (i.e., a-b, c-d, b-d) in the same row are significantly different at P=0.05.

점진적 운동부하 검사를 이용하여 측정한 분당최대산소섭취량에 근거하여 세분화한 심폐체력 수준별 비만지표 및 대사증후군 위험인자의 평균치를 비교한 결과다.

연령, 체중, 체질량지수, 체지방율, 허리둘레, 허리-둔부둘레비율은 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 집단 간 차이에 대한 사후검정결과, 심폐체력수준별 비교에서 최하위 25백분위수 집단은 중간 50백분위수 집단과 최상위 25백분위수 집단에 비해 평균 연령(각각 P<0.001 & P<0.001), 체중, 체질량지수(각각 P<0.001 & P<0.001), 체지방율(각각 P<0.001 & P<0.001), 허리둘레(각각 P<0.001 & P<0.001), 허리-둔부둘레비율(각각 P<0.001 & P<0.001)이 유의하게 더 높은 것으로 나타났으며, 이러한 변인의 평균값

은 심폐체력 최상위 25백분위수 집단과 중간 50백분위수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

유사하게 최하위 25백분위수 집단은 중간 50백분위수 집단과 최상위 25백분위수 집단에 비해 수축기혈압(각각 P<0.001 & P<0.001), 이완기혈압(각각 P<0.001 & P<0.001), 총콜레스테롤(각각 P=0.001 & P=0.003), 중성지방(각각 P<0.001 & P<0.001)이 유의하게 더 높은 것으로 나타났으며, 이러한 변인의 평균값은 심폐체력 최상위 25백분위수 집단과 중간 50백분위수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

반면 공복혈당은 심폐체력 수준 중간 50백분위수 집단이 최하위 25백분위수 집단(P=0.001)과 최상위 25백분위수 집단(P=0.010)에 비해 유의하게 더 낮은 것으로

나타났고, 최하위 25백분위수 집단과 최상위 25백분위수 집단 간 공복혈당은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 분당최대산소섭취량은 예상한대로 최상위 25백분위수 집단이 중간 50백분위수 집단과 최하위 25백분위수 집단에 비해 유의하게(각각 $P<0.001$ &

$P<0.001$) 더 높았고, 중간 50백분위수 집단도 최하위 25백분위수 집단에 비해 유의하게($P<0.001$) 더 높은 것으로 나타났다.

Table 5. Comparison of measured variables across CRF levels in women

Group Variable	LOW CRF	MIDDLE CRF	HIGH CRF	P value
Age (year)	21.47±1.8	21.4±1.8	21.5±2.1	0.902
Weight (kg)	54.9±7.9 ^a	51.9±5.7 ^{bc}	54.5±7.7 ^d	0.002
BMI (kg/m ²)	20.8±2.9 ^a	19.9±1.9 ^{bc}	20.9±2.8 ^d	0.004
Body fat (%)	25.5±4.5 ^a	23.8±3.6 ^{bc}	25.0±5.0 ^d	0.016
Waist (cm)	76.1±6.9 ^a	73.1±5.2 ^{bc}	74.9±6.9 ^d	0.003
WHR	0.81±0.05 ^a	0.79±0.04 ^b	0.80±0.05	0.019
SBP (mmHg)	108.7±10.4 ^a	105.0±9.3 ^b	106.9±11.3	0.039
DBP (mmHg)	65.2±7.7	63.6±7.0	64.7±8.7	0.294
TC (mg/dl)	171.5±35.5	168.8±30.1	175.5±29.0	0.261
TG (mg/dl)	89.0±37.0	82.9±29.8	86.7±36.6	0.441
HDL-C (mg/dl)	53.2±12.3	56.8±15.2	54.7±16.3	0.252
GLU (mg/dl)	94.7±10.3	94.1±11.6	95.2±8.1	0.740
VO ₂ (ml/kg/min)	32.5±1.7 ^a	38.4±1.7 ^{bc}	43.2±2.2 ^{bd}	<0.001

CRF: cardiorespiratory fitness measured as VO₂max; BMI: body mass index; circ.: circumference; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; HDL-C: high density lipoprotein cholesterol; GLU: glucose; Superscripts with different letters (a, a-b, c-d, b-d) in the same row are significantly different at $P=0.05$.

<Table 5>는 여학생을 대상으로 심폐체력의 지표로서 점진적 운동부하 검사를 이용하여 측정한 분당최대산소섭취량에 근거하여 세분화한 심폐체력 수준별 비만지표 및 대사중후군 위험인자의 평균치를 비교한 결과로서 체중, 체질량지수, 체지방, 허리둘레, 허리-둔부둘레비율, 수축기혈압, 분당최대산소섭취량에서 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

집단 간 유의한 차이가 있는 변인들에 대한 사후검정결과, 심폐체력 수준이 중간 50백분위수 집단의 평균 체중은 최하위 25백분위수 및 최상위 25백분위수 집단에 비해 유의하게(각각 $P=0.002$ & $P=0.004$) 더 낮은 것으로 나타났으나, 최하위 25백분위와 최상위 25백분위수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 심폐체력 수준이 중간 50백분위수 집단은 최하위 25백분위수 및 최상위 25백분위수 집단에 비해 체질량지수(각각 $P=0.011$ & $P=0.002$), 체지방율(각각

$P=0.0076$ & $P=0.038$), 허리둘레(각각 $P=0.001$ & $P=0.031$)이 유의하게 더 낮은 것으로 나타났으나, 최상위 25백분위수와 최상위 25백분위수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 허리-둔부둘레비율과 수축기혈압은 중간 50백분위수 집단에 비해 최하위 25백분위수 집단에서 유의하게(각각 $P=0.006$ & $P=0.012$) 더 높은 것으로 나타났고, 최상위 25백분위수 집단과 중간 50백분위수 및 최하위 25백분위수 집단 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 끝으로 분당최대산소섭취량의 경우 예상한 대로 최상위 25백분위수 집단이 중간 50백분위수 및 최하위 25백분위수 집단에 비해 유의하게(각각 $P<0.001$ & $P<0.001$) 더 높았고, 중간 50백분위수 집단은 최하위 25백분위수에 비해서도 유의하게($P<0.001$) 더 높은 것으로 나타났다. 그 외 이완기혈압, 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백콜레스테롤, 혈당은 심폐체력 수준별 집단 간에 유의한

차이가 없는 것으로 나타났다.

<Fig. 1>은 허리둘레, 혈압, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 혈당을 포함한 5가지 대사증후군 지표 각각의 표준점수를 산출하여 합산한 대사증후군 군집 현상은 남녀모두에서 심폐체력수준별에 따라 유의한(각각 $P<0.001$ & $P<0.001$) 차이가 있는 것으로 나타났다.

따라서 집단 간 차이에 대한 사후검정결과, 남학생의 경우 심폐체력 수준이 최하위 25백분위수 집단은 중간 50백분위수 및 최상위 25 백분위수 집단에 비해 대사증후군 위험인자의 군집 현상이 유의하게(각각 $P<0.001$ & $P<0.001$) 더 높은 것으로 나타났다. 반면 여학생의 경우 심폐체력 수준이 최하위 25백분위수 및 최상위 25백분위수 집단에 비해 심폐체력 수준이 중간 50백분위수 집단에서 대사증후군 위험인자의 군집 현상이 유의하게(각각

$P=0.004$ & $P=0.014$) 더 높은 것으로 나타났다.

3. 대사증후군 위험인자의 군집 현상을 예측을 위한 회귀 분석 결과

<Table 6>은 다중선형회귀분석을 이용하여 대사증후군 위험인자의 군집 현상에 대한 독립 예측 변인을 산출한 결과다. 남학생의 경우 체질량지수($P<0.001$), 허리-둔부 둘레비율($P<0.001$), 심폐체력($P=0.001$), 신체활동수준($P=0.010$)이 대사증후군 위험인자의 군집 현상에 영향을 미치는 독립예측변인인 것으로 나타난 반면, 여학생의 경우 체질량지수($P<0.001$)와 허리-둔부둘레비율($P<0.001$)이 대사증후군 위험인자의 군집 현상에 영향을 미치는 독립예측변인인 것으로 나타났다.

Fig. 1. Comparison of the sum of Z scores for metabolic risk factors

Table 6. Regression analyses for predicting the variation in clustering of metabolic risk factors

	β	b	r ²	adjusted r ²	P value
Men					
Age	-0.005	-0.004	0.012	0.011	0.881
BMI	0.465	0.477	0.414	0.412	<0.001
WHR	12.610	0.223	0.451	0.448	<0.001
CRF	-0.051	-0.105	0.464	0.461	0.001
PA	-0.233	-0.076	0.470	0.466	0.010
Women					
BMI	0.387	0.404	0.283	0.280	<0.001
WHR	12.505	0.229	0.319	0.314	<0.001

IV. 논 의

최근 발표된 통계 자료는 우리나라 20세 이상 성인의 대사중후군 유병율은 세계보건기구의 기준을 적용할 경우 남녀 각각 14.3%, 17.8%이고 아시아 태평양 기준을 적용할 경우 각각 20.1%, 23.9%에 이르는 것으로 보고하고 있다(박혜순 등, 2003). 이러한 대사중후군 유병률 증가 현상은 우리나라 성인의 허혈성 심장질환의 사망률이 1990년 인구 10만 명당 10.4명이던 것이 2001년 21.9명, 2006년 29.2명으로 지속적으로 증가하고 있는 사실(통계청, 2007)로 미루어 보아 최근 심혈관 질환의 발병률과 유병률을 역시 급증하는 추세와도 무관하지 않는 것으로 추측된다. 따라서 대사중후군을 유발시키는 위험요인을 파악하고 이에 대한 적극적인 대처 방안을 마련할 필요성이 제기되고 있는 시점에서 본 연구는 남녀 대학생을 대상으로 자가 기입 방식의 설문지를 작성에 근거한 신체활동 및 점진적 운동 부하 검사를 통해 측정된 심폐체력과 대사중후군지표와의 연관성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 남녀 대학생 구별 없이 신체활동수준이 높으면 높을수록 심폐체력수준이 비례적으로 높게 나타났다는 사실에 근거해 볼 때 신체활동량과 심폐체력 간에는 직접적인 연관성이 있다는 점을 의미한다. 뿐만 아니라 남학생의 경우 신체활동수준이 높으면 높을수록 이완기혈압이 낮고 고밀도지단백 수준은 높은 것으로 나타났는데, 이는 운동을 비롯한 모든 형태의 신체활동은 심폐체력과 대사중후군 위험인자 중에서도 혈압 및 혈중 지단백 조절에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 의미하는 것으로 판단된다. 그러나 남학생과는 달리 신체활동이 심폐체력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 사실에도 불구하고 본 연구에서 측정된 심폐체력 관련 대사중후군 위험인자 중 어느 변인도 신체 활동 수준에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과는 신체활동수준을 정량화하기 위해 본 연구에서 사용한 신체활동 설문지(IPAQ) 작성 시 피검자의 기억력과 성실성 그리고 IPAQ 측정 도구에 대한 신뢰성 및 타당성과의 문제일 가능성이 배제할 수 없을 것으로 판단된다.

둘째, 남학생의 경우 고밀도지단백 수준을 제외하고 모든 측정변인에서 심폐체력 수준별에 따라 세분화한 집단

간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 심폐체력 수준이 높으면 높을수록 비만지표는 낮고 그리고 대사중후군 위험인자 수준도 유의하게 더 낮은 것으로 나타났다. 여학생의 경우도 남학생과 마찬가지로 심폐체력수준에 따라 세분화한 집단 간에는 비만지표(예, 체중, 체질량지수, 체지방율, 허리둘레, 허리-둔부둘레비율)와 수축기혈압에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과가 의미하는 바는 남학생의 경우 규칙적인 운동을 통한 심폐체력증진은 비만, 혈압, 혈중지질, 혈당조절에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 사실을 의미하는 것으로 판단되며, 반면 여학생의 경우에는 심폐체력증진의 긍정적인 효과가 주로 비만지표와 수축기혈압 개선에만 국한되는 것으로 나타났다.

이와 같은 본 연구의 결과는 외견상 건강한 남녀 대학생의 경우에서도 규칙적인 신체활동 실천과 이를 통한 심폐체력의 개선은 비만지표와 더불어 각종 만성질환의 일차적인 원인으로 작용하는 대사성 위험인자의 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석된다. 이러한 결과는 다중선회귀분석을 이용하여 대사중후군 위험인자의 군집현상에 대한 독립예측변인을 조사한 결과에서도 재차 입증되었다. 즉, 남녀 대학생 모두 비만이 대사중후군 위험인자 군집현상 정도를 결정하는 독립예측변인인 것으로 밝혀졌으며, 이 중 특히 남학생의 경우 비만과 더불어 심폐체력과 신체활동수준 또한 대사중후군 위험인자의 군집현상을 독립적으로 예측할 수 있는 변인인 것으로 나타났다.

신체활동 및 심폐체력과 대사중후군과의 연관성 그리고 대사중후군 노출에 대한 상대적 위험 수준을 예측하는데 있어서 신체활동과 심폐체력의 독립예측 인자로서의 역할을 한다는 본 연구의 결과는 국외에서 실시된 횡적연구(Carnethon 등, 2003; Boule 등, 2005)와 종적연구(Carnethon 등, 2003; LaMonte 등, 2005)의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 예를 들어 신체활동의 증가는 각각의 대사중후군 위험 요소를 개선시키는 것으로 선행연구들은 보고하고 있으며(Kelley & Goodpaster, 2001; Leon & Sanchez, 2001; Ross 등, 2003; Katzmarzyk 등, 2003), Aerobics Center Longitudinal Study(ACLS)

(Jurca 등, 2004; Farrell 등, 2004)를 포함한 교차 연구(Lakka, 2003)에서는 대사증후군의 악화와 신체활동 및 심폐체력과 역상관계를 갖는 것으로 보고하였다. Barlow 등(2006)은 1970-1998년 기간 중 심폐체력 검사를 받은 4884명의 여성들을 대상으로 5년간 추적 조사한 결과 심폐체력이 최상위 및 중간수준인 집단은 심폐체력수준이 최하위 수준인 집단에 비해 전 단계 고혈압에 노출될 수 있는 상대적 위험이 각각 79% 및 60% 정도 더 낮은 것으로 보고한바 있다. 유사하게 280명의 일본 성인을 총 14년간 추적 조사한 종적 연구결과에 의하면, 심폐체력저하는 체질량지수, 혈압, 당뇨, 가족력, 흡연, 음주 등과 같은 관련 요인의 개인차를 통계적으로 보정하고도 제2형 당뇨병의 발병 위험에 대한 유의한 독립예측 인자가 될 수 있는 것으로 보고하고 있다(Sawada 등, 2003).

한국인들을 대상으로 조사한 최근 연구결과에서 Lee 등(2005)은 규칙적으로 신체활동에 참여한 한국성인은 규칙적으로 신체활동에 참여하지 않는 한국 성인에 비해 허리둘레와 중성지방이 유의하게 더 낮고 고밀도지단백 수준은 유의하게 더 높은 것으로 보고한바 있다. 특히 흥미로운 것은 Lee 등(2005)의 연구에서는 전체 참여자를 대사증후군 환자집단과 대조집단으로 세분화 하여 비교한 결과, 규칙적 운동을 실천하지 않는 집단은 규칙적 운동을 실천하는 집단에 비해 대사증후군에 노출될 위험이 약 1.7배 정도 더 높은 것으로 보고하고 있다. **특히 본 연구의 결과는 강현식 등(2006)이 남자대학생만을 대상으로 트레이드밀을 이용한 걷진적 운동 부하 검사를 통하여 측정된 분당최대산소섭취량이 대사증후군의 여러 가지 지표와 역 상관관계가 있을 뿐만 아니라 심폐체력 수준이 최하위인 집단은 최상위 집단에 비해 대사증후군에 노출될 위험이 3배 더 높다고 보고한 연구와도 일치하는 것으로 나타났다.** 이처럼 대부분의 국내외 선행 연구결과와 유사하게 본 연구 결과에서도 20대 외견상 건강한 남녀성인의 신체활동과 심폐체력 저하 현상은 비만과 대사성 위험인자들이 군집하는 대사증후군 현상을 예측하는 독립예측 인자가 될 수 있다는 사실을 의미하고 있다.

생리학적 측면에서 심폐체력은 폐와 심장 그리고 혈관계의 협력 작용으로 골격근에 산소를 전달하는 유산소 능력($VO_2 = CO \times a-v O_2 \text{ difference}$)을 의미한다. 심폐체력의 저하현상은 일차적으로 에너지 소비량의 감소 현상을 초래함으로써 잉여(잔여) 에너지를 지방조직과 골격근 조직에 중성지방의 형태로 누적시키는 결과를 초래하

며, 이렇게 누적된 지방조직과 골격근의 중성지방은 인슐린 감수성을 저해하는 직접적인 원인으로 작용하는 것으로 알려지고 있다(Sato 등, 1984). 따라서 신체활동 및 심폐체력 감소현상이 대사증후군의 위험을 증가시키는 생물학적 기전은 아마도 인슐린 감수성의 감소현상과 연관이 있을 것으로 판단된다. 이러한 가정은 일본인을 대상으로 실시한 선행연구에서 탄수화물대사와 심폐체력 간에는 양의 상관관계가 있다는 사실을 입증한 Sato 등(1984)의 연구에서 입증된바 있다. Ivy & Kuo(1998)은 심폐체력이 낮은 집단은 심폐체력이 우수한 집단에 비해 골격근 세포의 당 수송체(glucose transporters) 수가 상대적으로 더 적다는 사실을 입증한바 있다. 이와는 반대로 6개월 생활습관 중재 프로그램의 효과를 검정한 연구에서 Watkins 등(2003)은 통제집단에 비해 운동집단은 심폐체력이 더 높고 체지방량은 더 낮을 뿐만 아니라 경구 당 부하 후 2시간대에서 측정된 혈중 인슐린 감수성이 유의하게 더 개선된 것으로 보고한바 있다. 뿐만 아니라 동일 연구에서 심폐체력 개선 정도가 높으면 높을수록 인슐린 감수성 개선의 정도가 더 높은 방식으로 심폐체력과 인슐린 감수성의 개선 정도에는 복용량-반응 관계가 있는 것으로 나타났다. 유사하게 Katzmarzyk 등(2003)은 20주 유산소성 운동 트레이닝은 대사증후군 환자의 유병율을 31% 감소 시킨 것으로 보고한바 있다.

결론적으로 본 연구에서 20대 외견상 신체 건강한 남녀 대학생들을 대상으로 신체활동 및 심폐체력과 대사증후군과의 관계를 조사한 결과, **중년층의 성인과 마찬가지로 운동을 포함한 신체활동 부족현상으로 인한 심폐체력저하가 복부비만은 물론이고 혈당, 인슐린, 혈중지질, 혈압 등의 이상적인 증가현상으로 전개되는 대사증후군의 병리학적 발생 기전으로서 작용할 수 있을 것으로 판단됨으로, 주후 대사증후군 예방을 위한 적정 수준의 심폐체력을 결정하여 제시함과 동시에 운동 중재 프로그램을 통하여 신체활동을 통한 심폐체력 향상이 대사성 위험인자 군집현상을 치료하는 효과와 효능에 대한 추가적인 검정이 반드시 필요할 것으로 판단된다.**

참 고 문 헌

강현식, 이상화, 이은혜(2006). 남자대학생의 심폐체력과 비만 및 대사증후군지표와의 상관관계. 운동영양학회지, 10: 211-216.

박혜순, 오상우, 강계현, 박용우, 최중명, 김용성, 최홍원, 유형준, 김영설(2003). 한국인에서 대사증후군의 유행률 및 관련요인-1998년 국민건강영양조사를 바탕으로-. *대한비만학회지* 12(3): 1-14.

통계청(2007). 2006년 사망원인통계결과. www.nso.go.kr.

American College of Sports Medicine(2006). ACSM's guideline for exercise testing and prescription, 7th ed. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins.

Arsenault BJ, Lachance D, Lemieux I, Alméras N, Tremblay A, Bouchard C, Périusé L, Després JP. (2007). Visceral adipose tissue accumulation, cardiorespiratory fitness, and features of the metabolic syndrome. *Archives of Internal Medicine* 167(14): 1518-1525.

Barlow, C.E., LaMonte, M.J., Fitzgerald, S.J., Kampert, J.B., Perrin, J.L., Blair, S.N.(2006). Cardiorespiratory fitness is an independent predictor of hypertension incidence among initially normotensive healthy women. *American Journal of Epidemiology* 163: 142-150.

Bertoli, A., Di Daniele, N., Ceccobelli, M., Picara, A., Girasoli, C., De Lorenzo, A.(2003). Lipid profile, BMI, body fat distribution, and aerobic fitness in men with metabolic syndrome. *Acta Diabetologica* 40: S130-S133.

Bouchard, D.R., Beliaeff, S., Dionne, I.J., Brochu, M.(2007). Fat mass but not fat-free mass is related to physical capacity in well-functioning older individuals: nutrition as a determinant of successful aging (NuAge)—the Quebec Longitudinal Study. *The Journals of Gerontology* 62: 1382-1388.

Bouchard, C., Perusse, L.(1994). Heredity, activity levels, fitness, and health. In: Bouchard C,

Shephard RJ, Stephens T, eds. *Physical Activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus Statement*. Champaign, Ill, Human Kinetics Publishers.

Boulé, N.G., Bouchard, C., Tremblay, A.(2005). Physical fitness and the metabolic syndrome in adults from the Quebec Family Study 2005. *Canadian Journal of Applied Physiology* 30: 140-156.

Carnethon, M.R., Gidding, S.S., Nehgme, R., Sidney, S., Jacobs, D.R., Jr., Liu, K.(2003). Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. *The Journal of American Medical Association* 290: 3092-3100.

Chen, C.N., Chuang, L.M., Wu, Y.T.(2008). Clinical measures of physical fitness predict insulin resistance in people at risk for diabetes. *Physical Therapy* 88(11): 1355-1364.

Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults(2001). Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *The Journal of American Medical Association* 285: 2486-2497.

Parrell, S.W., Cheng, Y.J., Blair, S.N.(2004). Prevalence of the metabolic syndrome across cardiorespiratory fitness levels in women. *Obesity Research* 12: 824-830.

Faulkner, J.A., Larkin, L.M., Claflin, D.R., Brooks, S.V.(2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 34: 1091-1096.

Hagströmer, M., Oja, P., Sjörström, M.(2006). The International Physical Activity

- Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutrition* 9: 755-762.
- Ivy, J.L., Kuo, C.H. (1998). Regulation of GLUT4 protein and glycogen synthase during muscle glycogen synthesis after exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 162: 295-304.
- Jurca, R., LaMonte, M.J., Church, T.S., Earnest, C.P., Fitzgerald, S.J., Barlow, C.E., Jordan, A.N., Kampert, J.B., Blair, S.N. (2004). Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36: 1301-1307.
- Katzmarzyk, P.T., Leon, A.S., Wilmore, J.H., Skinner, J.S., Rao, D.R., Rankinen, T., Bouchard, C. (2003). Targeting the metabolic syndrome with exercise: evidence from the HERITAGE Family Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35: 1703-1709.
- Kelley, D.E., Goodpaster, B.H. (2001). Effects of exercise on glucose homeostasis in Type 2 diabetes mellitus. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33: S495-S501.
- Lakka, T.A., Laaksonen, D.E., Lakka, H.M., Männikkö, N., Niskanen, L.K., Rauramaa, R., Salonen, J.T. (2003). Sedentary lifestyle, poor cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35: 1279-1286.
- LaMonte, M.J., Barlow, C.E., Jurca, K., Kampert, J.B., Church, T.S., Blair, S.N. (2005). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: A prospective study of men and women. *Circulation* 112: 505-512.
- Laukkanen, J.A., Laaksonen, D., Lakka, T.A., Savonen, K., Rauramaa, R., Mäkitallio, T., Kurl, S. (2009). Determinants of cardiorespiratory fitness in men aged 42 to 60 years with and without cardiovascular disease. *The American Journal of Cardiology* 103(11): 1598-1604.
- Lee, W.-Y., Jung, C.-H., Park, J.-S., Rhee, E.-J., Kim, S.-W. (2005). Effects of smoking, alcohol, exercise, education, and family history on the metabolic syndrome as defined by the ATP III. *Diabetes Research and Clinical Practice* 67: 70-77.
- Leon, A.S., Sanchez, O.A. (2001). Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33: S502-S515.
- Nagano, M., Sasaki, H., Kumagai, S. (2004). Cardiorespiratory Fitness and Visceral Fat Impact the Relationship between Psychological Fitness and Metabolic Syndrome in Japanese Males with Type 2 Diabetes Mellitus. *Metabolic Syndrome and Related Disorders* 2(3):172-179.
- Piché, M.E., Weisnagel, S.J., Corneau, L., Nadeau, A., Bergeron, J., Lemieux, S. (2006). The WHO and NCEP/ATPIII Definitions of the Metabolic Syndrome in Postmenopausal Women: Are They So Different? *Metabolic Syndrome and Related Disorders* 4(1):17-27.
- Rhéaume, C., Arsenault, B.J., Bélanger, S., Périusé, L., Tremblay, A., Bouchard, C., Poirier, P., Després, J.P. (2009). Low cardiorespiratory fitness levels and elevated blood pressure: what is the contribution of visceral adiposity? *Hypertension* 54(1): 91-97.
- Ross, R., Katzmarzyk, P.T. (2003). Cardiorespiratory fitness is associated with diminished total and abdominal obesity independent of body mass index. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders, International Journal of Obesity and*

- Related Metabolic Disorders 27: 204-210.
- Sato, Y., Iguchi, A., Sakamoto, N.(1984). Biochemical determination of training effects using insulin clamp technique. *Hormone and Metabolic Research* 16: 483-486.
- Sawada, S.S., Matuszaki, K., Lee, I-M., Blair, S.N., Muto, T.(2003). Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes: Prospective study of Japanese men. *Diabetes Care* 26: 2918-2922.
- Watkins, L.L., Sherwood, A., Feinglos, M., Hinderliter, A., Babyak, M., Gullette, E., Waugh, R., Blumenthal, J.A.(2003). Effects of exercise and weight loss on cardiac risk factors associated with syndrome X. *Archives of Internal Medicine* 163: 1889-1895.
- Wessel, T.R., Arant, C.B., Olson, M.B., Johnson, B.D., Reis, S.E., Sharaf, B.L., Shaw, L.J., Handberg, E., Sopko, G., Kelsey, S.P., Pepine, C.J., Merz, N.B.(2004). Relationship of physical fitness vs body mass index with coronary artery disease and cardiovascular events in women. *The Journal of American Medical Association* 292: 1179-1187.
- Wong, S.L., Katzmarzyk, P., Nichaman, M.Z., Church, T.S., Blair, S.N., Ross, R.(2004). Cardiorespiratory fitness is associated with lower abdominal fat independent of body mass index. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36(2): 286-291.

논문투고일 : 2009.07.

심사일 : 2009.08.

심사완료일 : 2009.08.