



The Associations between Accelerometer-measured Physical Activity and Cardiometabolic Disease Risk Factors and Metabolic Syndrome in Korean Adults : Results from 2014-2016 KNHANES DATA

Myong-Won Seo¹, Jung-Min Lee¹, Hyun Chul Jung¹, Joon Young Kim² and Jong Kook Song^{1*}

¹Kyung Hee University

²Syracuse University

Article Info

Received 2022.07.16.

Revised 2022.09.06.

Accepted 2022.11.07.

Correspondence*

Jong Kook Song

jksong@khu.ac.kr

Key Words

Accelerometer,
Physical activity,
Cardiometabolic health,
Metabolic syndrome,
KNHNES

This work was supported by a grant from Kyung Hee University in 2020 (KHU-20201106).

PURPOSE This study aimed to examine the associations between accelerometer-measured physical activity and both cardiometabolic disease risk factors and metabolic syndrome in Korean adults. **METHODS** We performed a retrospective cohort study with age-sex matched case-control using data from the 2014-2016 Korea National Health and Nutrition Examination Survey, which was administered to South Korean adults (n=320). Individuals were categorized into quartiles based on accelerometer-measured moderate-to-vigorous physical activity (MVPA). Demographic and physical characteristics, waist circumference, visceral adiposity index, blood pressure, lipid profiles, and TG/HDL-C were observed. The associations between MVPA status and cardiometabolic disease risk factors as well as metabolic syndrome were determined using multiple logistic regression. **RESULTS** For the waist circumference, SBP, DBP, MBP, visceral adiposity, triglyceride, and a surrogate estimate of insulin resistance, the Q1 and Q2 groups had higher means compared with the Q3 and Q4 groups. HDL-C was higher in the Q3 and Q4 groups compared to the Q1 and Q2 groups. Odds ratios for cardiometabolic disease risk factors and metabolic syndrome decreased in a curvilinear manner with the increasing quartile of MVPA. **CONCLUSIONS** Adults with higher MVPA participation were strongly associated with cardiometabolic disease risk factors and metabolic syndrome.

서론

규칙적인 신체활동은 심혈관 및 대사증후군 관련 질환 등과 밀접한 관련성이 있으며, 조기 유병률과 사망률을 감소시킨다(Piercy et al., 2018). 2020년 세계보건기구에서 제시한 신체활동 및 좌식생활 습관 가이드라인을 살펴보면, 일반성인의 경우 주당 150-300분 중강도 신체활동, 75-150분 고강도 신체활동 또는 이에 준하는 중·고강도 신체활동 참여를 권장하고 있다(Bull et al., 2020). 그러나, 전 세계 성인 약 14억명(남자 23 %, 여성 32%)이 신체활동이 부족한

것으로 나타났으며, 대한민국을 포함한 OECD 국가에서는 규칙적인 신체활동 실천율이 감소하는 추세이다(Guthold et al., 2018).

일반적으로, 비만은 인슐린 저항성, 공복혈당장애, 이상지질혈증 등의 대사질환을 동반하고, 심혈관 대사질환 위험성을 증가시킨다(Alberti et al., 2009; Wilson et al., 2005). 심혈관 대사질환(cardiometabolic disease)은 일상생활 습관과 관련성이 있으며, 신체활동 증진을 통하여 예방하고 개선할 수 있다(Hodkinson et al., 2021). 특히, 신체활동 부족은 심혈관 대사질환과 밀접한 관련성이 있으며(Ford & Caspersen, 2012), 혈압(Lee & Wong, 2015), 맥파전달속도(Germano-Soares et al., 2018), 그리고 경동맥내 중막두께(García-Hermoso et al., 2015)와 정적 상관관계가 있다. 또한, 좌식생활 습관은 대사질환 바이오 마커(인슐린, 렙틴, 아디포넥틴, CRP, IL-6 등)와 밀접한 관련성이 있으며(Yates et al., 2012),

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

앞아 있는 시간이 증가할수록 만성질환과 당뇨병 위험성을 증가시킨다(George et al., 2013). 그리고, 내장지방은 심혈관 대사질환의 강력한 예측 인자로, 하루 60분 이상의 중강도 신체활동은 피하지방보다 내장지방을 상대적으로 더 많이 감소시킨다(Janiszewski & Ross, 2009). 이와 같이 신체활동은 심혈관 대사질환과 밀접한 관련이 있으며, 규칙적인 신체활동 참여는 심혈관 및 대사증후군 질환을 예방할 수 있다.

신체활동을 측정하기 위한 방법으로 행동관찰, 자기 보고형 설문지, 심박수 모니터링, 만보계, 그리고 3축 가속도 센서 도구들이 있다(Skender et al., 2016). 그중, 자기 보고형 설문지 방법은 대규모 신체활동 역학 연구에서 널리 사용되고 있으나, 대상자들의 기억력과 주관적인 정보로 인해 과대 또는 과소평가 될 수 있다(Ferrari et al., 2007; Troiano et al., 2008). 그러나, 가속도계는 신체 움직임을 정량적 수치로 제공할 수 있는 소형 전자기기로서, 신뢰도와 타당성이 높은 측정도구이다(Butte et al., 2012; Strath et al., 2013; Westerterp, 1999). 특히, ActiGraph 가속도계 도구의 중-고강도 신체활동(moderate to vigorous physical activity; MVPA) 강도의 경우, 급내 상관계수(ICC)는 0.99, 절대백분율오차(APE)는 3.7%, 변동계수(CV)는 4.9%로 보고되었다(McClain et al., 2007). 미국 질병관리본부에서는 2003-2006년 미국국민건강영양조사(National Health and Nutrition Examination Survey)에 가속도계 신체활동 자료를 추가하였으며, 우리나라 국민건강영양조사에서도 2014-2017년 가속도계를 이용한 신체활동 자료를 포함하였다.

가속도계로 측정된 객관적인 신체활동 자료는 자기 보고형 설문지와 비교하여 성인들의 심혈관 대사질환 요인의 위험성을 정확하게 예측할 수 있는 것으로 보고하고 있다(Atienza et al., 2011; Sternfeld et al., 2019; Sung et al., 2020). 그러나, 지금까지 한국인을 대상으로 가속도계로 측정된 신체활동 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인들의 차이를 분석하고, 질환별 요인과 대사증후군의 위험성을 예측한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 가속도계로 측정된 MVPA 수준을 대응-사례(성별, 연령) 대조 후향연구 방법을 적용하여, 심혈관 대사질환들의 차이를 분석하고, MVPA와 심혈관 대사 질환 및 대사증후군의 관계를 분석하는 것이다.

연구방법

연구대상

본 연구는 2014-2016년도 국민건강영양조사 설문조사와 가속도계 착용에 동의한 신체활동에 제약이 없는 일반 성인(19-64세)의 자료를 이용하였다. 설문조사는 연령(만 나이), 성별(남, 녀), 교육수준(고졸이하, 대졸이상), 가계소득수준(상, 중, 하), 흡연상태(비흡연, 과거흡연, 현재흡연), 직업분류(1:관리자, 전문가 및 관련 종사자, 2:사무종사자, 3:서비스 및 판매 종사자, 4:농림어업 숙련 종사자 기능원, 5: 장치 기계제작 및 조립종사자, 6:단순 노무종사자, 7:무직) 자료를 활용하였다(Garcia-Aymerich et al., 2007; Park et al., 2020) 본 연구의 대상자는 설문조사에 응답하고 가속도계를 착용한 기간(1주일) 중 데이터 누락이 없는 2,306명(2014년: 962명, 2015년: 775명, 2016년: 569명)을 1차적으로 선정하였다. 연구대상자에서 가속도계 착용 기간 중 최소 10시간 이상 착용하지 못한 1,635명을 제

외한(Hooker et al., 2022; Troiano et al., 2008), 942(남자:323, 여자: 619)명을 MVPA 기준으로 사분위수(Quartile, Q1, Q2, Q3, Q4)로 나누었다. 최종 분석 자료는 성별과 연령이 신체활동에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 성별과 연령(± 2 years)를 이용한 1:1 대응-사례 대조(matched pair case-control) 후향적 연구 방법을 적용하였으며, 각 그룹당 80명씩 할당하여 총 320명의 데이터를 활용하였다. 본 연구에서 활용한 2014년 국민건강영양조사는 질병관리본부 기관 생명연구윤리심의위원회의 승인을 받았으며(2014-12EXP-03-5C), 2015-2016년 자료는 생명윤리법의 근거에 따라 심의면제되었다.

가속도계 신체활동

본 연구에서 활용된 가속도계 자료는 Actigraph GT3X+(ActiGraph LLC., Pensacola, Florida, USA)를 이용하였으며 일상생활 조건에서 일반성인들의 신체활동을 객관적으로 측정할 수 있는 신뢰도와 타당도가 검증된 도구이다(Aadland & Ylvisäker, 2015). 가속도계는 신축성 있는 엘라스틱 벨트에 부착되었으며, 대상자의 오른쪽 또는 왼쪽 허리에 알맞게 착용되었다. 가속도계를 활용한 신체활동 자료는 미국질병관리본부(Centers for Disease Control and Prevention) 미국국민건강영양조사(National Health and Nutrition Examination Survey) 코드북과 R 통계 프로그램을 이용하여 요약하였다. 요약된 자료는 Troiano et al.(2008)가 제시한 자료 요약주기(EPOC:60초)와 신체활동 강도 기준치를 적용하였다(Sedentary<100, 100≤Light≤759, 760≤Lifestyle≤2019, 2020≤Moderate≤5998, Vigorous≥5999). 미착용시간 판정 기준은 CPM(conut per minute)이 0 또는 1-99사이에서 2분 이상인 경우이며, 미착용시간 중지기준은 CPM 100 이상 1분, CPM 1-99 값이 3분 이상 지속된 경우, CPM 강도 수치가 누락된 경우, 그리고 각 측정일 마지막 1분인 경우로 구분하였다. 신체활동 수준은 좌식생활 신체활동(Sedentary intensity PA), 가벼운 신체활동(Light intensity PA), 일상생활 신체활동(Life style intensity), 중강도 신체활동(Moderate intensity PA), 고강도 신체활동(Vigorous intensity PA), 10분 이상 지속된 MVPA(MVPA in bout of ≥ 10 min), 그리고 MVPA로 제시하였다.

신체적 특성과 심혈관 대사질환

대상자의 신체적 특성은 신장(Height), 체중(Weight), 체질량 지수(BMI), 허리둘레(WC), 그리고 내장지방지수를 활용하였다. 내장지방지수(Visceral adiposity index: VAI)는 Amato et et.(2010)가 제시한 공식을 이용하였으며, 자세한 공식은 아래와 같고, 대상자들의 중앙값(50th percentile) 상위그룹을 위험 그룹으로 설정하였다.

$$\text{Males VAI} = (\text{WC}/(39.68+(1.88 \times \text{BMI})) \times (\text{TG}/1.03) \times (1.31/\text{HDL})$$

$$\text{Females VAI} = (\text{WC}/(36.58+(1.89 \times \text{BMI})) \times (\text{TG}/0.81) \times (1.52/\text{HDL})$$

심혈관 질환 요인을 분석하기 위해서 최종 수축기 혈압(SBP), 최종 이완기 혈압(DBP) 및 평균 동맥압(MBP)을 이용하였고, 혈압 측

정 데이터를 활용하여 estimated pulse wave velocity (ePWV)를 산출하였다. ePWV는 $9.587 - (0.402 \times \text{age}) + (4.560 \times 10^{-3} \times \text{age}^2) - (2.621 \times 10^{-5} \times \text{age}^2 \times \text{MBP}) + (3.176 \times 10^{-3} \times \text{age} \times \text{MBP}) - (1.832 \times 10^{-2} \times \text{MBP})$ 공식을 이용하였고, 평균 동맥압은 (DBP)+4(SBP-DBP)를 이용하여 계산하였다(Vlachopoulos et al., 2019). ePWV는 대상자들의 상위 중앙값(50th percentile)을 기준으로 위험 그룹을 구분하였다. 혈중지질은 총콜레스테롤(Total cholesterol), 당화혈색소(HbA1c), 공복혈당(Fasting Glucose; FG), 중성지방(Triglyceride; TG), 그리고 HDL-C(high-density lipoprotein cholesterol; 고밀도지단백 콜레스테롤)을 이용하였으며, 인슐린 저항성 대리 지표는 TG/HDL-C 수치를 활용하였으며, 3 이상을 위험 그룹으로 설정하였다(Marotta et al., 2010). 대사증후군은 미국 심장협회(AHA)와 국립 심장, 폐, 혈액 연구소(NHLBI)에서 제시한 요인과 위험 기준을 적용하였으나(Grundy et al., 2005), 허리둘레의 경우 한국비만학회가 제시한 위험기준을 적용하였다(Kim et al., 2021). 대사 증후군의 각 요인별 위험기준은 1) 복부비만: 허리둘레, 남자의 경우 90cm, 여성의 경우 85cm, 2) 고혈압: 130/85mmhg

이상, 3) 공복혈당장애: 100mg/dl 이상, 4) HDL-C 수치 이상: 남자의 경우 40mg/dl 미만, 여자의 경우 50mg/dl 미만, 5) 고중성지방 혈증: 150mg/dl 이상이며, 5가지 중 3가지 이상 충족될 경우 대사 증후군으로 정의하였다.

통계처리

모든 자료는 SPSS 26.0(SPSS Inc, Chicago, USA) 프로그램을 이용하여 평균과 표준오차를 제시하였다. 신체활동 수준에 따른 그룹 간 차이를 분석하기 위해서 성별, 교육수준, 가계소득수준, 흡연상태, 직업분류는 교차분석을 실시하였고, 연령, 신체적 특성 및 심혈관 대사질환 요인은 일원변량분석과 Bonferroni correction 사후검증을 실시하였다. 또한 신체활동 수준에 따른 심혈관 대사 질환 요인 및 대사증후군의 위험성을 예측하기 위해서 'MVPA 수준이 가장 낮은 하위 그룹(Q1)'을 기준으로 연령, 성별, 교육 수준, 가계소득수준, 흡연상태, 직업분류를 공변량으로 제어한 후 다항 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Table 1. Descriptive statistics of the study participants by MVPA quartile among Korean adults

Variables	MVPA quartile				p-value	
	Q1	Q2	Q3	Q4		
Sex	Male, n (%)	40 (12.5)	40 (12.5)	40 (12.5)	40 (12.5)	NA
	Female, n (%)	40 (12.5)	40 (12.5)	40 (12.5)	40 (12.5)	
Age (year)		46.4 ± 1.1	46.5 ± 1.2	46.5 ± 1.2	46.5 ± 1.1	NA
Education	≤High, n (%)	49 (61.25)	42 (52.5)	46 (57.50)	45 (56.25)	NA
	≥Undergraduate, n (%)	31 (38.75)	38 (47.5)	34 (42.50)	35 (43.75)	
House hold income level	Low, n (%)	8 (10.00)	5 (6.25)	4 (5.00)	5 (6.25)	.01
	Middle, n (%)	59 (73.75)	43 (53.75)	54 (67.50)	42 (52.50)	
	High, n (%)	13 (16.25)	32 (40)	22 (27.50)	33 (41.25)	
Smoking	Never smoked, n (%)	49 (61.25)	44 (55)	48 (60.00)	53 (66.25)	NA
	Former smoker, n (%)	18 (22.50)	18 (22.50)	19 (23.75)	19 (23.75)	
	Smoker, n (%)	13 (16.25)	18 (22.50)	13 (16.25)	8 (10.00)	
Occupation	Administrators, managers, and professionals, n (%)	9 (11.25)	16 (20.00)	10 (12.50)	17 (21.25)	NA
	Office workers, n (%)	6 (7.50)	8 (10.00)	10 (12.50)	14 (17.50)	
	Service workers and shop sales workers, n (%)	7 (8.75)	16 (20.00)	14 (17.50)	11 (13.75)	
	Skilled agricultural and fishery workers, n (%)	5 (6.25)	4 (5.00)	4 (5.00)	3 (3.75)	
	Machine operators and assemblers, n (%)	20 (25.00)	10 (12.50)	8 (10.00)	11 (13.75)	
	Laborers (not elsewhere classified), n (%)	3 (3.75)	6 (7.50)	8 (10.00)	4 (5.00)	
	Jobless (e.g., housewife, students), n (%)	30 (37.5)	20 (25.00)	26 (32.50)	20 (25.00)	
Metabolic Syndrome	Metabolic syndrome, n (%)	42 (52.50)	31 (38.75)	6 (7.50)	2 (2.50)	0.001
Physical activity	MVPA (min/day)	8.5 ± 0.5 ^a	21.6 ± 0.4 ^b	35.6 ± 0.5 ^c	64.4 ± 2.2 ^d	0.001

Value are mean ± SEM or n (%), Abbreviations: MVPA, moderate-to-vigorous physical activity. Same alphabet indicate no significant among groups

연구 결과

연구대상자의 특성

신체활동 수준에 따른 연령, 교육수준, 가계소득수준, 흡연상태, 직업 분류, 그리고 신체활동 자료의 차이를 분석한 결과는 <Table 1>에 제시한 바와 같다. 성별, 연령, 교육수준, 흡연상태, 직업분류에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 가계소득수준의 빈도에서 차이가 나타났다($p < .01$). 또한, 대사 증후군의 경우 그룹 간 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). 신체활동 하위변인의 경우 가벼운 신체활동을 제외한 모든 변인에서 그룹 간 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 좌식생활 신체활동의 경우 Q1과 Q2그룹은 Q3과 Q4그룹 보다 높았으나($p < .001$), 일상생활 신체활동의 경우 Q3과 Q4그룹은 Q1과 Q2그룹보다 유의하게 높았다($p < .001$). 중강도 신체활동과 MVPA에서는 사분위수 순서로 유의한 차이가 나타났다(Q4 > Q3 > Q2 > Q1, $p < .001$). 10분 이상 지속된 MVPA의 경우 Q4그룹은 Q3, Q2, Q1그룹 보다 높았고($p < .001$), Q3그룹은 Q2과 Q1그룹보다 유의하게 높았다($p < .001$).

신체적 특성과 심혈관 대사질환

신체활동 수준에 따른 신체적 특성과 심혈관 대사질환 요인의 차이를 분석한 결과는 <Table 2>에 제시한 바와 같다. 신체적 특성의 경우, 신장은 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 체중, 체질량지수, 허리둘레, 내장지방지수는 그룹 간 차이가 나타났다($p < .01$). 체중, 체질량지수, 허리둘레의 경우 MVPA가 가장 낮은 하위 Q1그룹은 Q3과 Q4그룹보다 유의하게 높게 나타났으며($p < .01$), 내장지방지수의 경우, Q1과 Q2그룹은 Q3, Q4그룹보다 높게 나타났다($p < .001$).

심혈관 질환 하위요인의 경우 수축기 혈압, 이완기 혈압, 평균 동맥압, 그리고 ePWV에서 그룹 간 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 수축기 혈압, 이완기 혈압, 평균 동맥압의 경우 Q1그룹은 Q3과 Q4그룹과 비교하여 유의하게 높았으며($p < .01$), ePWV의 Q1그룹은 Q4그룹보다 높았다($p < .001$). 혈중지질을 분석한 결과, 총콜레스테롤, 당화혈색소, 공복혈당, 중성지방, HDL-C, TG/HDL-C 모두에서 그룹 간 차이가 나타났다. 총콜레스테롤의 경우, Q1그룹은 Q2그룹보다 높았고($p < .05$), 당화혈색소와 공복혈당의 경우, Q1그룹은 Q4그룹보다 유의하게 높았다($p < .05$). 또한 HDL-C의 경우, Q3과 Q4그룹은 Q1과 Q2그룹보다 높게 나타났으며($p < .001$), 중성지방과 TG/HDL-C의 경우 Q1과 Q2그룹은 Q3과 Q4그룹보다 높게 나타났다($p < .001$).

신체활동 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인 및 대사증후군 위험 가능성

신체활동 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인 및 대사증후군의 위험성을 분석한 결과는 <Table 3>에 제시한 바와 같다. 허리둘레의 경우, MVPA가 가장 낮은 Q1그룹과 비교하여 Q3그룹은 0.17배(83%), Q4그룹은 0.12배(88%) 위험성이 감소하였다($p < .001$). 내장지방지수의 경우 Q1그룹 보다 Q3그룹은 위험성이 0.14배(86%) 감소하였으며($p < .001$), Q4그룹은 위험 가능성이 0.08배(92%) 감소하였다($p < .001$). 고혈압의 경우, Q1그룹과 비교하여 Q3($p < .05$)과 Q4($p < .01$)그룹은 위험성이 각각 0.43배(57%), 0.35배(65%) 감소하는 것으로 나타났으나, ePWV는 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다. 공복혈당의 경우, Q1그룹과 비교하여 Q3과 Q4그룹은 약 0.29배(71%) 이상 위험성이 감소하였고($p < .01$), HDL-C는 Q3과 Q4그룹은 Q1그룹과 비교하여 약 0.12배(88%) 이상 위험 가능성이 감

Table 2. Anthropometry and cardiometabolic disease risk factor by MVPA quartile among Korean adults

Variables	MVPA quartile				F	Post hoc
	Q1	Q2	Q3	Q4		
Height (cm)	165.0 ± 0.9	164.1 ± 0.9	164.0 ± 1.0	164.4 ± 0.8	0.24	NA
Weight (kg)	69.0 ± 1.7	66.5 ± 1.4	63.0 ± 1.1	63.6 ± 0.9	4.66**	Q1 > Q3, Q4,
BMI (kg/m ²)	25.2 ± 0.5	24.6 ± 0.4	23.4 ± 0.3	23.4 ± 0.2	5.68**	Q1 > Q3, Q4,
Waist circumference (cm)	86.3 ± 1.4	82.6 ± 1.1	79.4 ± 0.9	79.7 ± 0.8	9.15***	Q1 > Q3, Q4,
Visceral adiposity index	7.9 ± 0.6	7.0 ± 0.8	3.8 ± 0.4	3.0 ± 0.3	18.54***	Q1, Q2 > Q3, Q4
Systolic blood pressure (mmHg)	121.3 ± 1.8	116.7 ± 1.6	114.6 ± 1.5	113.3 ± 1.5	4.92**	Q1 > Q3, Q4,
Diastolic blood pressure (mmHg)	80.0 ± 1.1	76.3 ± 0.9	75.5 ± 1.1	75.1 ± 1.0	4.71**	Q1 > Q3, Q4
Mean blood Pressure (mmHg)	96.5 ± 1.2	92.4 ± 1.0	91.1 ± 1.2	90.4 ± 1.2	5.71**	Q1 > Q3, Q4
ePWV (m/s)	8.1 ± 0.2	7.7 ± 0.1	7.6 ± 0.1	7.5 ± 0.1	2.85*	Q1 > Q4
Total cholesterol (mg/dL)	205.2 ± 4.3	190.4 ± 4.1	192.1 ± 3.7	194.8 ± 3.4	2.89*	Q1 > Q2
HbA1c	6.0 ± 0.1	5.8 ± 0.1	5.7 ± 0.1	5.6 ± 0.1	2.96*	Q1 > Q4
Fasting glucose (mg/dL)	106.6 ± 3.5	101.9 ± 2.4	98.6 ± 2.6	94.8 ± 1.3	3.82**	Q1 > Q4
Triglycerides [TG] (mg/dL)	196.0 ± 11.9	180.8 ± 21.8	108.4 ± 7.8	105.3 ± 8.8	11.96***	Q1, Q2 > Q3, Q4
HDL-C (mg/dL)	45.7 ± 1.2	46.7 ± 1.4	52.6 ± 1.3	54.1 ± 1.2	10.53***	Q3, Q4 > Q1, Q2
TG/HDL-C	4.9 ± 0.4	4.6 ± 0.8	2.3 ± 0.2	2.2 ± 0.3	9.99***	Q1, Q2 > Q3, Q4

Value are mean ± SEM, *** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, Abbreviations: MVPA, moderate-to-vigorous physical activity. BMI, body mass index, ePWV, estimated pulse wave velocity, HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol

Table 3. Risk of abnormal cardiometabolic disease risk factor and metabolic syndrome by MVPA quartile among Korean adults

Variables	MVPA quartile	B	S.E	95 % CI	Odds ratio
Waist circumference	Q1				1.00
	Q2	-0.23	0.34	0.41-1.54	0.78
	Q3	-1.75	0.41	0.08-0.39	0.17***
	Q4	-2.11	0.47	0.05-0.30	0.12***
Visceral adiposity index	Q1				1.00
	Q2	-0.36	0.38	0.33-1.47	0.70
	Q3	-1.94	0.37	0.07-0.30	0.14***
	Q4	-2.55	0.40	0.04-0.17	0.08***
Hypertension	Q1				1.00
	Q2	-0.40	0.36	0.33-1.36	0.67
	Q3	-0.84	0.38	0.21-0.90	0.43*
	Q4	-1.04	0.39	0.16-0.76	0.35**
ePWV	Q1				1.00
	Q2	-0.44	0.47	0.25-1.63	0.64
	Q3	-0.52	0.47	0.24-1.50	0.59
	Q4	-0.15	0.48	0.34-2.18	0.86
Fasting glucose	Q1				1.00
	Q2	-0.18	0.34	0.43-1.62	0.833
	Q3	-1.34	0.37	0.13-0.54	0.26***
	Q4	-1.24	0.37	0.14-0.60	0.29**
HDL-C	Q1				1.00
	Q2	-0.00	0.34	0.51-1.94	1.00
	Q3	-2.16	0.41	0.05-0.26	0.12***
	Q4	-3.08	0.54	0.02-0.13	0.05***
Triglyceride	Q1				1.00
	Q2	-0.68	0.35	0.26-1.00	0.51
	Q3	-2.29	0.40	0.05-0.22	0.10***
	Q4	-2.54	0.43	0.03-0.18	0.08***
TG/HDL-C	Q1				1.00
	Q2	-0.69	0.35	0.25-1.00	0.50
	Q3	-2.06	0.39	0.06-0.27	0.13***
	Q4	-2.65	0.43	0.03-0.17	0.07***
Metabolic Syndrome	Q1				1.00
	Q2	-0.62	0.34	0.27-1.05	0.54
	Q3	-2.76	0.50	0.02-0.17	0.06***
	Q4	-4.00	0.77	0.00-0.09	0.02***

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

소하였다($p < .001$). 중성지방의 경우, Q1그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 약 0.10배(90%) 이상 위험가능성이 감소하였고($p < .001$), 인슐린 저항성 대리 지표인 TG/HDL-C의 경우, Q1그룹과 비교하여 Q3과 Q4그룹은 약 0.12배(88%) 이상 위험성이 감소하였다($p < .001$). 대사증후군의 경우, Q1그룹과 비교하여 Q3과 Q4그룹은 각각 0.06배(94%), 0.02배(98%) 이상 위험성이 감소하였다($p < .001$).

논의

본 연구는 한국인들을 대상으로, 가속도계로 측정된 MVPA 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인들의 차이를 분석하고, 질환별 요인과 대사증후군과의 관계를 규명하기 위해 실행하였다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 1) 신체활동 수준에 영향을 미치는 교란변수의 효과를 최소화하기 위해서 성별과 연령을 이용한 1:1 대응-사례 대조 후향적 연구방법을 적용하고, 2) 유효성이 검증된 도구인 가속도계로 측정된 신체활동 자료를 이용하였으며, 3) 신뢰도가 가장 높은 신체활동 강도를 기준으로 심혈관 대사 질환 및 대사증후군과의 관계를 살펴보았다.

MVPA는 질환 유병률과 사망률 감소에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며(Boyer et al., 2021), 본 연구 결과에서도, MVPA 수준에 따라서 신장을 제외한 신체적 특성, 혈압 관련 요인, 혈중지질, 인슐린 대리 지표에서 그룹 간 유의한 차이가 나타났다. MVPA가 가장 낮은 Q1그룹의 BMI는 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 이상으로 나타났으나, Q3와 Q4그룹은 BMI $25\text{kg}/\text{m}^2$ 미만으로 나타났고, 허리둘레의 경우 Q1그룹은 Q3과 Q4그룹보다 약 6.6cm 높은 것으로 나타났다. 선행연구에 따르면, 낮은 수준의 MVPA는 비만의 위험성을 증가시키지만(Buckworth & Nigg, 2004; Jakicic et al., 2015), TV 시청 등의 좌식생활습관은 비만과 관련이 없다고 보고하였다(Maher et al., 2013), 이는 신체활동 강도가 체질량지수, 허리둘레 등 비만과 관련된 요인과 더욱 밀접한 관련성이 있는 것으로 보이며, MVPA는 비만 위험에 독립적인 역할을 하는 것으로 생각된다. 내장지방조직은 다양한 병리학적 기전에 영향을 미치는 특성이 있으며, 심혈관 대사질환을 예후 할 수 있는 독립적인 예측 인자이다(Ritchie & Connell, 2007). Winters-van Eekelen et al.(2021) 연구에 의하면, 하루 30분간 좌식생활시간을 MVPA로 대체한다면, 내장지방 7.8cm^2 이상을 감소시킬 수 있으나, 가벼운 신체활동은 내장지방과 관련이 없다고 보고하였다. 본 연구결과 내장지방지수의 경우 MVPA 수준에 따라서 큰 효과크기 차이가 나타났으며($n_p^2 > .14$; Large effect size), MVPA Q1과 Q2그룹은 Q3과 Q4그룹의 보다 약 1.5배 이상 높았다. 이는 MVPA와 내장지방이 밀접한 관련성이 있다는 선행연구결과 일치하는 것으로 사료된다. 비록, 본 연구에서는 내장지방을 CT(computed tomography) 또는 MRI(magnetic resonance imaging) 도구를 이용하여 직접 측정하지 않았지만 내장지방 수준과 기능, 그리고 심혈관 대사 위험의 예측지표로서 유용성이 검증된 내장지방지수를 활용하였다(Amato et al., 2010; Bi et al., 2022; He et al., 2022). 신체활동은 혈압조절에 긍정적인 영향을 미치고, 규칙적인 MVPA는 고혈압의 잠재적인 위험성을 감소시킨다(Tremblay et al., 2017). 본 연구대상자들의 수축기, 이완기 혈압과 평균 동맥압의 경우, MVPA가 가장 낮은 Q1그룹은 Q3과 Q4그룹보다 유의하게 높았으며, ePWV의 경우 Q1그룹은 Q4그룹보다 높았다. Qi et al.(2015)과 Healy et al.(2015)는 좌식생활습관은 혈압과 관련이 없다고 보고하였으나,

Knaeps et al.(2018)에 따르면, MVPA는 혈압 및 혈관 기능과 관련이 있다고 보고하였다(Knaeps et al., 2018). 또한, 높은 수준의 MVPA는 동맥경화에 긍정적인 영향을 미치지만, 좌식생활습관은 동맥경화의 위험성을 증가시키는 것으로 보고하여(Germano-Soares et al., 2018), 신체활동은 혈관의 구조와 기능에 영향을 미치는 endothelin-1(Carter et al., 2017)과 염증성 사이토카인과 밀접한 관련성이 있다는 것을 알 수가 있다(Otsuki et al., 2008). 이상지질혈증은 유전, 생활습관 등의 문제로 발생하며, 동맥경화를 유발하고, 관상동맥질환, 뇌졸중, 당뇨병 등의 원인 질환이다(Cannon, 2008). 또한, TG/HDL-C는 인슐린 저항성 대리 지표로서, 당뇨병과 심혈관 대사질환의 징후를 예측할 수 있는 강력한 임상 지표이다(Di Bonito et al., 2012). 본 연구대상자들의 당화혈색소와 공복혈당은 MVPA가 가장 낮은 Q1 그룹은 Q4 그룹보다 높은 것으로 나타났으며, 중성지방과 HDL-C의 경우 Q1과 Q2그룹은 Q3과 Q4 그룹 보다 부정적인 것으로 나타났다. 또한, 공복혈당과 중성지방의 Q1과 Q2그룹의 평균은 요인별 위험기준을 초과하였으나, Q3과 Q4그룹의 평균은 정상범위에 있는 것으로 나타났고, TG/HDL-C의 경우, MVPA가 낮은 하위 Q1과 Q2그룹은 상위 Q3과 Q4그룹보다 약 2배 이상 높았다. 미국 당뇨병협회 보고서를 살펴보면, 혈액 내 초과된 지질 수치를 개선하기 위해서는 식이요법과 신체활동이 선행되어야 하며, 신체활동 증진과 체중감소는 중성지방의 수치를 감소시키고, HDL-C를 증가시킨다고 하였다(American Diabetes Association, 2004). 또한 Peterson et al.(2014)의 연구에 따르면, MVPA 수준이 높고, 낮은 좌식생활습관을 가지고 있는 성인의 혈중지질은 MVPA가 낮고 높은 좌식생활습관의 대상자보다 건강한 것으로 나타났다. 이를 통하여 높은 수준의 MVPA는 혈중지질대사에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수가 있다.

본 연구에서 직업을 제외한 모든 일반적 특성에서 그룹 간 유의한 빈도의 차이가 나타나지 않았지만, 로지스틱 회귀분석 결과의 검증력을 높이기 위해서 모든 일반적 특성을 공변량으로 선택하여 분석하였다(Dolan et al., 2016; European Medicines Agency, 2015). 가속도계로 측정된 한국 성인들의 MVPA 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인 및 대사증후군 위험 가능성을 예측한 결과를 살펴보면, ePWV를 제외한 모든 변인에서 MVPA가 가장 낮은 하위 Q1그룹과 비교하여 Q3그룹은 약 57% 이상, Q4그룹은 65% 이상 위험성이 감소하는 것으로 나타났다. DiPietro et al.(2020)의 연구에 의하면 주당 150-300분 MVPA를 수행한 젊은 성인의 경우 심혈관 대사질환 위험성이 66% 감소하는 것으로 나타나, 본 연구결과를 뒷받침한다. 복부비만은 복부내부에 과도한 지방이 축적된 상태로, 심혈관 대사질환 및 대사증후군과 밀접한 관련성이 있다. 선행연구에 따르면, 높은 수준의 MVPA는 내장지방과 부적 상관관계가 나타난다고 보고하였으며(Murabito et al., 2015), 좌식생활 그룹은 신체활동 그룹과 비교하여 허리둘레가 12년 이후 약 2cm 정도 증가한다고 하였다(Shibata et al., 2016). 본 연구에서는 복부비만을 확인하기 위한 변인으로 허리둘레와 내장지방지수를 이용하였다. 허리둘레 경우, Q3과 Q4그룹은 MVPA가 낮은 하위 Q1그룹과 비교하여 약 83% 이상 위험성이 감소하는 것으로 나타났으며, 내장지방지수는 약 86% 이상 위험 가능성이 감소하는 것으로 나타나, 선행연구와 비슷한 결과가 나타났다. 추후 연구에서는, MVPA 수준에 따라서 CT 또는 MRI 측정 도구를 통한 복부 내장지방과의 관계를 살펴보는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 고혈압과 동맥경화는 심혈관 질환 중 가장 위험

한 요인이며, 연령 증가에 따라서 급격히 증가한다(Diaz & Shimbo, 2013; Kjeldsen, 2018). 본 연구에서는 고혈압의 경우, MVPA가 가장 낮은 하위 Q1그룹과 비교하여 Q3그룹은 약 57% 이상, Q4그룹은 65% 이상 위험 가능성이 감소하는 것으로 나타났다. Yoon et al.(2021) 연구에 의하면, 관상동맥경화증 발생 위험은 정상혈압 그룹과 비교하여, 고혈압 전 단계는 1.4배, 고혈압 단계에서는 1.7배 증가한다고 보고하였으며, Whelton et al.(2020)는 심혈관 질환이 없는 성인들의 경우 수축기 혈압이 10mmHg 증가할 때마다 동맥경화성 심혈관 질환 위험이 약 53% 증가하였다. 따라서 MVPA 증진을 통해서 고혈압의 위험성을 낮춰 심혈관 합병증을 예방해야 한다. 또한, Hametner et al.(2021)의 연구에서는 ePWV 수준이 가장 높은 4분 위수 그룹은 1분 위수 그룹과 비교하여 혈관계 질환이 약 7.9배 증가하는 것으로 나타났다. ePWV는 동맥경화를 예측하는 지수로서 최근 연구에서 많이 사용되고 있으며, 심혈관계 질환 및 사망률과 밀접한 관계를 보인다. 그러나 본 연구에서는 MVPA와 ePWV의 관계가 나타나지 않았다. 심혈관계 질환의 원인은 개별적 요인에 의해서 발병하는 것이 아닌 다양한 요인들이 복합적으로 작용하며, 동맥경화발병 기전은 명확하지 않다(Diaz et al., 2015; Lusic, 2000). 또한, ePWV는 공식을 이용한 추정값이기 때문에 해석에 주의가 필요할 수 있다(Boutouyrie, 2022). 추후 연구에서는 가속도계로 측정된 MVPA와 혈관 탄성 기기로 측정된 맥파전달속도와와의 관계를 살펴보는 연구가 필요할 것을 생각된다. 높은 수준의 MVPA는 혈중지질과 TG/HDL-C의 위험 가능성을 감소시키는 것으로 나타났다. 특히, TG/HDL-C는 인슐린 저항성 대리 지표로서 관상동맥질환, 뇌졸중뿐만 아니라 제2형 당뇨병 위험을 예측할 수 있는 강력한 예후 지표이다(Lim et al., 2020; Russon et al., 2016). 중성지방과 HDL-C의 위험기준은 관상동맥질환과 뇌졸중 위험률을 각각 1.54배, 5.13배 증가시키는 요인이며(Lee et al., 2017), HDL-C 위험성의 경우, 하루 MVPA가 0분인 그룹과 비교하여, MVPA 15분은 71%, MVPA 30분은 76%, MVPA 60분은 79% 위험 가능성이 감소하고, 중성지방 위험성의 경우 MVPA 15분은 60%, MVPA 30분은 78%, MVPA 60분은 90% 위험 가능성을 낮추는 것으로 보고되었다(LeBlanc & Janssen, 2010). 이와 같이, 높은 수준의 MVPA는 이상지질혈증뿐만 아니라 심혈관 질환과 당뇨병의 위험성을 낮추는 것을 알 수가 있다. 대사증후군의 경우, MVPA가 낮은 하위 Q1그룹과 비교하여, Q3그룹은 94%, Q4그룹은 96% 이상 위험성이 감소하는 것으로 나타났다. Cho et al.(2021)의 연구에서는 신체활동이 부족한 남성은 1.16-3.14배, 여성은 1.18-2.57배 대사증후군 위험이 증가한다고 보고하여, 본 연구결과를 뒷받침한다. 또한, Scheers et al.(2013)의 연구에서는 하루 60분 이상의 MVPA는 하루 30분 이하의 MVPA와 비교하여 대사증후군 진단요인인 복부비만, 중성지방, HDL-C들의 위험성이 68-81% 감소하였으나, 좌식 또는 가벼운 신체활동은 대사증후군과 각 개별요인과 관련이 없다고 보고하였다. 이는 MVPA는 대사 증후군과 각 진단 개별요인들의 중요한 독립 인자임을 알 수가 있다. 그럼에도 불구하고, Allesøe et al.(2015)의 연구에 의하면 직장 내에서의 높은 MVPA는 심장질환 위험을 증가시킨 것으로 보고하여, 신체활동 영역에 따라서 MVPA가 심혈관 대사질환 요인에 미치는 효과가 달라질 수 있음을 알 수가 있다. 따라서, 추후 연구에서는 다양한 일상 활동 영역에서의 MVPA(예; 여가 vs 직업)와 심혈관 대사질환 및 대사증후군의 관계를 살펴보는 연구가 필요할 것으로 생각된다(Byambasukh et al., 2020).

결론 및 제언

본 연구는 한국 성인을 대상으로 2014-2016년도에 시행한 국민건강영양조사 설문조사와 가속도계로 측정된 신체활동 자료를 활용하였으며 신체활동 수준에 따른 심혈관 대사질환 요인들의 차이를 분석하고 각 개별 요인과 대사증후군의 위험성을 분석하였다.

체중, 체질량지수, 허리둘레의 경우, MVPA가 가장 낮은 Q1 그룹은 Q3과 Q4 그룹보다 높게 나타났으며, 내장지방지수의 경우 Q1과 Q2 그룹은 Q3, Q4 그룹보다 높게 나타났다. 수축기 혈압, 이완기 혈압, 평균 동맥압의 경우, Q1 그룹은 Q3과 Q4 그룹과 비교하여 높았으며, ePVW의 경우 Q1은 Q4 그룹보다 높았다. 총콜레스테롤의 경우, Q1 그룹은 Q2 그룹보다 유의하게 높았고, 당화혈색소와 공복혈당의 경우, Q1은 Q4 그룹보다 유의하게 높았다. HDL-C의 경우, Q3과 Q4 그룹은 Q1, Q2 그룹보다 높게 나타났으며, 중성지방과 TG/HDL-C의 경우, Q1과 Q2 그룹은 Q3, Q4 그룹보다 높게 나타났다. 허리둘레의 경우, MVPA 수준이 가장 낮은 그룹인 Q1과 비교하여 Q3 그룹은 83%, Q4 그룹은 88% 위험성이 감소하는 것으로 나타났다. 내장지방지수의 경우, Q1 그룹보다 Q3 그룹은 위험성이 86% 감소하였으며, Q4 그룹은 92% 감소하였다. 고혈압의 경우, Q1 그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 각각 57%, 65% 감소하는 것으로 나타났다. 공복혈당의 경우, Q1 그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 약 71% 이상 위험성이 감소하였으며, HDL-C의 경우 Q3과 Q4 그룹은 Q1 그룹과 비교하여 약 88% 이상 위험 가능성이 감소하였다. 중성지방의 경우, Q1 그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 약 90% 이상 위험 가능성이 감소하였고, TG/HDL-C의 경우 Q1 그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 약 88% 이상 위험성이 감소하였다. 대사증후군은 Q1 그룹과 비교하여 Q3과 Q4 그룹은 각각 94%, 98% 위험성이 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 가속도계로 측정된 MVPA 수준에 따른 심혈관 대사 질환 및 대사증후군과의 관계를 규명할 수 있었으나, 신체활동 강도(좌식생활 vs. 가벼운 vs. 일상생활 신체활동) 또는 신체활동 영역(예: 여가 vs 직업)과 중속 변인들의 관련성을 살펴보는데 다소 부족한 것으로 생각된다. 따라서, 추후 연구에서는 신체활동 강도와 유형을 고려한 후속연구가 필요할 것으로 생각된다.

CONFLICT OF INTEREST

본 연구는 2020년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과이며 (KHU-20201106), 모든 저자는 논문출판과 관련하여, 잠재적인 이해충돌 관계가 없습니다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: MW Seo & JK Song; Data curation: MW Seo., JY Kim & JK Song; Formal analysis: MW Seo., JM Lee & JK Song; Funding acquisition: JK Song; Methodology: MW Seo., HC Jung & JK Song; Project administration: JK Song; Visualization: MW Seo., JM Lee., HC Jung., JY Kim & JK Song; Writing-original draft: MW Seo; Writing-review&editing: JM Lee., HC Jung., JY Kim & JK Song

참고문헌

- Aadland, E., & Ylvisåker, E. (2015).** Reliability of the Actigraph GT3X+ accelerometer in adults under free-living conditions. *PLoS one*, *10*(8), e0134606.
- Alberti, K. G., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., ... & Smith Jr, S. C. (2009).** Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, lung, and blood institute; American heart association; world heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity. *Circulation*, *120*(16), 1640-1645.
- Allesøe, K., Holtermann, A., Aadahl, M., Thomsen, J. F., Hundrup, Y. A., & Søgaard, K. (2015).** High occupational physical activity and risk of ischaemic heart disease in women: The interplay with physical activity during leisure time. *European Journal of Preventive Cardiology*, *22*(12), 1601-1608.
- Amato, M. C., Giordano, C., Galia, M., Criscimanna, A., Vitabile, S., Midiri, M., ... & AlkaMeSy Study Group. (2010).** Visceral adiposity index: A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*, *33*(4), 920-922.
- American Diabetes Association (2004).** Dyslipidemia management in adults with diabetes. *Diabetes Care*, *27*(1), s68-s71.
- Atienza, A. A., Moser, R. P., Perna, F., Dodd, K., Ballard-Barbash, R., Troiano, R. P., & Berrigan, D. (2011).** Self-reported and objectively measured activity related to biomarkers using NHANES. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(5), 815-821.
- Bi, H., Zhang, Y., Qin, P., Wang, C., Peng, X., Chen, H., ... & Hu, F. (2022).** Association of Chinese visceral adiposity index and its dynamic change with risk of carotid plaque in a large cohort in China. *Journal of the American Heart Association*, *11*(1), e022633.
- Boutouyrie, P. (2022).** Estimating is not measuring: The lessons about estimated pulse wave velocity. *Journal of the American Heart Association*, *11*(10), e025830.
- Boyer, W. R., Bassett, D. R., Fitzhugh, E. C., Milano, A. N., Churilla, J. R., Toth, L. P., & Richardson, M. R. (2021).** Accelerometer-measured physical activity and cardiometabolic risk factors by race-ethnicity: 2003-2006 NHANES. *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities*, *9*(5), 1-9.
- Buckworth, J., & Nigg, C. (2004).** Physical activity, exercise, and sedentary behavior in college students. *Journal of American College Health*, *53*(1), 28-34.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., ... & Willumsen, J. F. (2020).** World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(24), 1451-1462.
- Butte, N. F., Ekelund, U., & Westerterp, K. R. (2012).** Assessing physical activity using wearable monitors: Measures of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(1), S5-12.
- Byambasukh, O., Snieder, H., & Corpeleijn, E. (2020).** Relation between leisure time, commuting, and occupational physical activity with blood pressure in 125 402 adults: The lifelines cohort. *Journal of the American Heart Association*, *9*(4), e01431.
- Cannon, C. P. (2008).** Mixed dyslipidemia, metabolic syndrome, diabetes mellitus, and cardiovascular disease: Clinical implications. *The American Journal of Cardiology*, *102*(12), 5L-9L.
- Carter, S., Hartman, Y., Holder, S., Thijssen, D. H., & Hopkins, N. D. (2017).** Sedentary behavior and cardiovascular disease risk: Mediating mechanisms. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *45*(2), 80-86.
- Cho, J. H., Ko, J., & Lim, S. T. (2021).** Relationship between metabolic syndrome and moderate-to-vigorous physical activity among adults 18 years old and over. *PLoS one*, *16*(10), e0258097.
- Di Bonito, P., Moio, N., Scilla, C., Cavuto, L., Sibilio, G., Sanguigno, E., ... & Capaldo, B. (2012).** Usefulness of the high triglyceride-to-HDL cholesterol ratio to identify cardiometabolic risk factors and preclinical signs of organ damage in outpatient children. *Diabetes Care*, *35*(1), 158-162.
- Diaz, K. M., & Shimbo, D. (2013).** Physical activity and the prevention of hypertension. *Current Hypertension Reports*, *15*(6), 659-668.
- Diaz, K. M., Veerabhadrapa, P., Brown, M. D., Whited, M. C., Dubbert, P. M., & Hickson, D. A. (2015).** Prevalence, determinants, and clinical significance of masked hypertension in a population-based sample of African Americans: the Jackson Heart Study. *American journal of hypertension*, *28*(7), 900-908.
- DiPietro, L., Zhang, Y., Mavredes, M., Simmens, S. J., Whiteley, J. A., Hayman, L. L., ... & Napolitano, M. A. (2020).** Physical activity and cardiometabolic risk factor clustering in young adults with obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *52*(5), 1050.
- Dolan, L., Green, D., & Lin, W. (2016).** 10 Things to know about covariate adjustment. *EGAP: Evidence in Governance and Politics*.
- European Medicines Agency (2015).** Guideline on adjustment for baseline covariates in clinical trials.
- Ferrari, P., Friedenreich, C., & Matthews, C. E. (2007).** The role of measurement error in estimating levels of physical activity. *American Journal of Epidemiology*, *166*(7), 832-840.
- Ford, E. S., & Caspersen, C. J. (2012).** Sedentary behaviour and cardiovascular disease: A review of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, *41*(5), 1338-1353.
- Garcia-Aymerich, J., Lange, P., Benet, M., Schnohr, P., & Antó, J. M. (2007).** Regular physical activity modifies smoking-related

- lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: A population-based cohort study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 175(5), 458-463.
- García-Hermoso, A., Martínez-Vizcaíno, V., Recio-Rodríguez, J. I., Sánchez-López, M., Gómez-Marcos, M. Á., García-Ortiz, L., & EVIDENT Group. (2015).** Sedentary behaviour patterns and carotid intima-media thickness in Spanish healthy adult population. *Atherosclerosis*, 239(2), 571-576.
- George, E. S., Rosenkranz, R. R., & Kolt, G. S. (2013).** Chronic disease and sitting time in middle-aged Australian males: Findings from the 45 and Up Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 1-8.
- Germano-Soares, A. H., Andrade-Lima, A., Meneses, A. L., Correia, M. A., Parmenter, B. J., Tassitano, R. M., ... & Ritti-Dias, R. M. (2018).** Association of time spent in physical activities and sedentary behaviors with carotid-femoral pulse wave velocity: A systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis*, 269, 211-218.
- Grundey, S. M., Cleeman, J. I., Daniels, S. R., Donato, K. A., Eckel, R. H., Franklin, B. A., ... & Costa, F. (2005).** Diagnosis and management of the metabolic syndrome: An American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute scientific statement. *Circulation*, 112(17), 2735-2752.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018).** Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: A pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086.
- Hametner, B., Wassertheurer, S., Mayer, C. C., Danninger, K., Binder, R. K., & Weber, T. (2021).** Aortic pulse wave velocity predicts cardiovascular events and mortality in patients undergoing coronary angiography: a comparison of invasive measurements and noninvasive estimates. *Hypertension*, 77(2), 571-581.
- He, Q., Liu, S., Feng, Z., Li, T., Chu, J., Hu, W., ... & Shen, Y. (2022).** Association between the visceral adiposity index and risks of all-cause and cause-specific mortalities in a large cohort: Findings from the UK Biobank. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Disease*, 32(9), 2204-2215.
- Healy, G. N., Winkler, E. A., Owen, N., Anuradha, S., & Dunstan, D. W. (2015).** Replacing sitting time with standing or stepping: Associations with cardio-metabolic risk biomarkers. *European Heart Journal*, 36(39), 2643-2649.
- Hodkinson, A., Kontopantelis, E., Adeniji, C., Van Marwijk, H., McMillan, B., Bower, P., & Panagioti, M. (2021).** Interventions using wearable physical activity trackers among adults with cardiometabolic conditions: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, 4(7), e2116382-e2116382.
- Hooker, S. P., Diaz, K. M., Blair, S. N., Colabianchi, N., Hutto, B., McDonnell, M. N., ... & Howard, V. J. (2022).** Association of accelerometer-measured sedentary time and physical activity with risk of stroke among US adults. *JAMA Network Open*, 5(6), e2215385-e2215385.
- Jakicic, J. M., King, W. C., Gibbs, B. B., Rogers, R. J., Rickman, A. D., Davis, K. K., ... & Belle, S. H. (2015).** Objective versus self-reported physical activity in overweight and obese young adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(10), 1394-1400.
- Janiszewski, P. M., & Ross, R. (2009).** The utility of physical activity in the management of global cardiometabolic risk. *Obesity*, 17(S3), S3-S14.
- Kim, B. Y., Kang, S. M., Kang, J. H., Kang, S. Y., Kim, K. K., Kim, K. B., ... & Committee of Clinical Practice Guidelines (2021).** 2020 Korean society for the study of obesity guidelines for the management of obesity in Korea. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 30(2), 81-92.
- Kjeldsen, S. E. (2018).** Hypertension and cardiovascular risk: General aspects. *Pharmacological Research*, 129, 95-99.
- Knaeps, S., Bourgois, J. G., Charlier, R., Mertens, E., Lefevre, J., & Wijndaele, K. (2018).** Ten-year change in sedentary behaviour, moderate-to-vigorous physical activity, cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk: Independent associations and mediation analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(16), 1063-1068.
- LeBlanc, A. G., & Janssen, I. (2010).** Dose-response relationship between physical activity and dyslipidemia in youth. *Canadian Journal of Cardiology*, 26(6), e201-e205.
- Lee, J. S., Chang, P. Y., Zhang, Y., Kizer, J. R., Best, L. G., & Howard, B. V. (2017).** Triglyceride and HDL-C dyslipidemia and risks of coronary heart disease and ischemic stroke by glycemic dysregulation status: The strong heart study. *Diabetes Care*, 40(4), 529-537.
- Lee, P. H., & Wong, F. K. (2015).** The association between time spent in sedentary behaviors and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(6), 867-880.
- Lim, T. K., Lee, H. S., & Lee, Y. J. (2020).** Triglyceride to HDL-cholesterol ratio and the incidence risk of type 2 diabetes in community dwelling adults: A longitudinal 12-year analysis of the Korean Genome and Epidemiology Study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 163, 108150.
- Lusis, A. J. (2000).** Atherosclerosis. *Nature*, 407, 233-241.
- Maher, C. A., Mire, E., Harrington, D. M., Staiano, A. E., & Katzmarzyk, P. T. (2013).** The independent and combined associations of physical activity and sedentary behavior with obesity in adults: NHANES 2003-06. *Obesity*, 21(12), E730-E737.
- Marotta, T., Russo, B. F., & Ferrara, L. A. (2010).** Triglyceride-to-HDL-cholesterol ratio and metabolic syndrome as contributors to cardiovascular risk in overweight patients. *Obesity*, 18(8), 1608-1613.
- McClain, J. J., Sisson, S. B., & Tudor-Locke, C. (2007).** Actigraph accelerometer interinstrument reliability during free-living in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(9),

- 1509-1514.
- Murabito, J. M., Pedley, A., Massaro, J. M., Vasan, R. S., Eslinger, D., Blease, S. J., ... & Fox, C. S. (2015).** Moderate-to-vigorous physical activity with accelerometry is associated with visceral adipose tissue in adults. *Journal of the American Heart Association, 4*(3), e001379.
- Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Ajisaka, R., & Miyauchi, T. (2007).** Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength-and endurance-trained men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 292*(2), H786-H791.
- Park, J. H., Seo, M. W., Jung, H. C., & Lee, J. M. (2020).** Let's live healthier: The relationship between suicidal behavior and physical activity in an age-, gender-, and body mass index-matched adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(22), 8350.
- Peterson, M. D., Al Snih, S., Stoddard, J., McClain, J., & Lee, I. (2014).** Adiposity and insufficient MVPA predict cardiometabolic abnormalities in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 46*(6), 1133.
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., ... & Olson, R. D. (2018).** The physical activity guidelines for Americans. *JAMA, 320*(19), 2020-2028.
- Qi, Q., Strizich, G., Merchant, G., Sotres-Alvarez, D., Buelna, C., Castañeda, S. F., ... & Kaplan, R. C. (2015).** Objectively measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers in US Hispanic/Latino adults: The Hispanic Community Health Study/Study of Latinos (HCHS/SOL). *Circulation, 132*(16), 1560-1569.
- Ritchie, S. A., & Connell, J. M. C. (2007).** The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 17*(4), 319-326.
- Russo, G. T., De Cosmo, S., Viazzi, F., Pacilli, A., Ceriello, A., Genovese, S., ... & AMD-Annals Study Group (2016).** Plasma triglycerides and HDL-C levels predict the development of diabetic kidney disease in subjects with type 2 diabetes: The AMD annals initiative. *Diabetes Care, 39*(12), 2278-2287.
- Scheers, T., Philippaerts, R., & Lefevre, J. (2013).** SenseWear-determined physical activity and sedentary behavior and metabolic syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 45*(3), 481-489.
- Shibata, A. I., Oka, K., Sugiyama, T., Salmon, J. O., Dunstan, D. W., & Owen, N. (2016).** Physical activity, television viewing time, and 12-year changes in waist circumference. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 48*(4), 633-640.
- Skender, S., Ose, J., Chang-Claude, J., Paskow, M., Brühmann, B., Siegel, E. M., ... & Ulrich, C. M. (2016).** Accelerometry and physical activity questionnaires-a systematic review. *BMC Public Health, 16*(1), 1-10.
- Sternfeld, B., Gabriel, K. P., Jiang, S. F., Whitaker, K. M., Jacobs Jr, D. R., Quesenberry Jr, C. P., ... & Sidney, S. (2019).** Risk estimates for diabetes and hypertension with different physical activity methods. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 51*(12), 2498-2505.
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., ... & Swartz, A. M. (2013).** Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation, 128*(20), 2259-2279.
- Sung, H., Lim, J., Mun, J., Kim, Y. (2020).** Objective versus self-reported physical activity and cardiovascular disease risk factors. *The Korean Journal of Sports Medicine, 38*(1), 28-36.
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., ... & Chinapaw, M. J. (2017).** Sedentary behavior research network (SBRN)-terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 14*(1), 1-17.
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Masse, L. C., Tilert, T., & McDowell, M. (2008).** Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 40*(1), 181-188.
- Vlachopoulos, C., Terentes-Printzios, D., Laurent, S., Nilsson, P. M., Protogerou, A. D., Aznaouridis, K., ... & Tousoulis, D. (2019).** Association of estimated pulse wave velocity with survival: A secondary analysis of SPRINT. *JAMA Network Open, 2*(10), e1912831-e1912831.
- Westerterp, K. R. (1999).** Physical activity assessment with accelerometers. *International Journal of Obesity, 23*(3), S45-S49.
- Whelton, S. P., McEvoy, J. W., Shaw, L., Psaty, B. M., Lima, J. A., Budoff, M., ... & Blaha, M. J. (2020).** Association of normal systolic blood pressure level with cardiovascular disease in the absence of risk factors. *JAMA Cardiology, 5*(9), 1011-1018.
- Wilson, P. W., D'Agostino, R. B., Parise, H., Sullivan, L., & Meigs, J. B. (2005).** Metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus. *Circulation, 112*(20), 3066-3072.
- Winters-van Eekelen, E., Van der Velde, J. H., Boone, S. C., Westgate, K., Brage, S., Lamb, H. J., ... & De Mutsert, R. (2021).** Objectively measured physical activity and body fatness: Associations with total body fat, visceral fat, and liver fat. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 53*(11), 2309.
- Yates, T., Khunti, K., Wilmot, E. G., Brady, E., Webb, D., Srinivasan, B., ... & Davies, M. J. (2012).** Self-reported sitting time and markers of inflammation, insulin resistance, and adiposity. *American Journal of Preventive Medicine, 42*(1), 1-7.
- Yoon, Y. H., Park, G. M., Lee, J. Y., Lee, J. H., Lee, H., Roh, J. H., ... & Lee, S. W. (2021).** Association of stage 1 hypertension defined by the ACC/AHA 2017 guideline with asymptomatic coronary atherosclerosis. *American Journal of Hypertension, 34*(8), 858-866.

가속도계를 이용한 한국인들의 신체활동수준과 심혈관 대사 질환 요인 및 대사증후군과의 관계 : 2014-2016 국민건강영양조사를 활용하여

서명원¹, 이정민², 정현철³, 김준영⁴, 송종국⁵

¹경희대학교, 박사

²경희대학교, 부교수

³경희대학교, 조교수

⁴시라큐스대학교, 조교수

⁵경희대학교, 교수

[목적] 본 연구의 목적은 2014-2016 국민건강영양조사 설문과 가속도계 자료를 활용하여, 한국 성인들의 신체활동 수준과 심혈관 대사 질환 요인 및 대사증후군과의 관계를 분석 하는 것이다.

[방법] 본 연구의 대상자는 설문조사에 응답하고, 가속도계 최소착용기준을 만족한 942명을 중강도·고강도 신체활동 수준을 사분위수 범위를 이용하여 그룹화 하였으며, 대응-사례 대조 연구방법을 적용하고 각 그룹 당 80명씩 할당 하였다(N=320). 대상자의 일반적 특성은 성별, 연령, 교육수준, 가계소득수준, 흡연상태, 직업분류가 포함되었으며, 복부비만은 허리둘레와 내장지방지수, 심혈관 요인은 수축기 및 이완기 혈압, 평균동맥압과 ePWV를 이용하였다. 혈중 지질대사위험은 총콜레스테롤, 당화혈색소, 공복혈당, 중성지방(TG), HDL-C요인을 분석하였고, 인슐린 저항성 대리지표는 TG/HDL-C를 이용하였다. 가속도계로 측정된 신체활동 수준에 따른 심혈관 대사질환요인의 차이를 분석 하기 위해서 일원변량분석(one-way ANOVA)과 Bonferroni correction 사후검정을 적용하였으며, 다항 로지스틱 회귀분석을 이용하여 신체활동수준과 심혈관 대사질환 요인과 대사증후군과의 관계를 분석 하였다. 모든 통계에 대한 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

[결과] 복부비만, 심혈관 및 혈중지질의 모든 요인은 그룹간 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 허리둘레, 수축기 및 이완기 혈압과 평균 동맥압의 경우 신체활동 수준이 가장 낮은 하위 Q1 그룹은 Q3과 Q4 그룹보다 높았다($p < .01$). 내장지방지수, 중성지방, TG/HDL-C의 경우, 신체활동 수준이 낮은 하위 Q1, Q2 그룹은 Q3과 Q4 보다 높았고($p < .01$), HDL-C는 낮았다($p < .001$). 허리둘레, 내장지방지수, 공복혈당, 중성지방, HDL-C, TG/HDL-C 및 대사증후군의 경우, MVPA가 가장 낮은 하위 Q1과 비교하여 Q3 그룹은 약 57%, Q4 그룹은 65% 이상 위험성이 감소하였다($p < .05$).

[결론] 높은 수준의 중강도·고강도 신체활동은 심혈관 대사 질환 요인과 대사증후군의 위험성을 감소시키는 것으로 나타났다. 추후 연구에서는 신체활동 강도 또는 영역에 따른 심혈관 대사 질환 및 대사증후군의 관계를 살펴보는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

주요어

가속도계, 신체활동, 심장대사건강, 대사증후군, 국민건강영양조사