

Research Article



건강한 성인에서 가속도계로 측정한 신체활동과 맥파전달속도 및 상완-발목 간 혈압비에 기반한 동맥경화지표와의 관계

이현주 ¹, 박계월 ¹, 전하연 ², 곽지연 ², 김은경 ²

¹강릉아산병원 영양과
²강릉원주대학교 식품영양학과

Association between physical activity measured using an accelerometer and arterial stiffness based on pulse wave velocity and ankle-brachial index in healthy adults

Hyunju Lee ¹, Kye Wol Park ¹, Ha Yeon Jun ², Ji Yeon Gwak ², and Eun Kyung Kim ²

¹Department of Nutrition and Dietetics, Gangneung Asan Hospital, Gangneung 25440, Korea
²Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

OPEN ACCESS

Received: Apr 20, 2022
Revised: Jun 13, 2022
Accepted: Jun 29, 2022
Published online: Aug 11, 2022

Correspondence to

Eun Kyung Kim
Department of Food and Nutrition,
Gangneung-Wonju National University, 7
Jukheon-gil, Gangneung 25457, Korea.
Tel: +82-33-640-2336
Email: ekkim@gwnu.ac.kr

© 2022 The Korean Nutrition Society
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID iDs

Hyunju Lee
<https://orcid.org/0000-0002-1063-0255>
Kye Wol Park
<https://orcid.org/0000-0001-8775-0266>
Ha Yeon Jun
<https://orcid.org/0000-0002-8531-8493>
Ji Yeon Gwak
<https://orcid.org/0000-0002-3624-0810>
Eun Kyung Kim
<https://orcid.org/0000-0003-1292-7586>

Funding

This work was supported by grants from the National Research Foundation of Korea (2019R1F1A1057685).

ABSTRACT

Purpose: Physical activity (PA) has a beneficial effect on the prevention of arteriosclerosis in healthy adults. The purpose of this study was to analyze the relationship between PA measured using an accelerometer and arterial stiffness in healthy Korean adults.

Methods: This study involved 87 subjects (36.8% women) aged 20–64 years. PA was evaluated using an accelerometer (wGT3X-BT, ActiGraph, Florida, USA) for 7 days. Based on the results of the accelerometer measurement, subjects were classified into active and inactive groups according to the World Health Organization (WHO) PA guidelines. The brachial–ankle pulse wave velocity (baPWV) and ankle-brachial index (ABI) to assess arterial stiffness were measured by a non-invasive vascular screening device (VP-1000 Plus, Omron).

Results: The average age of the study subjects was 47.7 ± 11.3 years and the WHO PA guideline achievement rate was 29.9%. There was no significant difference in arterial stiffness (baPWV and ABI) between the active and inactive groups. In females, the time spent in light PA were positively correlated with ABI ($r = 0.396$; $p < 0.05$) and the number of sedentary bouts over 50 minutes was inversely correlated with ABI ($r = -0.402$; $p < 0.05$). However, there was no significant correlation between PA and arterial stiffness in males.

Conclusions: The results of this study suggest that light PA and sedentary behavior have a positive correlation with arterial stiffness in females.

Keywords: physical activity; accelerometry; arterial stiffness; pulse wave velocity; ankle brachial index

Conflict of Interest

There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

서론

전 세계적으로 건강 증진 및 질병 예방을 위한 방안으로 건강한 식생활과 에너지 균형을 유지하기 위한 신체활동 (physical activity, PA)의 중요성이 강조되고 있다 [1-4]. 특히 만성 질환의 위험 요인인 비만을 예방하기 위하여 적절한 에너지 섭취와 함께 신체활동을 증가시키는 것이 보다 효과적인 것으로 알려져 있다 [3]. 또한 규칙적인 신체활동은 심혈관 질환, 암, 대사증후군, 당뇨병과 같은 비 전염성 질병의 예방 및 치료를 돕고 이로 인한 사망률을 감소시키는 것으로 보고되었다 [5,6]. 최근에는 좌식 행동이 다른 신체활동과 무관하게 만성질환의 위험 요소가 될 수 있다는 새로운 연구 결과가 제시되고 있다 [7,8]. 이와 같이 규칙적인 신체활동이 강조됨에도 불구하고 세계보건기구 (world health organization, WHO) 보고에 따르면, 전 세계 성인 (18세 이상) 중 신체활동이 부족한 비율은 27.5%에 달한다 [4].

2014년부터 우리나라 국민건강영양조사에서도 WHO에서 개발한 국제신체활동설문지 (global physical activity questionnaires, GPAQ)를 이용하여 유산소 신체활동 실천율 (10분 이상 지속한 중강도 활동을 일주일에 150분 이상, 또는 10분 이상 지속한 고강도 활동을 75분 이상 실천한 비율)을 산출하고 있다. 그 결과를 살펴보면, 2014년 유산소 신체활동 실천율은 58.3%였으나 2020년에는 45.6%로 감소한 반면, 좌식 행동에 소비한 시간은 2014년에는 1일 평균 7.5시간이었으나 2020년에는 8.6시간으로 증가한 것으로 나타났다 [9,10].

신체활동을 평가하는 방법으로는 설문지나 신체활동일기를 이용하는 자가기록법과 측정 도구를 이용하여 신체의 움직임을 측정하는 방법이 있다. 자가기록법은 대상자에게 부담이 적고 저렴한 비용으로 신체활동 패턴을 조사할 수 있다는 장점이 있으나, 대상자의 기억에 의존하므로 정확도와 신뢰도가 낮다는 단점이 있다 [11]. 신체활동 측정 도구로는 만보계, 심박수 측정계, 가속도계 등이 있는데 만보계는 저렴하다는 장점이 있으나 보행수만을 측정하므로 신체활동 강도 및 신체활동의 소비 에너지를 평가할 수 없는 반면, 심박수 측정계는 신체활동 및 소비 에너지의 측정이 가능하나 주위 환경 및 대상자의 감정 상태 등의 영향을 받을 수 있다는 단점이 있다 [11]. 한편 가속도계는 신체활동의 객관적인 측정 및 활동 강도에 따른 소비 시간의 분석이 가능하지만 구체적인 활동 유형의 파악이 어렵다는 단점이 있다 [11]. 우리나라 국민건강영양조사에서도 신체활동 평가 도구로 대부분 설문지를 이용한 자가기록법을 사용하여 왔으나 2014-2017년 조사 시에는 보다 객관적인 측정 도구인 가속도계 사용을 시도한 바 있다.

신체활동의 부족은 2016년 전 세계 사망원인 1위 [12], 2020년 우리나라 사망원인 2위 [13]로 보고된 심혈관 질환의 위험 인자로 알려져 있다 [7,8]. 심혈관 질환으로 인한 사망률의 감소를 위해서는 심혈관 질환의 조기 발견과 이에 따른 적절한 치료가 필요하다. 이러한 심혈관 질환의 유병률 및 사망률을 예측하는 주요 인자로는 무증상 동맥경화를 들 수 있다 [14]. 최근에는 동맥경화의 조기 발견을 위해 관상동맥조영술과 같은 침습적인 진단법 대신 측정이 쉽고 재현성이 높은 비침습적 진단법인 맥파전달속도 (pulse wave velocity, PWV)와 상완-발목 간 혈압비 (ankle brachial index, ABI)가 동맥경화의 지표로 사용되고 있다 [15,16]. 경동맥-대퇴동맥 맥파전달속도 (carotid-femoral PWV, cPWV)가 PWV를 측정하는 방법으로 신뢰도는 높으나 경동맥과 대퇴동맥에 센서를 부착하고 일정한 압력으로 파형을 명확하게 기록하는 것이 어렵다. 따라서 최근에는 cPWV 대신 혈압 cuff에 부착된 센서로 맥파를 측정하는 방법인 상완-발목 간 맥파전달속도 (brachial-ankle PWV, baPWV)가 사용되고 있다 [17].

이에 동맥경화지표인 PWV와 ABI를 이용하여 신체활동과의 관계를 분석한 연구들이 국내외에서 보고된 바 있다 [18-30]. 예를 들면, 신체활동과 PWV와의 관계를 분석한 단면 연구 [18-22], 신체활동과 ABI와의 관계를 조사한 연구 [22-24], 운동프로그램 중재 후 PWV의 변화를 비교한 연구 [25-28] 및 신체활동과 PWV의 변화를 추적 관찰한 코호트 연구 [29,30] 등 다양한 연구들이 수행되었다. 이러한 선행 연구들 중 국내 연구의 대부분은 특정 연령대, 예를 들면 대학생 [20], 젊은 성인 여자 [21], 중년 여자 [27,28], 노인 [22] 등을 대상으로 하였으며 다양한 연령대의 성인 남녀를 대상으로 한 연구는 찾아보기 힘들다. 또한 여자에 비해 심혈관 질환의 위험이 높은 남자를 대상으로 한 연구 [20,22]는 드문 실정이며 신체활동 평가를 위하여 객관적인 측정 도구 (가속도계)를 사용한 연구는 젊은 성인 여자를 대상으로 한 연구 [21] 외에는 찾아보기 어렵다. 한편 국외 연구의 경우에도 특정 연령대를 대상으로 한 연구들 [23,24,30]이 많았으며 다양한 연령대의 성인을 대상으로 조사하였으나 신체활동을 간단한 설문지를 이용한 자가기록법으로 평가한 연구 [30]였다. 다양한 연령대를 대상으로 객관적인 신체활동 평가 도구를 사용한 연구들 [18,19,29]도 있으나 본 연구와 같이 고혈압, 당뇨병 등 만성 질환이 없는 건강한 성인을 대상으로 조사한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 20-64세의 건강한 성인 남녀를 대상으로 객관적인 신체활동 측정 도구인 3축 가속도계를 이용하여 평소 신체활동을 평가하고 동맥경화지표와의 연관성을 알아보고자 하였다.

연구방법

연구 대상

연구 대상은 강릉시에 거주하는 심혈관 질환, 고혈압, 당뇨병 및 이상지질혈증 등의 병력이 없는 20세 이상, 65세 미만의 성인으로 하였으며 연구 대상자 모집 공고문을 통하여 총 94명이 모집되었다. 본 연구는 강릉원주대학교 기관생명윤리위원회의 승인 (GWNUIRB-2019-21)을 받은 후 진행되었다.

신체 계측

가벼운 옷차림을 한 상태에서, 신장은 자동신장계 (BSM 330; Inbody, Seoul, Korea)를 이용하여, 체중 및 체성분은 체성분 분석기 (Inbody 620; Inbody)를 이용하여 측정하였다. 측정된 신장과 체중을 이용하여 다음과 같이 체질량지수 (body mass index, BMI)를 계산하였다.

$$\text{BMI} = \text{체중 (kg)} / [\text{신장 (m)}]^2$$

신체 활동 평가

측정방법

3차원 중력 가속도계 (triaxial ActiGraph accelerometer, model wGT3X-BT; ActiGraph, Pensacola, FL, USA)를 이용하여 연구 대상자의 신체활동 움직임의 가속도 변화를 분당 활동 카운트 (counts per minute, CPM)로 측정하였다. 가속도계는 오른쪽 허리 (배꼽 1 cm 아래 수평선과 오른쪽 허벅지 중앙선이 만나는 부분)에 착용하고 벨트를 이용하여 고정시키도록 하였으며

샤워 및 수영과 같은 신체활동을 제외하고 일주일 (주중 5일과 주말 2일) 동안 기상 직후부터 취침 전까지 지속적으로 착용하도록 하였다. 측정 전 가속도계와 연동된 소프트웨어 프로그램 (Actilife 6.9.4; ActiGraph)에 대상자의 연령, 성별, 신장 및 체중 등의 기본 정보와 함께 측정 시작 시점을 입력하였으며 측정 후 회수한 가속도계를 Actilife 프로그램에 연결하여 측정된 데이터를 전송 후 다운로드 하였다. 가속도계를 통하여 수집된 데이터의 유효성 검증은 Troiano 등 [31]에 따라 1일 10시간 이상 및 일주일 중 4일 이상 착용함을 기준으로 하였다. 모집된 대상자 94명 중 유효성 검증에서 7명이 탈락하여 최종 87명 (남자 55명, 여자 32명)의 데이터를 통계처리 하였다.

신체활동 강도 분류

가속도계로 측정된 CPM 값을 이용하여 대상자의 일주일 동안의 신체활동의 강도를 분류하였다. Freedson 등 [32]의 신체활동 강도 기준에 따라 가속도계의 CPM이 100 미만일 때는 '좌식 행동 (sedentary behavior)', 100 이상 1,952 미만일 때는 '저강도 활동 (light PA)', 1,952 이상 5,725 미만일 때는 '중강도 활동 (moderate PA)', 5,725 이상일 때는 '고강도 활동 (vigorous PA)'으로 분류하고 신체활동 강도 별로 소비한 시간을 분석하였다. 조사 결과, 고강도 활동을 수행한 인원 및 소비한 시간이 적어 중강도와 고강도 활동에 소비한 시간을 합하여 '중·고강도 활동 (moderate to vigorous PA, MVPA)'에 소비한 시간으로 제시하였다.

신체 활동 패턴

신체활동량이 동일하더라도, 중·고강도 활동을 짧게 자주 시행하는 것보다 1회에 10분 이상 길게 지속하는 것이 건강상 이점이 있다는 연구 결과 [33]에 따라 중·고강도 활동을 10분 이상 지속한 횟수 (number of MVPA bouts 10 minutes) 및 시간 (time spent in MVPA bouts 10 minutes)을 조사하였다. 또한 좌식 행동을 1회에 30분 이상 지속하는 것이 심혈관 대사에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 연구 결과를 [34] 바탕으로 1회에 30분, 40분, 50분 및 60분 이상 지속된 좌식 행동 횟수 (number of sedentary bouts)와 각각의 좌식 행동에 소비한 시간 (time spent in sedentary bouts)을 조사하였다.

WHO 신체활동지침 준수 여부에 따른 분류

WHO의 신체활동지침 [1]에 따라 10분 이상 지속된 중·고강도 활동을 일주일간 150분 이상 소비하거나 10분 이상 지속된 고강도 활동을 일주일간 75분 이상 소비한 경우는 '활동군 (Active group)'으로, 중·고강도 활동량이 그 미만인 경우는 '비활동군 (Inactive group)'으로 분류하여 두 군을 비교하였다.

혈압 및 동맥경화지표

혈압

혈압 측정은 10분 이상 안정을 취한 후 허리를 곧게 펴고 앉은 자세에서 자동전자혈압계 (HEM-7310; Omron, Kyoto, Japan)를 사용하여 수축기 혈압과 이완기 혈압을 측정하였다.

동맥경화지표

대상자를 침대 위에 반듯한 자세로 눕게 한 후 안정된 상태에서 양팔 상완과 양발목에는 센서 커프를, 심장 흉골과 양 손목에는 심음 센서를 부착한 상태에서 혈압 맥파 검사 장비 (VP-1000 Plus; Omron)를 이용하여 동맥경화도를 측정하였다.

1) 상완-발목 간 맥파전달속도 (baPWV)

baPWV는 상완과 발목을 지나는 혈류의 속도를 나타내며 수치가 높을수록 동맥경화의 위험이 높아지는 것으로 알려져 있다 [35]. 본 연구 대상자의 baPWV를 계산하는 방법은 다음과 같으며 자료 분석은 오른쪽과 왼쪽 측정값의 평균값을 이용하였다.

$$\text{baPWV (cm/s)} = \text{혈관 길이/상완과 발목 간 맥파 전달 시간의 차이}$$

2) 상완-발목 간 혈압비 (ABI)

ABI도 PWV와 함께 동맥경화지표로 사용되고 있으며 말초동맥질환의 비침습적 진단법으로 알려져 있다 [16]. ABI는 상완 및 발목의 혈압을 측정하여 발목 수축기 혈압을 상완 수축기 혈압으로 나눈 값으로 수치가 0.9 이하로 낮을수록 하지 말초동맥질환의 위험이 높음을 나타낸다 [36]. ABI 측정도 혈압 맥파 검사 장비 (VP-1000 Plus; Omron)를 이용하였으며 오른쪽과 왼쪽 측정값의 평균을 분석에 이용하였으며, ABI 계산식은 다음과 같다.

$$\text{ABI} = \text{발목 수축기 혈압/상완 수축기 혈압}$$

흡연 실태

설문지를 이용하여 연구원과의 일대일 면담을 통하여 현재의 흡연 상태, 과거의 흡연 여부 및 금연 기간을 조사하였다.

자료 분석

수집된 자료는 IBM SPSS statistics 25.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 정규성 검정을 위하여 Kolmogorov-Smirnov test를 시행하였고, 정규성을 보이지 않는 변수는 log 변환 후 분석하였다. 성별에 따른 신체계측, 혈압, 동맥경화지표 및 각 신체활동에 소비한 시간의 비교와 신체활동군별 신체활동 및 신체활동패턴의 비교는 독립 표본 t-검정 (independent t-test)을 시행하였다. 집단 간 비교는 교차분석을 시행하였고 신체활동과 동맥경화지표와의 관계 분석은 연령, BMI, 혈압 및 흡연량을 보정한 후 편상관분석 (partial correlation)을 시행하였다. 모든 자료에 대하여 양측 검정을 시행하였고 유의수준 5%에서 유의성을 검증하였다.

결과

연구 대상자의 일반적 특성

Table 1에 연구 대상자의 신체 계측, 혈압과 동맥경화지표, BMI 분포 및 흡연 실태를 제시하였다. 평균 연령은 남녀 각각 46.4 ± 11.3세와 49.9 ± 11.0세로 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으나, 신장 및 체중은 남자가 여자에 비해 유의하게 높았다. BMI는 남·녀 각각 24.2 ± 4.1 kg/m²와 23.2 ± 2.7 kg/m²로 남·녀 간의 유의한 차이가 없었으나 체지방률은 여자가 31.8 ± 5.2%로 남자의 22.9 ± 5.8%에 비해 유의하게 높았다 (p < 0.001). 혈압은 수축기와 이완기 모두 남자 (121.7 ± 15.4 mmHg, 79.9 ± 10.1 mmHg)가 여자 (112.9 ± 12.3 mmHg, 74.2 ± 9.8 mmHg)에 비해 유의하게 높았으나 (p < 0.05) 동맥경화지표인 맥파전달속도 (baPWV)와 상완-발목 간 혈압비 (ABI)는 남·녀 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 세계 보건기구 아시아-태평양지역 기

Table 1. Baseline characteristics

Variables	Sex		Total	χ^2
	Male	Female		
Number of subjects	55	32	87	
Age (yrs)	46.4 ± 11.3	49.9 ± 11.0	47.7 ± 11.3	
Height (cm)	171.1 ± 5.8	158.8 ± 5.2***	166.6 ± 8.1	
Body weight (kg)	72.1 ± 9.5	58.5 ± 7.9***	67.1 ± 11.1	
Body mass index (kg/m ²)	24.2 ± 4.1	23.2 ± 2.7	23.8 ± 3.6	
Body fat (%)	22.9 ± 5.8	31.8 ± 5.2***	26.2 ± 7.0	
SBP (mmHg)	121.7 ± 15.4	112.9 ± 12.3**	118.5 ± 14.9	
DBP (mmHg)	79.9 ± 10.1	74.2 ± 9.8*	77.8 ± 10.3	
baPWV (cm/s)	1,302.2 ± 202.4	1,259.7 ± 179.1	1,286.6 ± 194.2	
ABI	1.20 ± 0.08	1.17 ± 0.08	1.19 ± 0.08	
Body mass index category				7.811*
Underweight (BMI < 18.5)	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (2.3)	
Normal weight (18.5 ≤ BMI < 23.0)	14 (25.5)	16 (50.0)	30 (34.5)	
Overweight (23.0 ≤ BMI < 25.0)	14 (25.5)	9 (28.1)	23 (26.4)	
Obese (BMI ≥ 25.0)	25 (45.5)	7 (21.9)	32 (36.8)	
Total	55 (100.0)	32 (100.0)	87 (100.0)	
Smoking status				24.6***
Current	16 (29.6)	0 (0.0)	16 (18.6)	
Former	12 (22.2)	0 (0.0)	12 (14.0)	
Never	26 (48.1)	32 (100.0)	58 (67.4)	
Total	54 (100.0)	32 (100.0)	86 (100.0)	

Values are presented as mean ± SD or number (%). Data were analyzed using independent t-test and χ^2 test. SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; ABI, ankle brachial index; BMI, body mass index. *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

준 [37]에 따라 BMI를 이용하여 비만도를 평가한 결과, 전체적으로 저체중은 2.3%, 정상체중은 34.5%, 과체중은 26.4%, 비만은 36.8%였다. 남자의 정상체중 및 비만 비율은 각각 25.5%와 45.5%로 여자 (각각 50.0%와 21.9%)와는 유의하게 다른 분포를 보였다 (p < 0.05). 흡연 실태를 조사한 결과, 남자의 현재 흡연율은 29.6%인 반면, 여자 중 흡연자는 없었다.

신체활동

3축 가속도계로 측정된 신체활동량과 각각의 신체활동 강도에 따른 소비 시간을 Table 2에 제시하였다. 신체 움직임의 가속도 변화를 측정된 분당 활동 카운트 (CPM)는 325.6 ± 129.8 counts/min였고, 남자 (349.5 ± 146.8 counts/min)가 여자 (284.4 ± 80.5 counts/min)에 비해 유의하게 높았다 (p < 0.001). 한편 좌식 행동에 소비한 시간은 531.1 ± 68.9 min/day로 가속도계 착용 시간의 62.8%에 해당하는 시간 이었고, 저강도 활동에 소비한 시간은 281.4 ± 75.2 min/day

Table 2. Physical activity of subjects

Variables	Sex		Total
	Male	Female	
CPM (counts/min)	349.5 ± 146.8	284.4 ± 80.5**	325.6 ± 129.8
Daily time spent in PA			
Sedentary (min/day)	532.6 ± 75.6 (63.3) ¹⁾	528.6 ± 56.6 (61.9)	531.1 ± 68.9 (62.8)
Light (min/day)	271.5 ± 79.8 (31.9)	298.5 ± 64.0 (34.8)	281.4 ± 75.2 (32.9)
Moderate to vigorous (min/day)	40.6 ± 26.3 (4.8)	28.6 ± 18.0 (3.3)	36.2 ± 24.2 (4.3)

Values are presented as mean ± SD or percentage. Data were analyzed using independent t-test. CPM, counts per minute; PA, physical activity.

¹⁾Percentage of accelerometer wear time.

*p < 0.05, **p < 0.01.

로 32.9%에 해당하였으며 남·녀 간의 유의한 차이는 없었다. 반면 중·고강도 활동에 소비한 시간은 36.2 ± 24.2 min/day로 가속도계 착용 시간의 4.3%였으며 남자가 40.6 ± 26.3 min/day로 여자 (28.6 ± 18.0 min/day)에 비해 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

WHO 신체활동지침 준수율

WHO의 신체활동지침 [1] 준수율은 전체적으로 29.9%였으며 남자는 32.7%였고, 여자는 25.0%였으며 (Fig. 1), 연구 대상자 중 10분 이상의 고강도 활동을 1회 이상 수행한 사람은 단 6명에 불과하였다. 전체 대상자의 연령대별 신체활동 준수율은 40세 미만은 24.0%, 40대 (40-49세)는 22.2%, 50대 (50-59세)는 31.0%, 60대 (60-64세)는 46.7%로 60대의 신체활동 준수율이 가장 높았으나 남녀 모두 연령대별 유의한 차이를 보이지 않았다.

활동군과 비활동군의 신체활동 비교

WHO 신체활동지침 [1] 준수 여부에 따라 분류한 ‘활동군 (Active group)’과 ‘비활동군 (Inactive group)’의 성별에 따른 구성비율을 비교한 결과 여자가 차지하는 비율이 각각 30.8%와 39.3%로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 또한 활동군의 평균 연령은 50.0 ± 12.4 세, 비활동군은 46.7 ± 10.7 세로 두 군간의 유의한 차이는 없었다. 가속도계로 측정된 CPM은 활동군이 460.9 ± 136.9 counts/min로 비활동군 (267.9 ± 71.0 counts/min) 보다 유의하게 높았고 ($p < 0.001$), 좌식 행동에 소비한 시간을 비교하여 보면 활동군은 502.8 ± 67.4 min/day로 비활동군의 543.2 ± 66.4 min/day에 비해 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$). 또한 중·고강도 활동에 소비한 시간은 활동군의 경우, 가속도계 착용 시간의 7.7%에 해당되는 64.3 ± 21.3 min/day 이었으나 비활동군은 단지 2.8%인 24.2 ± 12.7 min/day로 두 군 간에 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 보인 반면 저강도 활동에 소비한 시간에는 유의한 차이가 없었다.

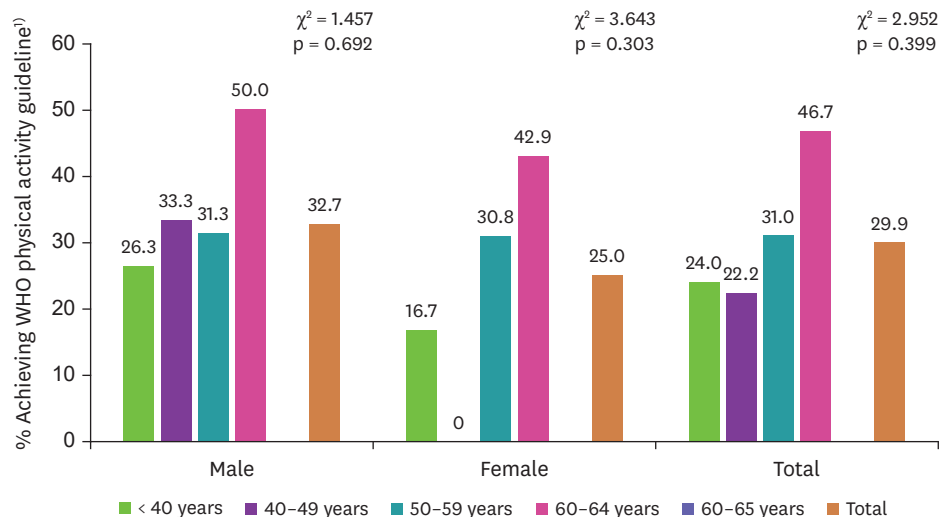


Fig. 1. Achievement of WHO physical activity guideline.

Values are presented as percentage. Data were analyzed using χ^2 test. There was no difference between the age groups.

WHO, World Health Organization.

¹⁾WHO physical activity guideline: Adults should do at least 150 minutes of moderate to vigorous physical activity in of bouts of ≥ 10 minutes per week.

Table 3. Comparison of physical activity between active group and inactive group

Variables	Activity groups	
	Active	Inactive
Number of subjects	26	61
Female (%)	30.8	39.3
Age (yrs)	50.0 ± 12.4	46.7 ± 10.7
CPM (counts/min)	460.9 ± 136.9	267.9 ± 71.0***
Daily time spent in PA		
Sedentary (min/day)	502.8 ± 67.4 (59.6) ¹⁾	543.2 ± 66.4* (64.1)
Light (min/day)	278.2 ± 70.9 (32.7)	282.8 ± 77.4 (33.1)
Moderate to vigorous (min/day)	64.3 ± 21.3 (7.7)	24.2 ± 12.7*** (2.8)

Values are presented as mean ± SD or percentage. Data were analyzed using independent t-test.

CPM, counts per minute; PA, physical activity.

¹⁾Percentage of accelerometer wear time.

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

활동군별 신체활동패턴 분석

활동군과 비활동군의 신체활동패턴은 **Table 4**와 같다. 1일 평균 중·고강도 활동을 10분 이상 지속한 횟수 및 시간을 살펴보면 활동군이 1.88 ± 0.88회와 43.8 ± 16.4분으로 비활동군 (0.39 ± 0.39회, 6.6 ± 6.8분)에 비해 유의하게 높았으나 (p < 0.001), 좌식 행동 패턴은 두군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 1일 평균 중·고강도 활동을 10분 이상 지속한 횟수를 살펴보면 (**Fig. 2**), 활동군은 1회 이상 2회 미만이 50.0% (13명)으로 가장 많았으나 비활동군은 1회 미만이 90.2% (55명)로 가장 많았고 2회 이상 수행한 경우는 없었다 ($\chi^2 = 58.198, p < 0.001$). 한편 좌식 행동을 30분 이상 지속한 1일 평균 횟수를 살펴보면, 활동군은 2회 미만이 38.5% (10명)로 가장 많았고, 비활동군은 2회 이상 3회 미만이 39.3% (24명)로 가장 많았다 ($\chi^2 = 1.194, p = 0.879$).

활동군과 비활동군의 동맥경화지표 비교

동맥경화의 위험 인자인 연령, 체질량지수, 혈압을 보정한 후 활동군과 비활동군의 동맥경화지표를 비교한 결과 (**Table 5**), 활동군의 baPWV는 1,347.4 ± 233.2 cm/s로 비활동군의 1,260.7 ± 170.6 cm/s와 유의한 차이가 없었고 ABI도 활동군 (1.19 ± 0.08)과 비활동군 (1.19 ± 0.09) 간에 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Comparison of physical activity patterns

Variables	Activity groups		Total
	Active	Inactive	
MVPA patterns			
Number of MVPA bouts ¹⁾ 10 min (number/day)	1.88 ± 0.88	0.39 ± 0.39***	0.84 ± 0.90
Time spent in MVPA bouts 10 min (min/day)	43.8 ± 16.4	6.6 ± 6.8***	17.7 ± 20.1
Sedentary behavior patterns			
Number of sedentary bouts 30 min (number/day)	2.52 ± 1.20	2.61 ± 1.12	2.59 ± 1.14
Number of sedentary bouts 40 min (number/day)	1.22 ± 0.75	1.22 ± 0.69	1.22 ± 0.71
Number of sedentary bouts 50 min (number/day)	0.52 ± 0.36	0.53 ± 0.44	0.53 ± 0.42
Number of sedentary bouts 60 min (number/day)	0.12 ± 0.13	0.14 ± 0.19	0.13 ± 0.18
Time spent in sedentary bouts 30 min (min/day)	105.0 ± 51.6	109.2 ± 50.1	108.0 ± 50.3
Time spent in sedentary bouts 40 min (min/day)	61.0 ± 37.6	62.3 ± 36.9	61.9 ± 36.9
Time spent in sedentary bouts 50 min (min/day)	26.9 ± 20.9	31.8 ± 26.9	31.2 ± 25.1
Time spent in sedentary bouts 60 min (min/day)	8.7 ± 9.5	10.5 ± 15.5	10.0 ± 14.0

Values are presented as mean ± SD. Data were analyzed using independent t-test.

MVPA, moderate to vigorous physical activity.

¹⁾A bout was defined as a period of time in continuous physical activity intensity.

***p < 0.001.

신체활동과 동맥경화지표와의 관계

신체활동과 동맥경화지표와의 상관관계를 제시한 Table 6에 따르면, 남자에서는 신체활동 관련 지표와 동맥경화지표 간에 의미 있는 관계가 나타나지 않았다. 그러나 여자에서는 저강도 활동에 소비한 시간과 ABI 간에, 그리고 좌식 행동을 60분 이상 지속한 횟수와 baPWV

Table 5. Comparison of arterial stiffness indicators between active group and inactive group

Variables	Activity groups	
	Active	Inactive
baPWV (cm/s)	1,347.4 ± 233.2	1,260.7 ± 170.6
ABI	1.19 ± 0.08	1.19 ± 0.09

Values are presented as mean ± SD. Data were analyzed using generalized linear models adjusted for age, systolic blood pressure and diastolic blood pressure.
baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; ABI, ankle brachial index.

Table 6. Relationship between physical activity and arterial stiffness indicators

Physical activity	Male		Female		Total	
	baPWV	ABI	baPWV	ABI	baPWV	ABI
Daily time spent in physical activity intensity						
Sedentary (min/day)	0.037	-0.052	0.109	-0.137	0.008	-0.046
Light (min/day)	-0.046	0.206	-0.116	0.396*	-0.090	0.261
Moderate to vigorous (min/day)	0.040	-0.008	0.101	-0.256	0.081	-0.053
Sedentary behavior patterns						
Number of sedentary bouts 30 min (number/day) ³⁾	-0.088	-0.144	0.205	-0.273	0.026	-0.153
Number of sedentary bouts 40 min (number/day)	-0.114	-0.184	0.196	-0.161	0.005	-0.118
Number of sedentary bouts 50 min (number/day)	-0.137	-0.134	0.079	-0.402*	-0.690	-0.162
Number of sedentary bouts 60 min (number/day)	-0.180	0.021	0.504*	-0.287	0.076	-0.049

Values are presented as partial correlation coefficient. Data were analyzed using partial correlation adjusted for age, body mass index, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and smoking.

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; ABI, ankle brachial index.

³⁾Sedentary bouts were defined as periods of at least 30–60 minutes with < 100 counts per minute.

*p < 0.05.

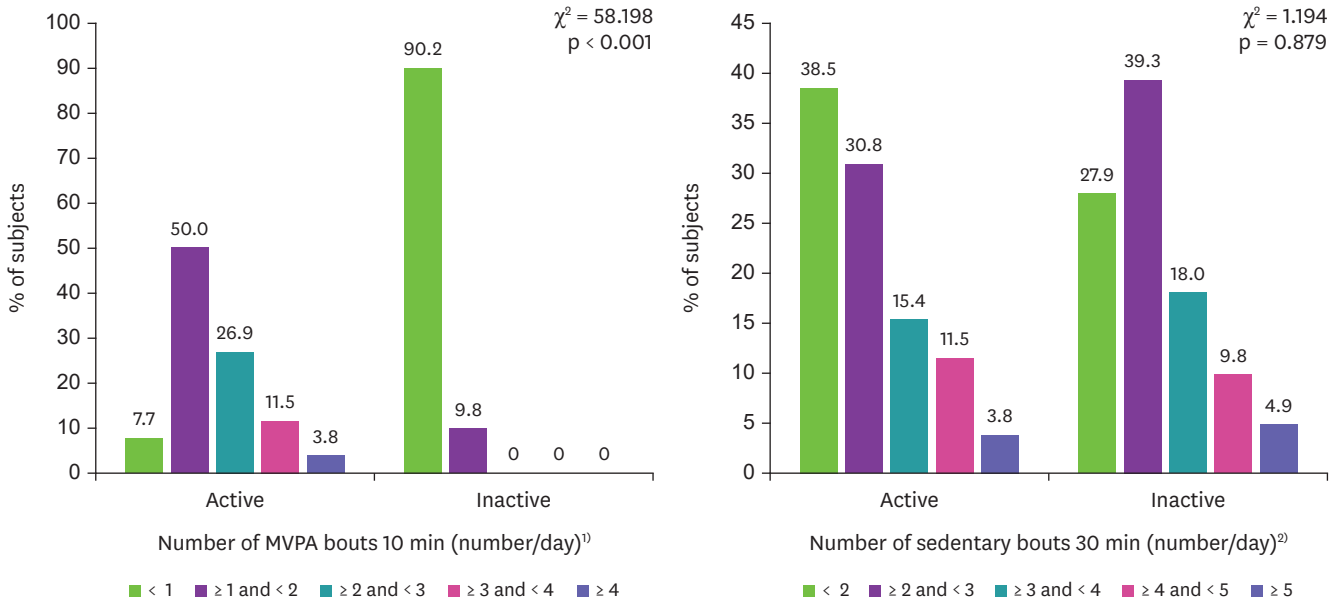


Fig. 2. Physical activity patterns between active group and inactive group.

Values are presented as percentage. Data were analyzed using χ^2 test.

MVPA, moderate to vigorous physical activity.

¹⁾MVPA bouts 10 minutes was defined as periods of at least 10 minutes with $\geq 1,952$ counts per minute, ²⁾Sedentary bouts 30 minutes was defined as periods of at least 30 minutes with < 100 counts per minute.

간에 각각 $r = 0.396$ 와 $r = 0.504$ 의 유의한 양의 상관관계를 보인 반면 ($p < 0.05$), 좌식 행동을 50분 이상 지속한 횟수와 ABI 간에는 유의한 음의 상관관계를 보였다 ($r = -0.402$, $p < 0.05$).

고찰

본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 객관적 신체활동 측정 도구인 3축 가속도계를 이용하여 신체활동량 및 신체활동패턴을 평가하고 동맥경화지표인 상완-발목 간 맥파전달속도 (baPWV) 및 상완-발목 간 혈압비 (ABI)와의 연관성을 알아보려고 하였다.

본 연구 대상자의 평균 연령은 47.7 ± 11.3 세였으며 BMI를 이용하여 평가한 비만율은 36.8% (남자 45.5%, 여자 21.9%)였다. 이는 본 연구와 동일한 비만 진단 기준을 사용한 2020년 국민건강영양조사 [10]에서의 성인 (19-64세) 비만율 38.8% (남자 49.2%, 여자 27.9%)와 비슷한 양상이었고, 남·녀 모두 BMI와 동맥경화지표 간에 의미 있는 상관관계를 보이지 않았다. 본 연구 대상자의 남자 흡연률은 29.6%로 2020년 국민건강영양조사 [10]의 35.9%에 비해 낮았으며 흡연 여부에 따른 동맥경화지표의 유의한 차이는 없었다.

본 연구에서 baPWV는 성별에 따른 유의한 차이가 없었는데, 이러한 결과는 한국인을 대상으로 성별 및 연령에 따른 동맥경화와의 연관성을 조사한 Kim 등 [38]의 연구 결과와 일치하였다. 그러나 남자의 고혈압 유병률이 여자에 비해 유의하게 높은 Choi 등 [39]의 연구에서는 본 연구 결과와 달리 남자가 여자에 비해 baPWV가 높게 나타났다.

또한 본 연구에서 말초동맥질환 지표인 ABI도 남·녀 간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 21-89세의 일본인을 대상으로 한 Ishida 등 [40]의 연구에서는 모든 연령대에서 여자가 남자에 비해 낮게 나타나 본 연구와 다른 결과를 보였다. ABI는 말초동맥질환의 고위험군에서 보다 높은 민감도를 보이는 것으로 알려져 있는데 [41], 본 연구 대상자는 건강한 성인으로 모두 정상 범위의 ABI를 보였기 때문에 남·녀 간에 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

3축 가속도계를 이용하여 신체활동을 측정된 결과, CPM 및 중·고강도 활동에 소비한 시간은 남자가 여자에 비해 유의하게 높았고, 좌식 행동 및 저강도 활동에 소비한 시간은 남·녀 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 좌식 행동에 소비한 시간은 531.1 min/day (남자 532.6 min/day, 여자 528.6 min/day)로 2014-2015년 국민건강영양조사의 가속도계 자료를 분석한 Lim 등 [42]이 보고한 결과 (남자 502.9 min/day, 여자 498.9 min/day)에 비해 남·녀 모두 30분 가량 많았다. 중·고강도 활동에 소비한 시간은 36.2 min/day (남자 40.6 min/day, 여자 28.6 min/day)로 Lim 등 [42]의 결과 (남자 40.6 min/day, 여자 31.1 min/day)와 비슷한 양상이었다.

본 연구 대상자의 가속도계로 측정된 WHO 신체활동지침 준수율은 29.9% (남자 32.7%, 여자 25.0%)로 자가기록법인 GPAQ 설문지를 이용하여 신체활동을 평가한 2020년 국민건강영양조사 [10]에서의 성인 (19-64세) 유산소 신체활동 실천율 46.1% (남자 48.8%, 여자 43.9%)에 비해 낮았다. 2014-2015년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 WHO 신체활동지침 준수율을 보고한 Lim 등 [42]의 연구에서도 가속도계로 평가한 준수율은 21.4%로 GPAQ을 이용하여 평가한 준수율 (55.6%)에 비하여 낮게 보고된 바 있어 측정 도구의 차이에 의한 것으로 생각된다.

한편, 본 연구와 Lim 등 [42]이 보고한 중·고강도 활동에 소비한 시간이 비슷하였음에도 불구하고 Lim 등 [42]의 WHO 신체활동지침 준수율은 21.4%로 본 연구 결과 (29.9%)에 비해 낮게 나타났다. 이는 중·고강도 활동에 소비한 시간 중 10분 이상 지속한 비율이 본 연구에서는 남녀 모두 49.0%였던 반면 Lim 등 [42]의 연구에서는 남자 40.4%, 여자 45.7%인 것으로 나타나 중·고강도 활동을 10분 이상 지속하는 비율이 본 연구에서 더 높았기 때문인 것으로 여겨진다. 따라서 신체활동량이 동일한 경우, 중·고강도 활동을 짧게 자주 시행하는 것보다 1회에 10분 이상 길게 지속하는 것이 건강상 이점이 있음 [33]을 인지시키기 위한 교육이 필요할 것으로 사료된다.

활동군과 비활동군의 중·고강도 활동에 소비한 시간을 살펴보면, 활동군은 가속도계 착용 시간의 7.7%를 소비한 반면, 비활동군은 단지 2.8%만 소비하였다. WHO 신체활동지침 [1]에서는 10분 이상 지속된 중·고강도 활동을 일주일 동안 150분 이상 시행할 것을 권장하고 있다. 이에 본 연구 대상자의 중·고강도 활동에 소비한 시간 중 10분 이상 지속한 시간을 살펴보면, 활동군은 1일 평균 43.8분으로 총 소비한 시간 (64.3분)의 68.1%인 반면, 비활동군은 6.6분으로 총 소비한 시간 (24.2분)의 27.2%에 불과하였다. 본 연구 결과, 이러한 비활동군이 전체 연구 대상자의 약 70%를 차지하고 있어 이들의 신체활동을 증가시키기 위한 방안이 필요할 것으로 생각된다.

신체활동과 동맥경화지표인 baPWV와의 관계를 살펴보면, 남녀 모두 각각의 신체활동강도에 소비한 시간과 baPWV 간에 의미 있는 상관관계가 나타나지 않았다. 18-23세의 건강한 여자를 대상으로 한 우리나라 연구 [21]에서도 각각의 신체 활동 강도에 따른 소비 시간과 cPWV 간에 의미 있는 상관관계가 나타나지 않아 본 연구 결과와 일치하였다. 반면 25-80세의 고혈압 환자를 대상으로 한 O'Donovan 등 [18]의 연구에서는 좌식 행동에 소비한 시간과 cPWV 간에는 양의 상관관계가 나타났고, 저강도 및 중강도 활동에 소비한 시간과는 음의 상관관계가 나타났다. 또한 20-80세의 스페인인 (고혈압 환자의 비율이 39.9%)을 대상으로 한 Gomez-Marcos 등 [19]의 연구에서도 좌식 행동과 저강도 활동에 소비한 시간은 cPWV와 양의 상관관계를 보였으므로 고혈압의 병력과 baPWV 간에 관련이 있는 것으로 생각된다. 반면 여자에서는 좌식 행동을 60분 이상 지속한 횟수와 baPWV 간에 양의 상관관계가 나타났다. 40-75세의 네덜란드인을 대상으로 한 van der Berg의 연구 [43]에서는 좌식 행동을 60분 이상 지속한 횟수와 cPWV 간에 의미 있는 상관관계가 나타나지 않았는데, van der Berg의 연구 [43]에는 당뇨병 환자가 28.6% 포함되어 있었으며 남녀의 결과가 구분되어 있지 않아 이의 차이에 의한 것으로 생각된다.

말초동맥질환 지표인 ABI도 남자에서는 신체활동과 의미 있는 상관관계가 나타나지 않았다. 반면 여자에서는 좌식 행동을 50분 이상 지속한 횟수와 ABI 간에 음의 상관관계를 보여 좌식 행동을 50분 이상 지속한 횟수가 많을수록 하지 말초동맥질환의 위험이 높은 것으로 나타났다. 저강도 활동과 ABI 간에는 양의 상관관계가 나타나 저강도 활동이 많을수록 하지 말초동맥질환의 위험이 낮은 것으로 나타났다. 49세 이상의 스페인 성인 3,786명을 대상으로 자기 기록법을 이용하여 신체활동을 평가한 연구 [23]에서도 남자에서는 신체활동과 ABI 간에 통계적으로 의미 있는 관계가 나타나지 않았으나 여자에서는 걷기 활동을 일주일 동안 7시간 이상 시행하면 하지 말초동맥질환의 위험이 낮은 것으로 나타나 본 연구 결과와 비슷한 양상을 보였다. 반면 평균 연령 78세의 남자를 대상으로 가속도계로 측정된 신체활동과 ABI와의

관계를 조사한 Parsons 등 [24]에 따르면 저강도 활동과 중·고강도 활동에 소비한 시간이 많을수록, 좌식 행동에 소비한 시간이 적을수록 말초동맥질환의 위험이 낮은 것으로 나타나 본 연구와 다른 양상을 보였다. 따라서 신체활동과 동맥경화지표와의 관계를 보다 명확히 규명하기 위해서는 식사 습관, 음주 등 동맥경화지표에 영향을 미칠 수 있는 요인들이 포함된 대규모의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 신체활동과 동맥경화지표와의 관계를 살펴본 결과에 따르면, 성인 여자에 있어서 좌식 행동을 50분 이상 지속하는 것이 동맥경화 및 하지 말초동맥질환의 위험을 증가시키는 것으로 나타났으며, 좌식행동보다는 저강도 활동이라 할지라도 이에 소비한 시간이 많을수록 하지 말초동맥질환의 위험이 낮은 것으로 나타났다. 그러므로 동맥경화 및 하지 말초동맥질환의 예방을 위해서는 좌식 행동의 지속을 끊어주는 것이 도움이 될 수 있다. 좌식 행동을 끊는다는 것은 좌식 행동 중간에 다른 신체활동(저·중·고강도 활동)을 수행함으로써 좌식 행동의 지속이 단절되는 것을 의미하는데 [44], 좌식 행동을 하는 중에 중·고강도 활동을 시행하는 것이 어렵기 때문에 좌식 행동의 중단은 대부분 저강도 활동을 통하여 이루어진다 [45]. 따라서 일상생활 중 저강도 활동을 통하여 좌식 행동의 지속을 끊어주는 것이 필요할 것으로 사료된다.

동맥경화의 진행에 있어서 시간이 소요됨을 고려할 때 본 연구에서 최근 일주일간의 신체활동 평가를 통하여 동맥경화지표와의 관계를 규명하고자 한 것과 동맥경화에 영향을 미치는 식사 요인이 고려되지 않았음이 제한점이 될 수 있다. 이에 신체활동뿐 아니라 식품 및 영양 섭취 현황, 음주 행태 등 동맥경화와 관련된 요인들이 포함된 연구가 필요하리라 본다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 한국인을 대상으로 특정 연령층이 아닌 다양한 연령대의 건강한 성인 남·녀를 대상으로 설문지 등을 이용하는 자가기록법이 아닌 객관적인 측정 도구인 3축 가속도계를 일주일간 착용한 결과를 바탕으로 신체활동수준을 평가하고 신체활동패턴을 분석하였음에 그 의미가 있다고 할 수 있다. 또한 성인 여자에 있어 신체활동 관련 지표와 동맥경화지표 간에 상관관계가 나타난바 건강 증진 및 질병 예방에 있어서 신체활동의 긍정적 영향에 대한 근거자료를 제시하였다. 따라서 본 연구결과는 신체활동을 증가시키기 위한 생활 환경의 조성 및 신체활동 프로그램 개발을 위한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

요약

본 연구에서는 심혈관 질환의 위험 인자인 고혈압, 이상지질혈증 및 당뇨병이 없는 건강한 성인 남·녀를 대상으로 3축 가속도계를 이용하여 일주일간의 평소 신체활동량을 평가하고 동맥경화지표와의 연관성을 알아보려고 하였다. 가속도계를 이용한 신체활동 측정 결과, WHO 신체활동지침 준수율은 29.9%, 좌식 행동에 소비한 시간은 531.1 min/day, 저강도 활동에 소비한 시간은 281.4 min/day, 중·고강도 활동에 소비한 시간은 36.2 min/day 이었다. 활동 수준이 다른 두 군의 신체활동을 비교한 결과, CPM, 중·고강도 활동에 소비한 시간, 중·고강도 활동을 10분 이상 지속한 횟수 및 시간은 활동군이 비활동군에 비해 유의하게 높았다. 좌식 행동에 소비한 시간은 활동군이 비활동군에 비해 유의하게 낮은 반면 좌식 행동 패턴 및 baPWV와 ABI는 두 군 간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 여자에서는 좌식 행동을 60분 이상 지속하는 횟수와 baPWV 간에 양의 상관관계가 나타났으며 좌식 행동을 50분 이상 지속하는

횡수와 ABI 간에 음의 상관관계를 보였고, 저강도 활동에 소비한 시간과 ABI 간에는 양의 상관관계를 보였다. 이는 좌식 행동을 50분 이상 지속하는 횡수가 많을수록 동맥경화 및 말초 동맥질환의 위험이 높고 저강도 활동에 소비한 시간이 많을수록 말초동맥질환의 위험이 낮음을 보여주었다. 향후 동맥경화 예방을 위한 지침 마련을 위해 다양한 연령대의 건강한 성인을 대상으로 신체활동과 함께 식품 및 영양섭취 현황, 식사 패턴, 음주 형태 등 동맥경화와 관련된 요인들이 포함된 연구의 필요성을 제안하는 바이다.

REFERENCES

- Martinez-Lacoba R, Pardo-Garcia I, Amo-Saus E, Escribano-Sotos F. Mediterranean diet and health outcomes: a systematic meta-review. *Eur J Public Health* 2018; 28(5): 955-961.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Chiavaroli L, Viguiliouk E, Nishi SK, Blanco Mejia S, Rahelić D, Kahleová H, et al. DASH dietary pattern and cardiometabolic outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients* 2019; 11(2): 338-365.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Luis Grieria J, María Manzanares J, Barbany M, Contreras J, Amigó P, Salas-Salvadó J. Physical activity, energy balance and obesity. *Public Health Nutr* 2007; 10(10A): 1194-1199.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Geneva: World Health Organization; 2020.
- Autenrieth CS, Baumert J, Baumeister SE, Fischer B, Peters A, Döring A, et al. Association between domains of physical activity and all-cause, cardiovascular and cancer mortality. *Eur J Epidemiol* 2011; 26(2): 91-99.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Sattelmair J, Pertman J, Ding EL, Kohl HW 3rd, Haskell W, Lee IM. Dose response between physical activity and risk of coronary heart disease: a meta-analysis. *Circulation* 2011; 124(7): 789-795.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Biswas A, Oh PI, Faulkner GE, Bajaj RR, Silver MA, Mitchell MS, et al. Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2015; 162(2): 123-132.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- de Rezende LF, Rodrigues Lopes M, Rey-López JP, Matsudo VK, Luiz OC. Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PLoS One* 2014; 9(8): e105620.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2014: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-2). Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2015.
- Ministry of Health and Welfare, Korea Disease Control and Prevention Agency. Korea Health Statistics 2020: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII-2). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.
- Welk GJ. Physical activity assessments for health-related research. Champaign (IL): Human Kinetics; 2002.
- World Health Organization. Global health estimates 2016: deaths by cause, age, sex, by country and by region, 2000–2016. Geneva: World Health Organization; 2018.
- Korea S. Life tables for Korea [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2020 [cited 2021 Sep 28]. Available from: <http://kostat.go.kr/>.
- Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55(13): 1318-1327.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
- Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006; 27(21): 2588-2605.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

16. Carter SA. Indirect systolic pressures and pulse waves in arterial occlusive diseases of the lower extremities. *Circulation* 1968; 37(4): 624-637.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
17. Korean Vascular Research Working Group. *Clinical angiology*. 1st rev. Seoul: Korean Vascular Research Working Group; 2009. p.109-124.
18. O'Donovan C, Lithander FE, Raftery T, Gormley J, Mahmud A, Hussey J. Inverse relationship between physical activity and arterial stiffness in adults with hypertension. *J Phys Act Health* 2014; 11(2): 272-277.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
19. Gomez-Marcos MA, Recio-Rodríguez JJ, Patino-Alonso MC, Agudo-Conde C, Lasasa-Medina L, Rodriguez-Sanchez E, et al. Relationship between objectively measured physical activity and vascular structure and function in adults. *Atherosclerosis* 2014; 234(2): 366-372.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
20. Jang DG, Shin S, Park SH. Relationship between Korean undergraduate students' arterial stiffness and their continuous physical activity and sitting scores. *Korean J Phys Educ* 2013; 52(6): 477-486.
21. Lee R, Kang Y, Hwang MH. The relationship between physical activity level and arterial stiffness in young female adults. *Exerc Sci* 2019; 28(3): 232-239.
22. Lee HJ, Gwak JY, Jun HY, Kim EK. Relationship between arterial stiffness and physical activity level assessed by International Physical Activity Questionnaire-short form (IPAQ-SF) in the elderly. *Korean J Community Nutr* 2020; 25(3): 236-245.
[CROSSREF](#)
23. Alzamora MT, Forés R, Baena-Diez JM, Pera G, Toran P, Sorribes M, et al. The peripheral arterial disease study (PERART/ARTPER): prevalence and risk factors in the general population. *BMC Public Health* 2010; 10(1): 38-49.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
24. Parsons TJ, Sartini C, Ellins EA, Halcox JP, Smith KE, Ash S, et al. Objectively measured physical activity and sedentary behaviour and ankle brachial index: cross-sectional and longitudinal associations in older men. *Atherosclerosis* 2016; 247: 28-34.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
25. Koshiha H, Maeshima E. Effects of exercise intervention on arterial stiffness in middle-aged and older females: evaluation by measuring brachial-ankle pulse wave velocity and cardio-ankle vascular index. *J Phys Ther Sci* 2019; 31(1): 88-92.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
26. Deiseroth A, Streese L, Köchli S, Wüst RS, Infanger D, Schmidt-Trucksäss A, et al. Exercise and arterial stiffness in the elderly: a combined cross-sectional and randomized controlled trial (EXAMIN AGE). *Front Physiol* 2019; 10: 1119.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
27. Lee SM, Kim SB, Yoon JH. Effects of combined exercise program on blood inflammatory markers, vascular endothelial growth factor and arterial stiffness in obese middle aged women. *Korean J Growth Dev* 2013; 21(2): 91-99.
28. Lee KW, Kim KR, Lee JS. The effects of 12-week combined exercise program on body composition, pulse wave velocity, blood nitric oxide and lipids in middle-aged women with pre-hypertension. *J Sport Leis Stud* 2014; 58(2): 923-934.
[CROSSREF](#)
29. Endes S, Schaffner E, Caviezel S, Dratva J, Autenrieth CS, Wanner M, et al. Long-term physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults: longitudinal results of the SAPALDIA cohort study. *Age Ageing* 2016; 45(1): 110-115.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
30. Ahmadi-Abhari S, Sabia S, Shipley MJ, Kivimäki M, Singh-Manoux A, Tabak A, et al. Physical activity, sedentary behavior, and long-term changes in aortic stiffness: the Whitehall II study. *J Am Heart Assoc* 2017; 6(8): e005974.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
31. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40(1): 181-188.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
32. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(5): 777-781.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)

33. Machida M, Takamiya T, Fukushima N, Odagiri Y, Kikuchi H, Amagasa S, et al. Bout length-specific physical activity and adherence to physical activity recommendations among Japanese adults. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(11): 1991.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
34. Peddie MC, Bone JL, Rehner NJ, Skeaff CM, Gray AR, Perry TL. Breaking prolonged sitting reduces postprandial glycemia in healthy, normal-weight adults: a randomized crossover trial. *Am J Clin Nutr* 2013; 98(2): 358-366.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
35. Shin JW, Seok SJ, Lee GH, Choi SC, Hyun KY. Correlation between arterial stiffness and physiological parameters. *Korean J Health Serv Manag* 2013; 7(3): 71-82.
[CROSSREF](#)
36. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012; 126(24): 2890-2909.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
37. World Health Organization, Regional Office for the Western Pacific. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Sydney: Health Communications Australia 2000; 2000.
38. Kim HL, Lim WH, Seo JB, Chung WY, Kim SH, Kim MA, et al. Association between arterial stiffness and left ventricular diastolic function in relation to gender and age. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(1): e5783.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
39. Choi HS, Cho YH, Lee SY, Park EJ, Kim YJ, Lee JG, et al. Association between new anthropometric parameters and arterial stiffness based on brachial-ankle pulse wave velocity. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2019; 12: 1727-1733.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
40. Ishida A, Miyagi M, Kinjo K, Ohya Y. Age- and sex-related effects on ankle-brachial index in a screened cohort of Japanese: the Okinawa Peripheral Arterial Disease Study (OPADS). *Eur J Prev Cardiol* 2014; 21(6): 712-718.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
41. Doobay AV, Anand SS. Sensitivity and specificity of the ankle-brachial index to predict future cardiovascular outcomes: a systematic review. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005; 25(7): 1463-1469.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
42. Lim JJ, Sung HY, Lee O, Kim YS. Physical activity in South Korea measured by accelerometer: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey VI 2014-2015. *Korean J Sport Sci* 2020; 31(2): 169-179.
[CROSSREF](#)
43. van der Berg JD. Sedentary behavior and cardio-metabolic health: a study into the hazards of sitting too much [dissertation]. Maastricht: Maastricht University; 2016.
44. Chastin SF, Egerton T, Leask C, Stamatakis E. Meta-analysis of the relationship between breaks in sedentary behavior and cardiometabolic health. *Obesity (Silver Spring)* 2015; 23(9): 1800-1810.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)
45. van der Ploeg HP, Hillsdon M. Is sedentary behaviour just physical inactivity by another name? *Int J Behav Nutr Phys Act* 2017; 14(1): 142-149.
[PUBMED](#) | [CROSSREF](#)