

한국 성인과 노인의 신체활동과 대사증후군의 연관성: 국민건강영양조사 2014-2017 가속도계 자료를 이용하여

임정준¹ PhD, 김준식² PhD, 김연수^{1,3} PhD, MD

¹서울대학교 체육교육과, ²백석대학교 특수체육교육과, ³서울대학교 스포츠과학 연구소

Association between Physical Activity and Metabolic Syndrome in Korean Adults and Older Adults: Using Accelerometer Data from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2014-2017

Jungjun Lim¹ PhD, Joon-Sik Kim² PhD, Yeonsoo Kim^{1,3} PhD, MD

¹Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul; ²Department of Adapted physical Education, Baekseok University, Cheonan; ³Institute of Sport Science, Seoul National University, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to examine the association between objectively measured physical activity and metabolic syndrome in Korean adults and older adults.

METHODS: A total of 2,191 adults and older adults from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey from 2014 to 2017 were analyzed. Participants were categorized into three groups ('Inactive', 'Active', 'Highly active') according to physical activity guidelines. A chi-square test was performed to confirm whether the physical activity guidelines were met according to metabolic syndrome and the difference between metabolic syndrome according to age group. Logistic regression was used to predict the relationship between physical activity and metabolic syndrome.

RESULTS: The prevalence of metabolic syndrome differed according to whether physical activity guidelines were met in older adults, and the prevalence of metabolic syndrome and its risk factors varied according to age group. Compared to the Inactive group, the odds ratios (OR) for metabolic syndrome were 0.73 (95% confidence interval [CI]: 0.56-0.95) and 0.65 (95% CI: 0.47-0.88) in adults in the Active and Highly active groups, respectively; and 0.46 (95% CI: 0.28-0.78) and 0.39 (95% CI: 0.22-0.69) in older adults in the Active and Highly active groups, respectively.

CONCLUSIONS: As the level of physical activity increased, the OR of having metabolic syndrome and its risk factors decreased: this relationship was stronger in older adults than in adults. Therefore, physical activity guidelines should be met to prevent and manage metabolic syndrome.

Key words: Physical activity, Metabolic syndrome, Accelerometer, KNHANES

서 론

대사증후군은 심혈관질환 및 제2형 당뇨병과 관련이 있는 위험요인의 집합체이다[1]. 대사증후군에 속할 경우 관상동맥질환과 뇌혈관 질환

의 위험성을 2.5배 증가시킬 뿐만 아니라 전인적 사망률(all-cause mortality)을 1.5배 증가시키는 것으로 나타났다[2]. National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III)에 따르면 고혈압, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백콜레스테롤(HDL-C),

Corresponding author: Yeonsoo Kim **Tel** +82-2-880-7794 **Fax** +82-2-881-7794 **E-mail** kys0101@snu.ac.kr

Keywords 신체활동, 대사증후군, 가속도계, 국민건강영양조사

Received 31 Jul 2022 **Revised** 22 Aug 2022 **Accepted** 23 Aug 2022

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

복부비만, 그리고 고혈당의 5가지 위험요인 중 3개 이상 해당될 경우 대사증후군으로 정의하고 있다[3]. 선행연구에 따르면 대사증후군은 신체활동 부족, 과도한 식습관, 음주, 흡연 등 생활 습관과 가족력, 노화를 포함하여 다양한 원인으로 인해 발생할 수 있다[4,5].

지속된 좌식행동과 부적절한 식습관으로 인한 비만 인구의 증가뿐만 아니라 노인 인구의 증가는 대사증후군의 유병률을 세계적으로 증가시키고 있는 추세이다[3,6]. 미국의 국가 통계인 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 자료를 활용하여 미국 성인의 대사증후군 유병률을 조사한 연구에 따르면, 1988-1994년 사이 대사증후군의 유병률은 25.3%에서 2007-2012년 사이 34.2%로 조사되어 약 35% 증가된 것으로 나타났다[7]. 또한 성인은 약 35%, 노인은 46.7%가 대사증후군에 포함되어 연령이 증가할수록 대사증후군 유병률이 증가하는 것으로 나타났다[8]. 이러한 변화는 한국에서도 유사하게 발생되었다. 2007년부터 2018년까지 한국 성인과 노인을 대상으로 대사증후군 유병률 추이를 분석한 Huh et al. [9]에 따르면, 2007년부터 2014년도까지는 대사증후군의 유병률은 일정 수준 유지되었으나 2015년도부터 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났다. 그뿐만 아니라 성인의 유병률은 23%로 나타났으나 노인의 경우 50%로 조사되어 연령에 따라 유병률의 차이가 있음을 보고하였다. 이러한 유병률의 패턴은 한국 성인과 노인의 비만 유병률과 유사하게 변화하고 있기 때문에 보다 적극적인 생활습관 증대 방법이 필요함을 시사한다.

규칙적인 신체활동 참여는 대사증후군을 예방하거나 위험요인을 줄일 수 있는 효과적인 방법이다. 5,580명의 성인과 노인을 대상으로 가속도계를 측정된 신체활동과 대사증후군의 연관성을 확인한 미국의 NHANES의 연구에 따르면, 주당 150분 이상의 중-고강도 신체활동 지침을 달성한 그룹에 비해 신체활동 지침을 달성하지 못한 남성과 여성의 대사증후군 유병 위험은 각각 2.5배, 4.4배 증가한 것으로 나타났다[10]. 또한 425명의 노인을 대상으로 가속도계를 측정된 신체활동과 심혈관대사(cardio-metabolic)의 위험요인의 관계를 분석한 결과, 중-고강도 신체활동이 증가할수록 허리둘레, 수축기 혈압, 혈당, 그리고 HDL-C에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 나타났다[11].

국민건강영양조사는 대한민국 국민의 건강행태와 만성질환의 유병을 현황에 관한 정보를 획득하기 위해 매년 실시되고 있는 국가 통계이며, 설문지를 활용하여 신체활동을 조사하고 있다. 하지만 설문지의 경우 주관적이며, 자신의 기억에 의존하여 응답을 해야 하기 때문에 사회적 바람직성(social desirability)과 회상편향(recall bias)의 문제점이 발생할 수 있다[12]. 반면에 신체활동을 객관적으로 측정할 수 있는 가속도계는 대상자의 모든 움직임을 측정하기 때문에 설문지보다 정확하며, 사회적 바람직성 및 회상의 오류를 보완해 줄 수 있다[13]. 따라서 설문지의 단점을 보완하기 위해 국민건강영양조사는 객관적 측정 도구인 가속도계를 활용하여 2014-2017년도 성인과 노인의 신체활동

을 측정하였다. 하지만 현재까지 가속도계를 활용하여 신체활동과 대사증후군의 연관성을 분석한 연구는 부족한 실정이며, 특히 노인 인구의 대사증후군 유병률이 매우 높음에도 불구하고 노인 인구 집단을 포함한 연구는 진행되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 객관적으로 측정된 한국 성인과 노인의 신체활동과 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 연관성을 확인하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 2014-2017년도 국민건강영양조사 전체 참여자 중 가속도계 착용에 동의한 2,927명(성인 2,436명, 노인 491명)이다. 연구 대상자 중 가속도계를 분실하거나 착용하지 않은 자, 그리고 기기의 고장으로 인해 110명, 가속도계 원시자료 분석을 위해 적어도 하루에 10시간 및 주 4일 이상의 자료가 누락되지 않는 인원 546명을 제외하였다. 또한 연령, 교육수준, 가구소득, 흡연, 음주, 가속도계 착용시간 등 공변인에 결측값이 있는 10명과 대사증후군을 진단하는 요소인 혈압, 중성지방, 허리둘레, 공복혈당, HDL-C 지표에 결측값이 있는 69명을 제외하여 최종적으로 2,191명을 대상으로 자료를 분석하였다. 연구 대상자의 특성은 Table 1과 같다.

2. 측정 변인

1) 가속도계 신체활동 자료

신체활동은 GT3X+ (ActiGraph, Pensacola, FL, USA)의 가속도계 기기를 활용하여 측정되었다. 국민건강영양조사에서는 가속도계는 연구 대상자에게 제공된 다음날 자정부터 일주일 동안 샤워 또는 수영과 같은 수중에서의 활동과 수면 시간을 제외하고, 가능한 모든 신체활동을 측정할 수 있도록 착용을 권고하였다. 가속도계로 측정된 신체활동 원시자료는 자료의 요약 주기(epoch), 신체활동 강도수의 절단점(intensity count cutoff point), 가속도계 착용 또는 미착용 시간 판정 알고리즘, 그리고 최소 착용 시간에 관한 기준 등 자료 처리 방법이 매우 다양하다. 따라서 본 연구에서는 국민건강영양조사의 가속도계 원시자료를 분석함에 있어 가장 적합한 기준으로 소개된 선행 연구의 기준에 따라 자료 분석을 실시하였다[14].

가속도계로 측정된 연구 대상자의 신체활동 원시자료는 1분의 주기(epoch)로 누적되어 강도수(count per minute, CPM)로 산출되었다. 자료 분석은 Troiano et al. [15]의 기준에 따라 CPM이 0인 상태로 1시간 이상 지속되었을 경우 가속도계를 미착용한 것으로 판단하였으며, 하루 10시간 이상 주 4일 이상의 자료가 누락되어야 유효한 것으로 판단하였다. 또한 신체활동의 강도를 구분하기 위해 CPM이 2,020 이상일

Table 1. Characteristics of participants

| Characteristic | Total (n=2,191) | Adults (n=1,811) | Older adults (n=380) | p-value |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------|
| Age (yr) | 48.9 (0.3) | 44.2 (0.29) | 71.5 (0.2) | <.001 |
| MetS Risk Factors | | | | |
| SBP (mmHg) | 114.4 (0.4) | 114.3 (0.3) | 128.2 (0.9) | <.001 |
| DBP (mmHg) | 74.9 (0.2) | 75.0 (0.2) | 72.7 (0.5) | <.001 |
| GLU (mg/dL) | 97.4 (0.5) | 97.7 (0.5) | 107.1 (1.4) | <.001 |
| WC (cm) | 80.0 (0.2) | 80.1 (0.2) | 84.9 (0.4) | <.001 |
| TG (mg/dL) | 124.8 (2.6) | 126.7 (2.8) | 128.5 (3.8) | .779 |
| HDL-C (mg/dL) | 52.3 (0.3) | 52.3 (0.2) | 49.1 (0.5) | <.001 |
| Educational level (%) | | | | |
| <Elementary School | 324 (14.7) | 146 (8.0) | 178 (46.8) | <.001 |
| <Middle School | 226 (10.3) | 167 (9.2) | 59 (15.5) | |
| <High School | 808 (36.8) | 714 (39.4) | 94 (24.7) | |
| >Undergraduate | 833 (38.0) | 784 (43.2) | 49 (12.8) | |
| Family income (%) | | | | |
| <25th | 273 (12.4) | 133 (7.3) | 140 (36.8) | <.001 |
| 25-50th | 605 (27.6) | 474 (26.1) | 131 (34.4) | |
| 50-75th | 673 (30.7) | 610 (33.6) | 63 (16.5) | |
| 75-100th | 640 (29.2) | 594 (32.8) | 46 (12.1) | |
| Smoking[†] (%) | | | | |
| Never | 1,477 (67.4) | 1,237 (68.3) | 240 (63.2) | <.001 |
| Former | 450 (20.5) | 332 (18.3) | 118 (31.0) | |
| Current | 264 (12.0) | 242 (13.3) | 22 (5.8) | |
| Alcohol* (%) | | | | |
| Never | 576 (26.2) | 421 (23.2) | 155 (40.8) | <.001 |
| Once a week | 1,204 (54.9) | 1,047 (57.8) | 157 (41.3) | |
| 2-3 times/week | 300 (13.6) | 254 (14.0) | 46 (12.1) | |
| ≥4 times/week | 111 (5.0) | 89 (4.9) | 22 (5.8) | |
| Accelerometer | | | | |
| wear-time (h/d) | 14.0 (0.0) | 14.0 (0.0) | 14.3 (0.1) | <.001 |

Values are mean (standard error) or number (%).

MetS, metabolic syndrome; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; GLU, glucose; WC, waist circumference; TG, triglyceride; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol.

p values were calculated using t-test for continuous variables and chi-square test for categorical variables.

경우 중-고강도 신체활동으로 구분하였다.

2) 대사증후군 진단 지표

대사증후군 진단 지표는 NCEP-ATP III의 기준에 따라 복부비만, 고혈압, 고중성지방혈증, 낮은 HDL-C, 고혈당 등 5가지 요인 중 3가지 이상 포함될 경우 대사증후군으로 판정하였다[5]. 복부비만의 판정 기준은 허리둘레가 남성 90 cm 이상, 여성 80 cm 이상, 고혈압은 수축기 혈압 130 mm Hg 이상, 이완기 혈압 ≥85 mm Hg 이상 또는 치료제 복용, 고중성지방혈증은 중성지방이 150 mg/dL 이상, 낮은 HDL-C는 남성 40 mg/dL 미만, 여성 <50 mg/dL 미만, 고혈당은 공복혈당이 100 mg/dL 이상 또는 치료제 복용으로 정의하였다.

3) 공변인

가속도계로 측정된 신체활동과 대사증후군의 독립적인 연관성을 확인하기 위해 선행 연구를 참고하여 연령, 교육수준, 가구소득, 흡연, 음주, 가속도계 착용 시간을 공변인으로 사용하였다[16,17]. 연령과 가속도계 착용 시간은 연속변인으로 활용하였다. 교육수준은 초등학교 졸업 이하, 중학교 졸업 이하, 고등학교 졸업 이하, 대학교 졸업 이상으로 구분하였고, 가구소득은 한 달 평균 가구소득을 사분위수로 범주화하여 사용하였다. 또한 흡연은 비흡연, 과거 흡연, 그리고 현재 흡연으로 구분하였으며, 음주의 경우 평생 지난 일 년간 비음주, 주 1회 음주, 주 2-3회 음주, 주 4회 이상 음주로 활용하였다.

3. 자료처리방법

대상자의 특징을 나타내기 위해 기술통계를 활용하여 연속 변인은 평균과 표준오차, 비연속변인의 경우 해당하는 범주에 따라 인원수와 비율(%)을 구하였으며, 연령에 따른 차이를 확인하기 위해 독립표본 t 검정과 카이제곱 검정을 실시하였다. 또한 대사증후군 유무에 따른 신체활동 지침 달성 여부와 연령에 따른 대사증후군과 그 위험요인 유무의 차이를 확인하게 위해 카이제곱 검정을 실시하였다. 미국인을 위한 신체활동 지침 2편을 참고하여 주당 중-고강도 신체활동은 150분 미만인 경우 'Inactive', 150분 이상 300분 미만인 경우 'Active', 300분 이상일 경우 'Highly active'로 정의하였다[18].

주당 중-고강도 신체활동 수준에 따른 대사증후군과 그 위험요인과의 연관성을 파악하기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하여 승산비(odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 산출하였다. 신체활동 수준은 비활동군과의 비교를 위해 'inactive'를 참조(reference)그룹으로 정의하였다. 가속도계 원시자료 요약 및 재구성은 SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, NC)를 활용하였으며, 모든 자료처리 및 통계분석은 SE (STATA) 12.0 (StataCorp., College Station, Tx)를 이용하였다. 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 대상자 특성

연구 대상자의 특성을 성인, 노인, 그리고 전체로 구분하여 Table 1에 제시하였다. 대상자의 평균 연령은 48.9세(성인44.2세, 노인 71.5세)였으며, 성인과 노인의 대사증후군 위험요인 중 중성지방 수치를 제외하고 수축기 및 이완기 혈압, 혈당, 허리둘레, HDL-C 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 수축기 혈압, 공복혈당, 허리둘레는 성인과 비교했을 때 노인의 수치가 모두 높았으며($p < .001$). 이완기 혈압과 HDL-C는 노인과 비교하였을 때 성인의 수치가 높은 것으로 나타났($p < .001$). 또한 교육수준, 가구소득, 흡연, 음주, 가속도계 착용시간에

Table 2. Adherence rate of physical activity guideline according to metabolic syndrome

| Physical activity | People with MetS | People without MetS | p-value [†] |
|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| Adults | | | |
| Inactive | 203 (49.2) | 625 (44.6) | .100 |
| Active | 131 (31.8) | 475 (33.9) | .415 |
| Highly active | 78 (18.9) | 299 (21.3) | .284 |
| Older adults | | | |
| Inactive | 116 (66.2) | 86 (41.9) | <.001 |
| Active | 35 (20.0) | 61 (29.7) | .029 |
| Highly active | 24 (13.7) | 58 (28.2) | .001 |

Data are presented as number (%).

Inactive: less than 150 minutes of moderate to vigorous physical activity (MVPA) per week; Active, 150-300 minutes of MVPA per week; Highly active more than 300 minutes of MVPA per week.

MetS, metabolic syndrome.

[†]Chi-square test.

서 모두 연령에 따른 차이가 발생되었다($p < .001$).

2. 대사증후군 유무에 따른 신체활동 지침 달성

대사증후군 유무에 따른 신체활동 지침 달성 여부를 연령에 따라 구분한 결과는 Table 2와 같다. 성인은 대사증후군 유무에 따라 신체활동 지침 여부 차이는 Inactive, Active, Highly active 그룹 모두에서 발생되지 않았다. 반면에 노인의 경우 Inactive 그룹에서 대사증후군에 속한 인원의 비율은 116명(66.2%)으로 대사증후군에 속하지 않는 인원의 비율 86명(41.9%)보다 높은 것으로 나타났다($p < .001$). 반면에 Active 그룹은 대사증후군에 속하지 않는 그룹의 비율이 61명(29.7%)으로 대사증후군에 속하는 그룹의 비율 35명(20.0%)보다 높았으며($p = .029$), Highly active의 경우에도 대사증후군에 속하는 그룹의 비율은 58명(28.2%)으로 대사증후군에 속하지 않는 그룹의 비율 24명(13.7%)보다 높은 것으로 나타났다($p = .001$).

3. 연령별 대사증후군과 대사증후군의 위험요인

성인과 노인의 대사증후군과 대사증후군 위험요인에 관한 결과는 Table 3과 같다. 전체 2,191명 중 587명(26.8%)이 대사증후군에 포함되었으며, 대사증후군의 위험요인의 경우 고혈압 761명(34.7%), 고혈당 712명(32.5%), 복부비만 789명(36.0%), 고중성지방혈증 575명(26.2%), 낮은 HDL-C 743명(33.9%)으로 나타났다. 연령에 따라 분석할 경우 대사증후군은 성인 1,811명 중 412명(22.8%), 노인 380명 중 175명(46.1%)으로 통계적 차이를 보였다($p < .001$). 대사증후군의 위험요인의 경우 고혈압 성인 501명(27.7%), 노인 260명(68.4%), 고혈당 성인 505명(27.9%), 노인 207명(54.5%), 복부비만 성인 587명(32.4%), 노인 202명(53.2%)으로 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < .001$). 반면에 고중성지방혈증은 성인 466명(25.7%), 노인 109명(28.7%)으로 차이가 발생되지 않

Table 3. Metabolic syndrome and its risk factors by age

| | Total (n=2,191) | Adults (n=1,811) | Older adults (n=380) | p-value [†] |
|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|
| MetS | 587 (26.8) | 412 (22.8) | 175 (46.1) | <.001 |
| High BP | 761 (34.7) | 501 (27.7) | 260 (68.4) | <.001 |
| High fasting GLU | 712 (32.5) | 505 (27.9) | 207 (54.5) | <.001 |
| Abdominal obesity | 789 (36.0) | 587 (32.4) | 202 (53.2) | <.001 |
| Hypertriglyceridemia | 575 (26.2) | 466 (25.7) | 109 (28.7) | .234 |
| Low HDL-C | 743 (33.9) | 600 (33.1) | 143 (37.6) | .092 |

Data are presented as number (%).

MetS, metabolic syndrome; BP, blood pressure; GLU, glucose; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol.

[†]Chi-square test.

Table 4. Adjusted odds ratio of meeting the physical activity guideline

| MetS and Risk factors | Inactive | Active | Highly active | P for trend |
|-----------------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|
| Adults | | | | |
| MetS | reference | 0.73* (0.56-0.95) | 0.65* (0.47-0.88) | .003* |
| High BP | reference | 0.88 (0.68-1.13) | 1.21 (0.91-1.60) | .306 |
| High fasting GLU | reference | 0.97 (0.75-1.23) | 0.96 (0.72-1.27) | .739 |
| Abdominal obesity | reference | 0.88 (0.70-1.11) | 0.87 (0.66-1.15) | .259 |
| Hypertriglyceridemia | reference | 0.88 (0.68-1.13) | 0.66* (0.49-0.90) | .009* |
| Low HDL-C | reference | 0.84 (0.67-1.05) | 0.59* (0.44-0.78) | .001* |
| Older adults | | | | |
| MetS | reference | 0.46* (0.28-0.78) | 0.39* (0.22-0.69) | <.001* |
| High BP | reference | 0.57* (0.33-0.98) | 0.52* (0.29-0.92) | .015* |
| High fasting GLU | reference | 0.38* (0.23-0.64) | 0.59 (0.34-1.03) | .012* |
| Abdominal obesity | reference | 0.92 (0.54-1.56) | 0.86 (0.48-1.54) | .604 |
| Hypertriglyceridemia | reference | 0.75 (0.44-1.30) | 0.38* (0.19-0.75) | .006* |
| Low HDL-C | reference | 0.64 (0.37-1.10) | 0.42* (0.22-0.80) | .005* |

Values are presented odds ratio (95% confidence interval).

Covariates: sex, age, education level, family income, smoking, alcohol consumption, accelerometer wear time.

MetS, metabolic syndrome; BP, blood pressure; GLU, glucose; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol.

*statistically significant.

았으며($p = .234$), 낮은 HDL-C의 경우에도 성인 600명(33.1%), 노인 143명(37.6%)으로 유의한 차이는 없었다($p = .092$).

4. 신체활동과 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 연관성

신체활동 수준에 따라 대사증후군 및 대사증후군의 위험요인과의 연관성을 확인하기 위해 로지스틱 회귀분석을 연령에 따라 분석한 결과는 Table 4와 같다. 성인의 대사증후군 승산비는 참조그룹에 비해 Active 그룹은 27% (95% CI: 0.56-0.95), Highly active 그룹은 35% 감소하였다(95% CI: 0.47-0.88). 또한 대사증후군의 위험요인 중 고중성지방혈증과 낮은 HDL-C는 참조그룹에 비해 Highly active 그룹의 승산비는 각각 34% (95% CI: 0.49-0.90), 41% (95% CI: 0.44-0.78) 감소하였다. 반면에 고혈압, 고혈당, 복부비만은 통계적으로 유의한 연관성을 나타내지 않았다. 노인의 대사증후군 승산비는 참조그룹에 비해 Active 그룹은 54% (95% CI: 0.28-0.78), Highly active 그룹은 61% (95% CI: 0.22-0.69) 감소하였다. 또한 대사증후군의 위험요인 중 고혈압의 승산비는 참조그룹에 비해 Active 그룹은 43% (95% CI: 0.33-0.98), Highly active 그룹은 48% (95% CI: 0.29-0.92) 감소하였다. 고혈당의 경우 참조그룹에 비해 Active 그룹의 승산비는 62% (95% CI: 0.23-0.64) 감소하였다. 또한 고중성지방혈증과 낮은 HDL-C의 승산비는 참조그룹에 비해 Highly active 그룹에서 각각 62% (95% CI: 0.19-0.75), 58% (95% CI: 0.22-0.80) 감소하였다. 반면에 복부비만은 통계적으로 유의한 연관성을 나타내지 않았다.

논 의

본 연구는 국민건강영양조사 자료를 활용하여 객관적 측정 도구인 가속도계를 활용하여 한국 성인과 노인의 신체활동과 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 연관성을 확인한 첫 연구이다. 본 연구에서 신체활동량이 많을수록 대사증후군과 일부 대사증후군 위험요인의 승산비가 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 이러한 결과들은 성인에 비해 노인에서 더 강한 연관성을 보여주었다.

전 세계적으로 이동 수단과 기술, 그리고 유행병(COVID-19) 등으로 인한 생활패턴 변화와 더불어 중-고강도의 신체활동 패턴이 감소하고 있으며[19,20], 이는 심혈관계질환 및 대사증후군으로의 발전뿐 아니라 이와 관련된 여러 위험인자들도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[21]. 현재까지 명확하게 정의되지 않은 여러 메커니즘에도 불구하고, 신체활동의 증가는 에너지 소비량의 증가뿐 아니라 지질 및 지단백질[22], 인슐린 민감성[23], 혈관 내피기능[24], 혈압의 향상[25]과 비만 및 전신 염증의 감소[26] 등 여러가지 위험인자들과 긍정적인 연관성을 나타내기 때문에 대사질환 위험 수준을 감소시키는 것으로 보인다[27].

본 연구의 결과는 객관적 도구를 활용하여 측정된 신체활동과 대사증후군 및 심혈관계질환 위험요인의 연관성을 분석한 해외의 연구와 유사한 결과를 보였다. 2005-2006년 NHANES에서 가속도계를 활용

하여 측정된 신체활동과 대사증후군 연관성을 조사한 연구에 따르면, 신체활동 참여 시간의 증가는 대사증후군 승산비의 감소와 유의한 연관성이 있는 것으로 나타났으며[28], 신체활동 수준에 따른 심혈관계질환 위험요인의 양-반응(dose-response) 관계를 확인하였다[29]. 더욱이, 영국에서 진행된 'UK Biobank' 연구에서 52,556명의 성인을 5년 동안 추적한 종단연구에서도 가속도계로 측정된 신체활동은 심장대사질환(cardio-metabolic health)의 감소와 유의한 연관성이 있는 것으로 나타나[30] 본 연구의 결과를 뒷받침 해주고 있다.

대사증후군 유병 여부에 따른 신체활동 수준을 비교하였을 때, 성인은 대사증후군 유무에 따라 Inactive, Active, Highly active 그룹에 속하는 비율에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면에 노인의 경우 대사증후군에 포함되는 그룹은 그렇지 않은 그룹에 비해 Inactive 그룹의 비율은 높으며, Active와 Highly active 그룹의 비율은 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과의 차이는 노화에 따른 신체조성의 변화, 신체기능의 감소, 그리고 다양한 질병의 위험성이 증가될 수 있다는 점을 감안할 때 신체활동의 효과는 성인과 다르게 나타날 수 있다는 선행연구의 결과로 설명될 수 있을 것이다[31-33].

2003-2006년 미국 NHANES에서 가속도계를 활용하여 측정된 신체활동과 대사증후군의 위험요인들과의 관계를 조사한 연구에 따르면, 중-고강도 신체활동 수준이 높을수록 복부비만, 고중성지방혈증, 낮은 HDL-C, 고혈압, 그리고 고혈당의 유병 위험을 감소시키는 것으로 나타났다[34,35]. 반면, 2003-2006년 미국 NHANES의 가속도계 자료를 활용한 Jan Janssen et al. [36]의 연구에 따르면 신체활동 지침을 달성하였을 경우 대사증후군 위험인자 중 고혈당, 고중성지방혈증, 그리고 낮은 수치의 HDL-C 관련 요인에서만 긍정적인 결과를 보고하였으며, Tucker et al. [10]의 연구에서는 신체활동 지침 달성한 그룹은 고혈압, 낮은 HDL-C, 그리고 허리둘레와의 연관성만 보고하였다. 이처럼 동일한 데이터를 활용한 연구일지라도 결과 조금씩 상이한 이유는 가속도계의 자료를 계산하는 방식과 회귀분석에 사용되는 공변인의 차이에 기인할 것으로 판단된다.

본 연구의 결과에서 성인과 노인 모두 신체활동이 증가함에 따라 대사증후군 및 대사증후군 위험인자의 승산비 감소 등 긍정적인 효과가 있었으며, 특히 노인에서 더 강한 연관성을 나타내었다. 이러한 결과는 만보계를 사용하여 신체활동 수준에 따라 성인과 노인의 대사증후군 승산비를 확인한 Schmidt et al. [37]의 선행연구 결과와 매우 유사하였다. 또한, 신체활동 수준이 대사증후군 유병률과 부적연관성이 있다는 체계적 문헌고찰의 연구 결과를 고려하였을 때[38], 대사증후군 유병에 따라 신체활동 수준 차이를 나타낸 노인 집단에서 대사증후군의 유병 위험의 감소가 더 크게 발생되었을 것으로 판단된다.

본 연구에는 다음과 같은 몇 가지의 제한점이 존재한다. 첫째, 미국 NHANES 자료와 달리 국내 조사의 경우 연구참여자가 편의표집(con-

venience sampling)되어 대표성이 편향되었을 가능성이 존재한다. 둘째, 가속도계의 착용 부위가 허리인 점을 감안할 때 신체활동 측정 시간이 다소 과대 추정되었을 가능성을 완전히 배제하기 어려우며, 마지막으로 횡단연구(cross-sectional study)의 특성상 신체활동과 대사증후군 사이의 인과관계를 완벽히 밝히기에 어려움이 있다.

그러나, 본 연구에서 신체활동의 증가는 대사증후군과 대사증후군 위험인자들에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 독립적인 요인으로 증가된 신체활동이 대사증후군을 예방하는데 도움이 될 수 있음을 시사하였다. 또한 본 연구는 2,000명 이상의 한국 성인과 노인을 대상으로 가속도계를 사용하여 신체활동과 대사증후군 및 관련 위험 요인의 연관성을 파악하는 첫 연구라는 점에 의의가 있다. 특히, 노인 인구집단에서 대사증후군의 유병률이 매우 높다는 것을 고려했을 때, 본 연구의 결과는 추후 국내 보건 및 건강 관련 전문가들에게 신체활동 중재의 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 국민건강영양조사(2014-2017년) 자료를 활용하여 국내 성인과 노인 집단의 신체활동 수준과 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 연관성을 분석하였다. 본 연구의 결과 대사증후군과 대사증후군 위험요인의 유병은 성인에 비해 노인에서 높았으며, 노인의 경우 대사증후군이 없는 그룹은 대사증후군에 해당되는 그룹에 비해 신체활동 수준이 높은 인원의 비율이 높은 것으로 나타났다. 또한, 대사증후군의 여러 위험요인을 고려하였을 경우에도 신체활동 수준이 증가할수록 대사증후군과 대사증후군 위험요인의 유병 위험이 감소하였으며, 이러한 결과는 성인보다 노인 인구 집단에서 보다 강한 연관성을 보였다. 따라서 대사증후군을 예방하고 관리하기 위해 신체활동 지침에 부합하는 규칙적인 활동에 참여해야 할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: J Lim, Y Kim; Data curation: J Lim; Formal analysis: J Lim, JS Kim; Funding acquisition: Methodology: JS Kim; Project administration: Visualization: J Lim, JS Kim; Writing - original draft: J Lim, JS Kim; Writing - review & editing: J Lim, JS Kim.

ORCID

Jungjun Lim <https://orcid.org/0000-0001-6138-1036>
Joon-Sik Kim <https://orcid.org/0000-0002-5935-7851>
Yeonsoo Kim <https://orcid.org/0000-0003-1447-0196>

REFERENCES

- Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet*. 2005;365(9468):1415-28.
- Engin A. The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome. *Adv Exp Med Biol*. 2017;1-17.
- Kaur J. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res Pract*. 2014;2014:943162.
- Saklayen MG. The global epidemic of the metabolic syndrome. *Curr Hypertens Rep*. 2018;20(2):12.
- Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, et al. 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*. 2009;120(16):1640-5.
- Gallardo-Alfaro L, Bibiloni MDM, Mateos D, Ugarriza L, Tur JA. Leisure-time physical activity and metabolic syndrome in older adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(18):3358.
- Moore JX, Chaudhary N, Akinyemiju T. Metabolic syndrome prevalence by race/ethnicity and sex in the united states, national health and nutrition examination survey, 1988-2012. *Prev Chronic Dis*. 2017;14:E24.
- Aguilar M, Bhuket T, Torres S, Liu B, Wong RJ. Prevalence of the metabolic syndrome in the United States, 2003-2012. *JAMA*. 2015;313(19):1973-4.
- Huh JH, Kang DR, Kim JY, Koh KK. Metabolic syndrome fact sheet 2021: executive report. *Cardiometab Syndr J*. 2021;1.
- Tucker JM, Welk GJ, Beyler NK, Kim Y. Associations between physical activity and metabolic syndrome: comparison between self-report and accelerometry. *Am J Health Promot*. 2016;30(3):155-62.
- Figueiró TH, Arins GCB, Santos C, Cembranel F, Medeiros PA, et al. Association of objectively measured sedentary behavior and physical activity with cardiometabolic risk markers in older adults. *PLoS One*.

- 2019;14(1):e0210861.
12. Sallis JF, Saelens BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Res Q Exerc Sport*. 2000;71 (Suppl 2):1-14.
13. 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):169-79.
14. Lee H, Lee MY, Choi JY, Oh KW, Kim YJ, et al. KNHANES actigraph raw data processing. *Korean J Meas Eval Phys Educ Sport Sci*. 2018;20 (2):83-94.
15. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, et al. Physical activity in the united states measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(1):181-8.
16. Jo H, Kim JY, Jung MY, Ahn YS, Chang SJ, et al. Leisure time physical activity to reduce metabolic syndrome risk: a 10-year community-based prospective study in korea. *Yonsei Med J*. 2020;61(3):218-28.
17. Metzger JS, Catellier DJ, Evenson KR, Treuth MS, Rosamond WD, et al. Associations between patterns of objectively measured physical activity and risk factors for the metabolic syndrome. *Am J Health Promot*. 2010;24(3):161-9.
18. Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, Carlson SA, Fulton JE, et al. The physical activity guidelines for americans. *Jama*. 2018;320(19):2020-8.
19. Dumith SC, Hallal PC, Reis RS, Kohl III HW. Worldwide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *Prev Med*. 2011;53(1-2):24-8.
20. Castañeda-Babarro A, Arbillaga-Etxarri A, Gutiérrez-Santamaría B, Coca A. Physical activity change during COVID-19 confinement. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6878.
21. Kohl HW, Craig CL, Lambert EV, Inoue S, Alkandari JR, et al. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *The Lancet*. 2012;380(9838):294-305.
22. Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, et al. Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis. *Sports Med*. 2001;31(15):1033-62.
23. Maarbjerg SJ, Sylow L, Richter EA. Current understanding of increased insulin sensitivity after exercise - emerging candidates. *Acta Physiol (Oxf)*. 2011;202(3):323-35.
24. Szostak J, Laurant P. The forgotten face of regular physical exercise: a 'natural' anti-atherogenic activity. *Clin Sci (Lond)*. 2011;121(3):91-106.
25. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013;2(1):e004473.
26. Mathur N, Pedersen BK. Exercise as a mean to control low-grade systemic inflammation. *Mediators Inflamm*. 2008;2008:109502.
27. Gill JMR, Celis-Morales CA, Ghouri N. Physical activity, ethnicity and cardio-metabolic health: Does one size fit all? *Atherosclerosis*. 2014; 232(2):319-33.
28. Camhi SM, Sisson SB, Johnson WD, Katzmarzyk PT, Tudor-Locke C. Accelerometer-determined moderate intensity lifestyle activity and cardiometabolic health. *Prev Med*. 2011;52(5):358-60.
29. Loprinzi PD, Lee H, Cardinal BJ. Dose response association between physical activity and biological, demographic, and perceptions of health variables. *Obes Facts*. 2013;6(4):380-92.
30. Cassidy S, Fuller H, Chau J, Catt M, Bauman A, et al. Accelerometer-derived physical activity in those with cardio-metabolic disease compared to healthy adults: a UK biobank study of 52,556 participants. *Acta Diabetol*. 2018;55(9):975-9.
31. Mithal A, Bonjour JP, Boonen S, Burckhardt P, Degens H, et al. Impact of nutrition on muscle mass, strength, and performance in older adults. *Osteoporos Int*. 2013;24(5):1555-66.
32. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, et al. Sarcopenia: revised european consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31.
33. Stratton JR, Levy WC, Caldwell JH, Jacobson A, May J, et al. Effects of aging on cardiovascular responses to parasympathetic withdrawal. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(11):2077-83.
34. Robson J, Janssen I. Intensity of bouted and sporadic physical activity and the metabolic syndrome in adults. *Peer J*. 2015;3:e1437.
35. Atienza AA, Moser RP, Perma F, Dodd K, Ballard-Barbash R, et al. Self-reported and objectively measured activity related to biomarkers using NHANES. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(5):815-21.
36. Janssen I, Ross R. Vigorous intensity physical activity is related to the metabolic syndrome independent of the physical activity dose. *Int J Epidemiol*. 2012;41(4):1132-40.
37. Schmidt MD, Cleland VJ, Shaw K, Dwyer T, Venn AJ. Cardiometabolic risk in younger and older adults across an index of ambulatory activity. *Am J Prev Med*. 2009;37(4):278-84.
38. Amirfaiz S, Shahril MR. Objectively measured physical activity, sedentary behavior, and metabolic syndrome in adults: systematic review of observational evidence. *Metab Syndr Relat Disord*. 2019;17(1):1-21.