

가속도계와 설문지로 측정된 좌식 시간과 대사증후군의 연관성

서울대학교 체육교육과¹, 백석대학교 특수체육교육과², 공군사관학교 항공체육처³, 서울대학교 스포츠과학 연구소⁴

임정준¹ · 성호용¹ · 김준식² · 김건희¹ · 김정운³ · 김연수^{1,4}

Accelerometer and Self-reported Sedentary Time Related to Metabolic Syndrome

Jungjun Lim¹, Hoyong Sung¹, Joon-Sik Kim², Geonhui Kim¹, Jungwoon Kim³, Yeonsoo Kim^{1,4}

¹Department of Physical Education, Seoul National University, Seoul,

²Department of Adapted Physical Education, Baekseok University, Cheonan,

³Department of Aero Fitness, Korea Air Force Academy, Cheongju,

⁴Institute of Sport Science, Seoul National University, Seoul, Korea

Purpose: The main purpose of this study was to examine the relationship between sedentary time and metabolic syndrome. Association of accelerometer and self-reported sedentary time on metabolic syndrome were also compared.

Methods: A total of 1,354 adults (men, 492; women, 862), aged 19 to 65 years, who wore the accelerometer from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey were included in the analysis. Four subgroups were created based on quartiles of daily sedentary time for analytical purposes. Metabolic syndrome was defined according to the International Diabetes Federation. Logistic regression was used to predict the odds ratio (OR), and 95% confidence interval (CI) of the relationship between sedentary time and metabolic syndrome after adjusting for sex, age, education level, family income, smoking, alcohol consumption, body mass index, and accelerometer wear time.

Results: Accelerometer measured sedentary time displayed stronger associations with the metabolic syndrome than did self-reported sedentary time. When controlling for covariates, participants in the fourth quartile of the accelerometer measured sedentary time predicted the highest odds of having metabolic syndrome (OR, 1.99; 95% CI, 1.18–3.34). However, participants in the second quartile only of self-reported sedentary time predicted the odds of having metabolic syndrome (OR, 1.60; 95% CI, 1.01–2.52).

Conclusion: Sedentary time was related to metabolic syndrome. This relationship tended to be more consistent and stronger for accelerometer measured sedentary time than for self-report. Current results suggest that reducing daily sedentary time may help prevent metabolic syndrome.

Keywords: Sedentary behavior, Metabolic syndrome, Accelerometry, Self-report

Received: February 3, 2022 Revised: May 27, 2022 Accepted: June 24, 2022

Correspondence: Yeonsoo Kim

Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea

Tel: +82-2-880-7794, Fax: +82-2-872-2867, E-mail: kys0101@snu.ac.kr

Copyright ©2022 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

서론

세계적으로 주요한 공중 보건 문제로 여겨지고 있는 대사증후군(metabolic syndrome)은 사망률을 증가시킬 뿐만 아니라 심혈관 질환, 뇌졸중 등 여러 만성질환의 유병률을 높이는 것으로 보고되고 있다^{1,2}. 대사증후군은 과도한 음식물 섭취, 비신체활동(physical inactivity), 좌식 행동 습관, 과도한 음주, 유전적 소인 등 다양한 요소들이 더해져 발생할 수 있다³. 대사증후군 유병률은 세계적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며⁴, 국내의 경우에도 대사증후군을 예방하려는 노력에도 불구하고 유병률은 유의미하게 증가하거나 변화가 없으며, 특히 19-49세의 성인의 대사증후군 유병률은 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다⁵.

지속된 좌식 시간과 대사증후군의 연관성에 관한 많은 연구들이 보고되고 있다. 설문지로 조사된 좌식 시간 9편과 가속도계로 조사된 좌식 시간 1편을 포함하여 대사증후군과의 연관성에 관해 체계적 문헌고찰 및 메타 분석을 한 결과, 좌식 시간이 증가할수록 대사증후군 상승비(odds ratio, OR)가 1.73까지 증가하는 것으로 나타났다⁶. 또한, National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)의 자료를 활용하여 1,626명의 성인을 대상으로 좌식 시간과 대사증후군의 연관성을 설문지로 조사한 결과, TV 시청 또는 컴퓨터 사용 등 하루 1시간 미만의 좌식 시간을 보내는 사람에 비해 1시간에서 4시간 이상의 좌식 시간을 보낼 경우 대사증후군에 속할 OR이 약 1.4-2.1까지 증가하는 것으로 나타났다⁷. 따라서 지속된 좌식 시간은 대사증후군의 유병률을 높이는 요인으로 여겨지고 있다.

이와 같이 과거 많은 연구는 신체활동 및 좌식 시간을 자기보고식 설문지를 활용하여 조사하였다. 그 이유는 주관적 측정 도구에 해당하는 설문지는 여러가지 측정방법 중 상대적으로 적은 예산과 노력이 소요되며, 에너지 소비량을 쉽게 구할 수 있기 때문이다. 하지만 설문지 문항의 내용을 이해하는 데에 피험자 개인의 주관적 기준이 적용되며, 자신의 기억에만 의존하여 응답해야 하기 때문에 회상 편향(recall bias)이 나타나 실제 신체활동 및 좌식 시간 추정이 왜곡될 수 있다는 문제점이 있다⁸. 따라서 객관적인 도구를 활용하여 24시간 피험자의 신체활동과 좌식 시간을 관찰할 수 있는 가속도계는 설문지의 단점을 보완할 수 있는 방법으로 제시되고 있다. 따라서 최근에는 대규모 연구에서도 가속도계와 같은 객관적 기기의 활용 빈도가 증가하고 있다⁹.

국내의 국가 통계인 국민건강영양조사는 한국 성인의 신체활동과 좌식 시간을 설문지를 활용하여 조사해 오고 있다. 하지만 보다 객관적인 신체활동 자료를 수집하기 위해 2014-2015년 처음으로 설문지와 함께 가속도계를 활용하여 한국 성인의 신체

활동 및 좌식 시간을 조사하였다. 국민건강영양조사 자료를 활용하여 동일인의 설문지와 가속도계 자료를 비교 분석한 Lim 등¹⁰의 연구 결과에 따르면 설문지로 조사된 좌식 시간은 461.0분으로 나타났으며, 가속도계의 경우 500.5분으로 측정되어 약 39.5분의 차이를 나타냈다. 따라서 설문지로 조사된 좌식 시간은 과소평가될 수 있으므로 해석에 주의를 기울여야 하며, 가속도계와 같은 객관적 도구를 활용하여 그 결과를 보완하여야 한다고 하였다¹⁰. 뿐만 아니라 Sung 등¹¹의 연구 결과에 따르면 가속도계로 조사된 중-고강도 신체활동 수준은 설문지보다 심혈관계 질환 위험요인과 더 높은 연관성과 일관된 결과를 나타내어 질병 예측에 더 효과적인 방법으로 제시되었다.

국민건강영양조사는 2014년과 2015년에 처음으로 가속도계를 활용하여 한국 성인의 신체활동 및 좌식 시간을 조사하였다. 객관적 측정 도구인 가속도계는 측정자의 모든 움직임을 측정할 수 있으므로 주관적 조사인 설문지와 비교했을 때 정확하며, 사회적으로 바람직하고 회상 편향 등의 문제를 보완할 수 있다. 하지만 현재까지 가속도계 자료를 활용하여 한국 성인의 좌식 시간과 대사증후군의 연관성을 분석한 연구는 이뤄지지 않았다. 또한, 동일인에 있어 설문지로 조사된 좌식 시간과 가속도계로 측정된 결과를 직접적으로 비교한 연구는 없었다. 따라서 본 연구의 목적은 국민건강영양조사의 가속도계로 측정된 한국 성인의 좌식 시간과 대사증후군의 연관성을 조사하며, 동일인의 설문지로 조사된 결과와 비교하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

국민건강영양조사는 보건복지부 질병관리청에서 국민의 건강 수준, 건강 관련 의식 및 행태, 만성질환 유병 현황, 식품 및 영양섭취실태에 관하여 매년 실시하는 법정조사이다¹². 본 연구는 가속도계 자료 확보를 위해 국민건강영양조사 제 6기 2, 3차년도(2014-2015년) 자료를 활용하였다. 2014-2015년도 건강 설문 조사를 위해 방문한 만 19세에서 65세 대상자 중, 신체활동에 제약이 없으며 가속도계를 착용하겠다고 동의서를 제출한 성인 1,827명의 자료만을 분석하였다. 따라서 본 연구의 분석에 활용되는 가속도계 자료는 인구주택총조사 자료를 표본 추출 틀로 하여 층화집락표본 추출방법을 사용하지 못하였으므로 비확률표본에 해당한다.

1,827명의 연구 대상자 중 가속도계 분실 9명, 미착용자 47명, 그리고 가속도계 오류 3명 등의 이유로 59명의 자료가 제외되었으

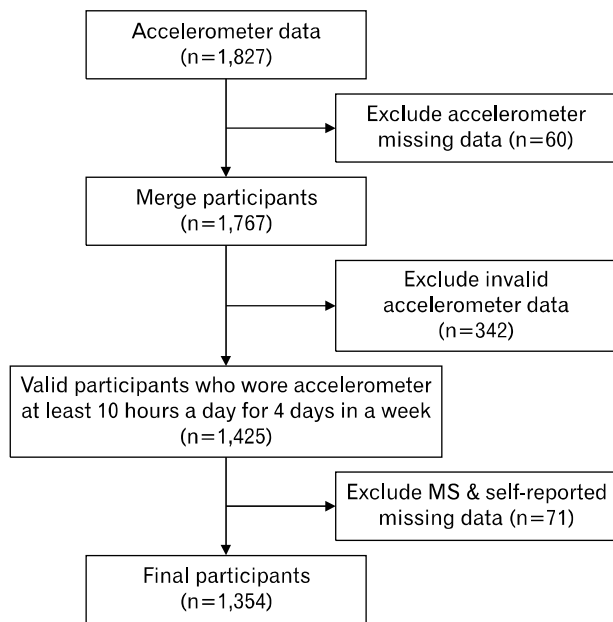


Fig. 1. Flow diagram of study participants. MS: metabolic syndrome.

며, 1명에 대한 가속도계 자료 중 일부 시간에 대한 데이터가 누락되어 있어서 제외하였다(n=1,767). 또한, 가속도계 자료 분석을 위해 Troiano 등¹³의 기준에 따라 가속도계 착용 기준에 미달되는 인원 342명과, 대사증후군 진단 기준에 요소와 공변인의 결측 인원, 그리고 설문지의 이상치 인원 총 71명을 제외하여 최종적으로 1,354명의 연구 대상자를 선정하였다(Fig. 1). 본 연구는 서울대학교 생명윤리심의위원회 승인을 받아 수행하였으며(IRB No. E2011/001-011), 후향적 자료 분석 연구의 특성상 환자 동의서는 면제받았다.

2. 연구내용 및 방법

1) 가속도계 자료

국민건강영양조사에서 사용된 가속도계는 wGT3X+ (ActiGraph LLC., Pensacola, FL, USA) 모델이다. 가속도계는 잠진 및 설문조사 다음 날 자정부터 일주일 동안 측정하였으며, 수영 및 샤워와 같은 수중 활동과 수면 시간을 제외하고 가능한 모든 시간에 착용될 수 있도록 권고되었다¹². 자료 요약 주기(epoch)는 60초로 설정하였으며, 신체활동 강도(count per minute, CPM)가 100 미만일 경우 좌식행동으로 간주하였다¹⁰. 가속도계 착용 또는 비착용 시간을 구분하기 위해 CPM이 0인 상태로 1시간 이상 지속된 경우를 비착용 시간으로 구분하였다(CPM 100 미만이 2분 미만인 경우 허용). 또한, 주중, 주말에 관계없이 가속도계를

하루 10시간 이상 착용하며, 주 4일 이상의 자료가 누적된 인원만 분석에 포함시켰다¹³.

2) 설문지 자료

국민건강영양조사에서 신체활동 및 좌식행동을 조사하는 설문지는 국제신체활동 설문지(Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ)를 기반으로 하고 있다. 좌식행동에 관한 질문지 문항은 “평소 하루에 앉아 있거나, 누워 있는 시간이 몇 시간입니까?”이며, 응답은 시간과 분을 구분하여 작성하도록 되어있다. 원시자료 분석을 위해 세계보건기구의 ‘GPAQ analysis guideline’을 참조하여 이상치를 검증하였다¹⁴.

3) 대사증후군 진단

대사증후군은 국제당뇨병연맹과 미국심장협회에서 협의한 기준을 적용하여 아래 5개의 위험요소 중 3개 이상 해당될 경우 대사증후군으로 정의하였다¹⁵. 다만 허리 둘레는 아시아 기준을 적용하여 대사증후군을 정의하였다¹⁶. 첫째, 복부 둘레가 남성 90 cm 이상, 여성 85 cm 이상, 둘째, 수축기 혈압 130 mm Hg 이상, 이완기 혈압 85 mm Hg 이상 또는 치료제 복용, 셋째, 중성지방이 150 mg/dL 이상 또는 치료제 복용, 넷째, 고밀도 지단백콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)이 남성 40 mg/dL 미만, 여성 50 mg/dL 미만 또는 치료제 복용, 다섯째, 공복혈당이 100 mg/dL 이상 또는 치료제 복용인 경우. 위 기준에 따라 대사증후군 유병 여부를 진단하여 종속변수로 사용하였다.

4) 공변인

선행연구를 참고하여 좌식행동과 대사증후군의 연관성을 확인하는 데 영향을 끼칠 수 있는 성별, 연령, 소득수준, 교육수준, 음주, 흡연, 신체질량지수, 가속도계 착용 시간을 공변인으로 선정하였다^{17,18}. 연령 및 신체질량지수는 연속변인으로 사용하였으며, 소득수준은 4분위수로 범주화하였다. 교육수준은 초등학교 졸업 이하, 중학교 졸업 이하, 고등학교 졸업 이하, 대학교 졸업 이상으로 구분하였고, 흡연은 흡연, 과거 흡연, 비흡연으로 나누었다. 음주는 평생 비음주 또는 최근 1년간 월 1잔 미만의 음주, 그리고 최근 1년간 월 1잔 이상 음주로 범주화하여 사용하였다.

3. 자료 분석

대상자의 특징을 나타내기 위해 기술통계를 통하여 평균(mean)과 표준오차(standard error)를 구하였으며, 비연속 변인의 경우 해당하는 범주에 따라 빈도(frequency)와 비율(%)을 표기하

Table 1. Characteristics of participants

Characteristic	Total	Male	Female
No. of participants	1,354	492	862
Age (yr)	44.7±0.3	44.7±0.5	44.8±0.4
MS and risk factor			
MS	307 (22.7)	138 (28.0)	169 (19.6)
SBP (mm Hg)	114±0.4	118.5±0.6	112.1±0.5
DBP (mm Hg)	75.0±0.2	78.6±0.4	72.9±0.3
Glucose (mg/dL)	97.4±0.5	100.5±1.0	95.6±0.7
Waist circumference (cm)	80.0±0.2	85.2±0.3	77.0±0.2
Triglyceride (mg/dL)	124.9±2.7	154.7±5.3	107.9±2.7
HDL-C (mg/dL)	52.3±0.3	47.4±0.5	55.1±0.4
Educational level			
<Elementary school	112 (8.3)	35 (7.1)	77 (8.9)
<Middle school	135 (10.0)	45 (9.1)	90 (10.4)
<High school	544 (40.2)	190 (38.6)	354 (41.1)
>Undergraduate	563 (41.6)	222 (45.1)	341 (39.6)
Family income			
<25th	91 (6.7)	24 (4.9)	67 (7.8)
25th–50th	343 (25.3)	122 (24.8)	221 (25.6)
50th–75th	456 (33.7)	164 (33.3)	292 (33.9)
75th–100th	464 (34.3)	182 (37.0)	282 (32.7)
Smoking*			
No	1,175 (86.8)	344 (69.9)	831 (96.4)
Current	179 (13.2)	148 (30.1)	31 (3.6)
Alcohol [†]			
No	612 (45.2)	138 (28.0)	474 (55.0)
Yes	742 (54.8)	354 (72.0)	388 (45.0)
BMI [‡]			
Underweight	56 (4.1)	9 (1.8)	47 (5.5)
Normal	871 (64.3)	276 (56.1)	595 (69.0)
Obese	427 (31.5)	207 (42.1)	220 (25.5)
Accelerometer wear time (hr/day)	14.0±0.0	14.0±0.0	14.0±0.0

Values are presented as mean±standard error or number (%).

MS: metabolic syndrome, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, HDL-C: high-density lipoprotein-cholesterol, BMI: body mass index.

*Smoking: 'No' means that 'have never been smoked cigarette before' or 'past smoker' and 'Yes' means that 'current smoker.' [†]Alcohol: 'No' means that 'have never been drunk alcohol before' or 'less than one glass of alcohol consumed in a month in a recent year' and 'Yes' means that 'more than one glass of alcohol a month in a recent year.' [‡]BMI: underweight (<18.5 kg/m²), normal (18.5 kg/m², <25 kg/m²), obese (≥25 kg/m²).

였다. 또한 설문지로 조사된 좌식 시간과 가속도계로 측정된 좌식 시간의 차이를 검증하기 위해 대응표본 t검정을 실시하였다. 하루 평균 좌식 시간은 선행연구에서의 공통적인 기준이 없으므로 4분위수로 분류하여 4그룹으로 정의하였다. 하루 평균 좌식 시간 수준과 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 연관성을 파악하기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하여 OR과 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 산출하였다. 좌식 시간 4분위수 중 좌식 시간이 가장 적은 그룹을 참조그룹(reference group)으로 설정하였다. 가속도계 원시자료 처리는 SAS version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 활용하였으며, 통계 분석은

STATA/SE version 12.0 (Stata Corp., College Station, TX, USA)를 사용하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

결 과

연구 대상자 1,354명(남성: 492명, 여성: 862명)의 나이, 대사증후군 유병 및 대사증후군 위험요인, 교육수준, 소득, 흡연, 음주, 신체질량지수, 가속도계 착용 시간에 관한 평균 및 표준오차 또는 그룹 간 인원수와 비율(%)은 Table 1에 제시하였다. 연구 대상자의 평균 연령은 44.7세이며, 전체 인원의 22.7%가 대사증후

군에 속하는 것으로 나타났다. 또한, 대사증후군 위험요인을 성별에 따라 비교했을 때 HDL-C를 제외하고, 남성의 혈압, 중성지방, 허리둘레, 혈당 수치가 여성에 비해 상대적으로 높았다. 전체 인원 중 교육수준은 대학교 졸업이 41.6%로 가장 많았으며, 소득수준은 75% 이상이 34.3%로 가장 높았다. 또한, 현재 흡연자는 13.2%이며, 최근 1년간 한달에 1회 이상 음주한 대상자는 54.8%였다. 연구 대상자의 31.5%는 신체질량지수가 25 kg/m² 이상으로 비만이었으며, 가속도계 하루 평균 착용 시간은 14.0시간으로 나타났다.

설문지와 가속도계로 측정된 하루 평균 좌식 시간은 Table 2에

제시하였다. 전반적으로 설문지로 조사된 좌식 시간은 454.7분으로 가속도계로 측정된 500.8분과 비교했을 때 약 46.1분 낮았으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 이러한 차이는 남성과 여성 모두에서 설문지 및 가속도계의 좌식 시간을 비교하였을 때에도 동일하게 발생하였다($p<0.001$). 성별에 따라 비교하였을 때 설문지와 가속도계 모두에서 남성의 하루 평균 좌식 시간은 각각 467.5분과 502.9분으로 여성의 좌식 시간 447.4분과 499.5분과 비교했을 때 높았다. 10세 단위 연령에 따라 비교할 경우 20대에서 설문지와 가속도계의 모두에서 각각 546.9분과 533.9분으로 가장 많은 좌식 시간을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는

Table 2. Descriptive of self-report and accelerometer sedentary time

Characteristic	Number	Self-reported sedentary time (min/day)	Accelerometer sedentary time (min/day)	p-value*
Total	1,354	454.7±5.9	500.8±2.8	< 0.001
Sex				
Male	492	467.5±10.2	502.9±5.1	< 0.001
Female	862	447.4±7.2	499.5±3.3	< 0.001
Age (yr)				
19–29	191	546.9±15.8	533.9±6.7	0.355
30–39	266	472.6±13.8	500.9±6.2	0.034
40–49	356	452.5±11.3	512.4±5.3	< 0.001
50–59	385	419.2±10.1	484.7±5.3	< 0.001
>60	156	404.1±17.3	473.2±8.6	< 0.001

Values are presented as mean±standard error.

*Statistically difference according to paired t-test.

Table 3. Logistic regression of sedentary time on MS and risk factors

MS and risk factors	Quartile of sedentary time				p for trend
	Lowest	2nd	3rd	Highest	
Self-report	240.0 [30.0–300.0]	360.0 [325.0–420.0]	540.0 [440.0–600.0]	780.0 [630.0–1,080.0]	
MS	Reference	1.60* (1.01–2.52)	1.13 (0.77–1.66)	0.99 (0.62–1.56)	0.937
High BP	Reference	1.59* (1.07–2.36)	0.97 (0.69–1.36)	1.40 (0.95–2.06)	0.312
High fasting GLU	Reference	1.27 (0.85–1.88)	0.81 (0.58–1.14)	1.12 (0.76–1.65)	0.849
Abdominal obesity	Reference	0.97 (0.51–1.85)	0.93 (0.56–1.54)	0.55 (0.30–1.03)	0.122
Hypertriglyceridemia	Reference	1.70* (1.16–2.51)	1.30 (0.95–1.80)	1.07 (0.73–1.57)	0.483
Low HDL-C	Reference	1.22 (0.85–1.74)	1.29 (0.96–1.73)	1.01 (0.71–1.44)	0.482
Accelerometer	382.1 [144.9–436.9]	471.9 [437.3–502.2]	535.2 [503–567.7]	613.0 [568.5–959.2]	
MS	Reference	1.60* (1.03–2.46)	1.61* (1.01–2.56)	1.99* (1.18–3.34)	0.012
High BP	Reference	1.15 (0.80–1.68)	0.95 (0.64–1.42)	0.89 (0.57–1.38)	0.459
High fasting GLU	Reference	1.41 (0.97–2.06)	1.13 (0.75–1.69)	1.59* (1.03–2.43)	0.188
Abdominal obesity	Reference	1.11 (0.63–1.92)	0.71 (0.38–1.31)	0.93 (0.47–1.82)	0.523
Hypertriglyceridemia	Reference	1.09 (0.75–1.58)	1.29 (0.86–1.89)	1.59* (1.03–2.43)	0.026
Low HDL-C	Reference	1.46* (1.03–2.05)	1.50* (1.05–2.15)	1.78* (1.19–2.67)	0.006

Values are presented as median [range] or odds ratio (95% confidence interval).

MS: metabolic syndrome, BP: blood pressure, GLU: glucose, HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol, Covariates: sex, age, education level, family income, smoking, alcohol, body mass index, accelerometer wear time (only accelerometer).

* $p<0.05$, statistically significant.

나타나지 않았다($p=0.355$). 반면에 60대에서 설문지와 가속도계는 각각 404.1분과 473.2분으로 가장 적은 좌식 시간을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p<0.001$). 또한, 30대는 설문지 472.6분과 가속도계 500.9분으로 통계적으로 유의한 좌식 시간의 차이를 보였으며($p=0.034$), 40대에서 50대의 연령에서도 설문지와 가속도계로 측정된 좌식 시간은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$).

설문지와 가속도계로 측정된 좌식 시간과 대사증후군 위험요인 및 유병에 따른 로지스틱 회귀분석에 관한 결과는 Table 3에 제시하였다. 설문지로 조사된 좌식 시간은 참조그룹에 비해 2분위 그룹에서 대사증후군의 OR이 통계적으로 유의하게 증가하였다(OR, 1.60; 95% CI, 1.01–2.52). 또한, 대사증후군 위험요소 중 혈압과 중성지방은 참조그룹(OR, 1.59; 95% CI, 1.07–2.36)에 비해 2분위 그룹(OR, 1.70; 95% CI, 1.16–2.51)에서 OR이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 반면, 가속도계의 경우 참조그룹에 비해 2–4분위 그룹 모두에서 대사증후군의 OR이 통계적으로 유의하게 증가하였다(OR, 1.60; 95% CI, 1.03–2.46 vs. OR, 1.61; 95% CI, 1.01–2.56 vs. OR, 1.99; 95% CI, 1.18–3.34). 또한, 대사증후군 위험요소 중 공복혈당은 참조그룹에 비해 4분위 그룹에서 OR이 통계적으로 유의하게 증가하였다(OR, 1.59; 95% CI, 1.03–2.43). HDL-C은 참조그룹에 비해 2–4분위 그룹 모두에서 OR이 통계적으로 유의하게 증가하였다(OR, 1.46; 95% CI, 1.03–2.05 vs. OR, 1.50; 95% CI, 1.05–2.15 vs. OR, 1.78; 95% CI, 1.19–2.67).

고 찰

본 연구는 국민건강영양조사의 가속도계자료를 활용하여 한국인의 좌식 시간과 대사증후군 및 위험요인의 연관성을 확인한 첫 연구이다. 설문지는 가속도계로 측정된 좌식 시간에 비해 상대적으로 낮은 시간을 보고하였다. 이러한 결과의 차이는 사회적 바람직성과 회상의 오류 등으로 인해 발생되었을 것으로 판단된다. 반면에 좌식 시간이 가장 많은 20대는 설문지의 좌식 시간이 가속도계에 비해 많은 것으로 나타났다. 정확한 원인은 파악하기 어렵지만, 신체활동을 많이 하는 사람일수록 자신의 신체활동 수준을 과도하게 보고한다는 선행연구의 결과¹⁰와 유사하게, 좌식 시간이 많은 사람일수록 자신의 좌식 시간을 과도하게 보고하였을 것으로 예측된다. 또한, 좌식 시간이 많은 그룹일수록 대사증후군 및 대사증후군 위험요인의 OR이 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 결과들은 설문지에 비해 가속도계로 측정된 좌식 시간에서 더 강하고 일관되게 나타났다. 이와 같은 연구 결과는 가속도계

로 측정된 신체활동이 설문지로 조사된 신체활동보다 심혈관질환 및 대사증후군과 강한 연관성을 갖는다는 선행연구의 결과들과 유사하다^{11,19}.

전 세계적으로 기술 및 이동수단, 직장 생산성에 따른 생활패턴 변화와 더불어 좌식 시간과 신체적으로 비활동적인 생활습관이 증가하고 있으며, 이는 만성질환으로의 발전 위험뿐 아니라 만성 질환 관련 여러 위험 인자들과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다^{20,21}. 2003–2006년 NHANES에서 가속도계를 활용하여 측정된 좌식 시간과 대사증후군 OR의 관계를 조사한 Kim과 Kang의 연구²²에서, 좌식 시간이 증가할수록 대사증후군 OR이 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 결과가 동일하였다. 또한, 설문지로 측정된 좌식 시간과 대사증후군 연관성을 조사한 메타분석 및 일부 횡단연구에서도 좌식 시간이 증가할수록 대사증후군 OR이 증가하는 것으로 나타났으며^{6,20}, 본 연구의 설문 결과에서도 좌식 시간과 대사증후군 간 유의한 상관이 있었다. 하지만, 가속도계 및 설문지 기반 선행연구들의 결과에 비해 낮은 연관성을 나타냈다. 이는 연구에 따라 좌식 시간을 분류하는 공통된 기준이 없으며, 가속도계 데이터 수집 및 원시자료 처리 방법이 연구자에 따라 상이하기 때문일 것으로 생각된다.

한편, NHANES에서 가속도계를 활용하여 측정된 좌식 시간과 대사질환의 생체지표들(biomarkers)의 관계를 조사한 Healy 등²¹의 연구에 따르면 좌식 시간이 증가할수록 유의하게 triglyceride의 증가 및 HDL-C의 감소가 나타난 반면, 공복혈당과 혈압에서는 유의한 연관성이 나타나지 않아 본 연구의 결과와 일치하는 결과를 보여주었다. 이는 일본 성인들을 대상으로 한 Kim 등²³의 연구 결과 및 본 연구의 가속도계 기반 연구 결과와 매우 유사하게 나타났다.

또한, 가속도계 기반 연구와 유사하게 자기보고식 설문을 기반으로 실시한 León-Latre 등²⁴의 횡단연구에서도 좌식 시간은 허리둘레, HDL-C, 중성지방 등의 생체지표들과 유의한 연관성이 있는 것으로 나타난 반면, Altenburg 등²⁵의 전향적 연구에서는 대사질환과 관련된 여러 생체지표 중 HDL-C를 제외한 대부분의 지표들에서 좌식 시간과 관련이 없는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 양상을 나타내었다. 특히, 여러 연구들에서 복부비만, 고혈당, 그리고 혈압의 경우 연구마다 상반된 결과를 보여 좌식 시간과의 연관성에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 생각된다^{21,24,25}. 연구에 따라 상반된 결과는 통계 분석에 사용되는 공변인과 연구에 포함된 대상자의 특성에 영향을 받았을 것으로 예측된다.

여러 선행연구들에 의하면 두 요인 간의 기전을 명확하게 제시하기 어렵지만, 아마도 다음과 같은 생리학적 메커니즘에 의한 것이라고 반복적으로 설명하고 있다^{24,26}. 먼저 가능성 있는

메커니즘으로, 좌식 시간 동안 중력으로 인한 종아리 둘레의 증가와 함께 정맥혈 회귀의 감소 및 혈액 점성의 변화 등으로 인해 혈관 내피기능(endothelial function)과 전단응력(shear stress)에 부정적 영향을 미칠 수 있는 가능성을 제시하였다^{26,27}. 또한, 좌식행동은 에너지 소비량 감소와 함께 지질대사를 조절하는 핵심 효소 중 하나인 지단백질 분해효소(skeletal muscle lipoprotein lipase)의 활동 감소를 유발할 뿐 아니라^{26,28}, 인슐린 저항성, 염증, 비정상적 포도당 및 지방 대사, 그리고 만성질환을 포함하여 대사증후군 발병과 관련된 병원성 경로(pathogenic pathways)들을 유발할 수 있다고 보고하였다^{29,30}.

본 연구의 결과 좌식 시간의 증가는 대사증후군 유병 위험의 증가, HDL-C의 감소, 고중성지질혈증(triglyceridemia)의 증가와 유의한 연관성이 있고, 가속도계로 측정된 좌식 시간에서 대사증후군과 강한 연관성과 연관성과 양·반응(dose response relationship) 관계를 보여주었으나 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫째, NHANES와 달리 국내의 경우 연구참여자가 편의표집(convenience sampling) 되어 대표성이 편향되었을 가능성이 존재한다. 둘째, 가속도계를 허리에 착용하여 서 있는 상태가 좌식 시간으로 분류되는 등 과대 추정되었을 가능성을 완벽하게 배제할 수 없다. 마지막으로 단면(cross-sectional) 연구의 특성상 좌식 시간과 대사증후군 사이의 인과관계를 밝히기에 제한적인 부분이 존재한다.

그러나 본 연구는 1,300명 이상의 많은 한국인들을 대상으로 좌식 시간을 가속도계로 측정하여 대사증후군 및 대사증후군 관련 위험요인들과의 연관성을 파악하는 첫 연구라는 점, 그리고 가속도계와 설문지의 연관성을 각각 확인한 첫 연구라는 점에서 연구적 가치가 있을 것이다. 또한, 본 연구의 결과는 추후 대사질환 예방에 있어 국내 의료 및 건강관련 전문가들에게 좌식생활 중재를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Jungjun Lim <https://orcid.org/0000-0001-6138-1036>
 Hoyong Sung <https://orcid.org/0000-0002-8325-5206>
 Joon-Sik Kim <https://orcid.org/0000-0002-5935-7851>
 Geonhui Kim <https://orcid.org/0000-0003-2279-8466>
 Jungwoon Kim <https://orcid.org/0000-0002-2636-0763>

Yeonsoo Kim <https://orcid.org/0000-0003-1447-0196>

Author Contributions

Conceptualization: JK. Formal analysis: HS. Methodology: JSK, GK. Writing-original draft: JL. Writing-review & editing: YK.

References

1. Zhang F, Liu L, Zhang C, Ji S, Mei Z, Li T. Association of Metabolic Syndrome and its components with risk of stroke recurrence and mortality: a meta-analysis. *Neurology* 2021;97:e695-e705.
2. Mottillo S, Filion KB, Genest J, et al. The metabolic syndrome and cardiovascular risk a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1113-32.
3. Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ. The metabolic syndrome. *Lancet* 2005;365:1415-28.
4. Borch-Johnsen K. The metabolic syndrome in a global perspective: the public health impact--secondary publication. *Dan Med Bull* 2007;54:157-9.
5. Huh JH, Kang DR, Jang JY, et al. Metabolic syndrome epidemic among Korean adults: Korean survey of cardio-metabolic syndrome (2018). *Atherosclerosis* 2018;277:47-52.
6. Edwardson CL, Gorely T, Davies MJ, et al. Association of sedentary behaviour with metabolic syndrome: a meta-analysis. *PLoS One* 2012;7:e34916.
7. Ford ES, Kohl HW 3rd, Mokdad AH, Ajani UA. Sedentary behavior, physical activity, and the metabolic syndrome among U.S. adults. *Obes Res* 2005;13:608-14.
8. Sallis JF, Saelens BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Res Q Exerc Sport* 2000;71(2 Suppl):S1-14.
9. Lee IM, Shiroma EJ, Evenson KR, Kamada M, LaCroix AZ, Buring JE. Using devices to assess physical activity and sedentary behavior in a large cohort study, the women's health study. *J Meas Phys Behav* 2018;1:60-9.
10. Lim J, Sung H, Lee O, Kim Y. Physical activity in South Korea measured by accelerometer: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey VI 2014-2015. *Korean J Sport Sci* 2020;31:169-79.
11. Sung H, Lim J, Mun J, Kim Y. Objective versus self-reported physical activity and cardiovascular disease risk factors. *Korean J Sports Med* 2020;38:28-36.
12. Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC).

- KNHANES regulation for using of raw data 6th (2013-2015) [Internet]. Cheongju: KCDC; 2015. Available from: https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub03/sub03_06_02.do
13. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:181-8.
14. World Health Organization (WHO). Global physical activity questionnaire (GPAQ) analysis guide. Geneva: WHO; 2010. Available from: https://www.academia.edu/32922327/Global_Physical_Activity_Questionnaire_Analysis_Guide_Surveillance_and_Population_Based_Prevention_Prevention_of_Noncommunicable_Diseases_Department_World_Health_Organization
15. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, 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; 120:1640-5.
16. Lee SY, Park HS, Kim DJ, et al. Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults. *Diabetes Res Clin Pract* 2007;75:72-80.
17. Jo H, Kim JY, Jung MY, Ahn YS, Chang SJ, Koh SB. Leisure time physical activity to reduce metabolic syndrome risk: a 10-year community-based prospective study in Korea. *Yonsei Med J* 2020;61:218-28.
18. Liu SH, Waring ME, Eaton CB, Lapane KL. Association of objectively measured physical activity and metabolic syndrome among US adults with osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2015;67:1371-8.
19. 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;30:155-62.
20. Lemes IR, Sui X, Fernandes RA, et al. Association of sedentary behavior and metabolic syndrome. *Public Health* 2019;167:96-102.
21. Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW, Winkler EA, Owen N. Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in US adults: NHANES 2003-06. *Eur Heart J* 2011;32:590-7.
22. Kim H, Kang M. Sedentary behavior and metabolic syndrome in physically active adults: National Health and Nutrition Examination Survey 2003-2006. *Am J Hum Biol* 2019: e23225.
23. Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, Zempo H, Kuno S. Objectively measured light-intensity lifestyle activity and sedentary time are independently associated with metabolic syndrome: a cross-sectional study of Japanese adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2013;10:30.
24. León-Latre M, Moreno-Franco B, Andrés-Esteban EM, et al. Sedentary lifestyle and its relation to cardiovascular risk factors, insulin resistance and inflammatory profile. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2014;67:449-55.
25. Altenburg TM, Lakerveld J, Bot SD, Nijpels G, Chinapaw MJ. The prospective relationship between sedentary time and cardiometabolic health in adults at increased cardiometabolic risk: the Hoorn Prevention Study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2014;11:90.
26. Carter S, Hartman Y, Holder S, Thijssen DH, Hopkins ND. Sedentary behavior and cardiovascular disease risk: mediating mechanisms. *Exerc Sport Sci Rev* 2017;45:80-6.
27. Lynch BM. Sedentary behavior and cancer: a systematic review of the literature and proposed biological mechanisms. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2010;19:2691-709.
28. Bey L, Hamilton MT. Suppression of skeletal muscle lipoprotein lipase activity during physical inactivity: a molecular reason to maintain daily low-intensity activity. *J Physiol* 2003;551(Pt 2):673-82.
29. Miranda PJ, DeFronzo RA, Califf RM, Guyton JR. Metabolic syndrome: definition, pathophysiology, and mechanisms. *Am Heart J* 2005;149:33-45.
30. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes* 2007;56:2655-67.