

젊은 성인 여성의 신체활동 수준과 동맥경직도의 관련성

이루다¹, 강예진², 황문현^{3,4}

¹인천대학교 대학원 체육학과, ²인천대학교 교육대학원 체육교육과, ³인천대학교 운동건강학부, ⁴인천대학교 스포츠과학연구소

The Relationship between Physical Activity Level and Arterial Stiffness in Young Female Adults

Ruda Lee¹, Yejin Kang², Moon-Hyon Hwang^{3,4}

¹Department of Human Movement Science, Graduate School, Incheon National University, Incheon; ²Department of Physical Education, Graduate School of Education, Incheon National University, Incheon; ³Division of Health & Kinesiology, Incheon National University, Incheon; ⁴Sport Science Institute, Incheon National University, Incheon, Korea

PURPOSE: Arterial stiffness is associated with cardiovascular events and mortality. Regular physical activity contributes to decrease in arterial stiffness. The purpose of this study was to analyze the relationship between physical activity level, as objectively assessed by a 3-axial accelerometer, and central artery stiffness in young female adults.

METHODS: Twenty-six young adults without overt clinical disease participated in this cross-sectional study. Physical activity level was assessed during three consecutive weekdays using ActiGraph wGT3X-BT accelerometer. Study participants were divided into either higher or lower activity group based on physical activity quantity and physical activity time with moderate to vigorous intensity (MVPA). Central artery stiffness was assessed by aortic pulse wave velocity (aortic PWV), augmentation index (AIx) and augmentation index adjusted at 75 beats per minute of heart rate (AIx@75) using SphygmoCor Xcel System.

RESULTS: AIx and AIx@75 were lower in the group with higher physical activity quantity (counts/min) compared with the group with lower physical activity quantity ($p < .05$). AIx was inversely associated with vector magnitude ($r = -.412, p = .036$) and AIx@75 was inversely related to axis-1 counts ($r = -.421, p = .032$), vector magnitude ($r = -.466, p = .016$), step counts ($r = -.499, p = .021$). Regarding MVPA, there were no significant group differences on central artery stiffness measures. However light-intensity physical activity time ($r = -.398, p = .044$) and MVPA time ($r = -.403, p = .041$) were negatively associated with AIx@75.

CONCLUSIONS: Augmented physical activity level is associated with reduced central artery stiffness in healthy young women.

Key words: Physical activity, Arterial stiffness, Pulse wave velocity, Augmentation index

서론

심혈관계 질환은 우리나라를 포함한 OECD 국가의 주요 사망원인 중 하나이며 사망자 수 또한 매년 꾸준히 증가하고 있다[1,2]. 증가된 중심 동맥경직도는 중심 동맥압과 혈관벽의 긴장도를 증가시키고, 좌심실 비대 및 관상동맥 관류 저하에 관여하여 심혈관계 질환의 위험

성을 증가시킨다[3]. 대동맥 맥파전달속도(aortic pulse wave velocity)와 맥파증대지수(augmentation index)는 비침습적으로 중심 동맥경직도를 평가하는 대표적인 방법이며, 빨라진 대동맥 맥파전달속도와 증가된 맥파증대지수는 심혈관계 질환의 유병률 및 사망률 증가를 예측할 수 있는 것으로 알려져 있다[4,5]. 상대적으로 건강한 젊은 성인의 동맥경직도는 체중, 혈압, 혈당, LDL 콜레스테롤(low density lipoprotein

Corresponding author: Moon-Hyon Hwang Tel +82-32-835-8698 Fax +82-32-835-0789 E-mail mhwang@inu.ac.kr

*이 논문은 인천대학교 2017년도 자체연구비(국내연구) 지원에 의하여 연구되었음.

Keywords 신체활동, 동맥경직도, 맥파전달속도, 맥파증대지수

Received 29 Mar 2019 Revised 14 May 2019 Accepted 20 May 2019

© 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.

cholesterol)과 같은 전통적인 심혈관계 질환 위험 인자와 밀접한 관계를 가지고 있다[6].

자동화, 현대화된 사회에서 신체활동량의 감소는 운동부족증(hypokinetic disease)이라는 새로운 건강문제를 유발시켰으며[7,8], 부족한 신체활동은 심폐체력 감소 및 혈관 경화 가속화에 기여하여 관상동맥 질환을 포함한 심장질환이나 뇌졸중의 위험을 증가시킨다[9,10]. 하지만 증가된 신체활동은 체지방 감소와 같은 신체구성의 변화와 동맥경직도를 개선시켜 심혈관계 질환 예방에 기여할 수 있다[11,12]. 현재까지 다양한 집단을 대상으로 유산소 운동이 동맥경직도에 미치는 영향을 긍정적으로 보고한 다수의 선행연구가 수행되어 왔지만[13-15], 젊은 여성을 대상으로 신체활동 수준과 동맥경직도 간 관련성을 평가한 선행연구가 없으며, 설문지가 아닌 가속도계 기반의 신체활동 측정기를 이용하여 객관적으로 측정된 신체활동 수준과 동맥경직도와의 상관관계를 보고한 연구 또한 미비한 실정이다. 설문지에 기반한 신체활동 수준 평가는 설문하는 대상자의 편견과 오류를 배제할 수 없는 한계를 지니고 있고 신체활동과 심혈관계 질환 위험인자 간의 관련성을 과소평가하는 것으로 보고되어[16] 객관적인 신체활동 측정을 통해 신체활동 수준을 다양하게 정량화하여 접근할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 젊은 성인 여성을 대상으로 객관성과 타당성이 입증된 3축 가속도계를 활용하여 측정된 신체활동 수준과 중심 동맥경직도 간의 관련성을 살펴보고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 임상 질환 및 근골격계 기능 장애가 없고 다양한 신체활동 수준을 가진 만 18-23세의 비흡연 젊은 여성 26명을 모집하였다. 연구 개시 전, 모든 연구 참여자들은 본 연구의 목적과 절차에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 연구 참여 동의서를 작성, 제출하였다. 본 연구는 인천대학교 기관생명윤리위원회의 심의 절차를 거친 후 실시

Table 1. Subject characteristics

| Variables | Mean ± SE |
|--------------------------------------|-------------|
| Age (yr) | 20.0 ± 0.3 |
| Height (cm) | 164.8 ± 1.3 |
| Weight (kg) | 59.8 ± 1.8 |
| Body mass index (kg/m ²) | 22.0 ± 0.5 |
| Muscle mass (kg) | 24.2 ± 0.6 |
| Fat mass (kg) | 16.0 ± 1.2 |
| Percent body fat (%) | 26.2 ± 1.2 |
| Resting heart rate (beats/min) | 56.3 ± 1.9 |
| Brachial SBP (mmHg) | 111.3 ± 1.1 |
| Brachial DBP (mmHg) | 66.1 ± 1.3 |

SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure.

되었다(7007971-201612-005-01).

연구 참여자의 기본적인 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

1) 연구 설계 및 절차

본 연구는 횡단면 연구로 객관적으로 측정된 신체활동 수준에 따른 동맥경직도의 차이를 비교, 분석하였다. 3축 동작가속도계를 이용해 평일 3일 동안 신체활동 자료를 수집한 후 동맥경직도를 측정하였다. 동맥경직도 측정에 영향을 미칠 수 있는 요인을 통제하기 위해 모든 연구 참여자는 측정 전 최소 12시간의 공복 상태를 유지했으며 과격한 운동, 카페인, 음주, 흡연을 제한한 상태에서 오전 8시에 실험실을 방문하였다. 연구 참여자가 누워서 약 20분간 안정을 취한 후 동맥경직도를 측정하였다.

2) 신체계측

신장(cm)은 신장계(삼화계기, Korea)를 사용하여 계측하였으며, 신체구성은 생체전기임피던스법(Inbody 720, Biospace, Korea)을 이용하여 측정하였다. 신체구성 측정을 통해 체중(kg), 골격근량(kg), 체지방량(kg), 체질량지수(kg/m²), 체지방률(%)을 평가하였다.

3) 신체활동 수준

신체활동 수준은 객관적인 평가를 위해 3축 동작가속도계(wGT3X-BT, ActiGraph, USA)를 사용하여 측정하였다. 연구 참여자들은 3축 동작가속도계를 우측 장골능에 위치시켜 착용하였고, 샤워 또는 물과 관련된 활동을 한 경우를 제외하고 평일 연속 3일 동안 지속적으로 착용을 유지시켜 신체활동 데이터를 수집하였다. 신체활동량은 30 Hz로 샘플링된 가속도를 정량화한 활동 카운트(active counts)를 1분 동안 합산한 것으로 제시하였다. 신체활동 강도는 Freedson [17]이 제시한 기준에 따라 좌업생활 시간, 저강도 신체활동 시간, 중강도 신체활동 시간, 고강도 신체활동 시간으로 분류하였다. 일반적으로 고강도 신체활동 시간이 매우 짧기 때문에 중강도와 고강도의 신체활동 시간을 합친 중-고강도 신체활동 시간을 부가적으로 제시하였다. 또한 연구 참여자들은 신체활동량을 나타내는 axis-1 counts와 중-고강도 신체

Table 2. Classification of physical activity intensity

| Intensity classification | Range |
|--|------------------------|
| Sedentary physical activity | 0-9 counts/min |
| Light physical activity | 100-1,951 counts/min |
| Moderate physical activity | 1,952-5,724 counts/min |
| Vigorous physical activity | 5,725-9,498 counts/min |
| Moderate to vigorous physical activity | ≥ 1,952 counts/min |

Physical activity intensity was referred to Freedson's guideline.

활동 시간의 백분위수에서 중위수(median)를 기준으로 Higher (n=13)와 Lower (n=13) 그룹으로 분류되었다.

자세한 신체활동 수준 분류는 Table 2와 같다.

4) 대동맥 맥파전달속도

대동맥 경직도 평가를 위해 SphygmoCor Xcel (AtCor Medical, Australia) 시스템을 사용하여 경동맥-대퇴동맥 간 맥파전달속도(carotid-femoral artery pulse wave velocity or aortic pulse wave velocity, aortic PWV)를 측정하였다. 맥파전달속도는 경동맥과 대퇴동맥 간 거리를 두 지점 간 맥파 발생의 시간차로 나누어 계산하였다. 연구 참여자가 똑바로 누운 자세를 취하면 연구자가 대퇴부에 혈압 커프를 채운 후, 맥파 이동거리 측정을 위해 경동맥-흉골절흔(A), 흉골절흔-압력커프(B), 대퇴동맥-압력커프(C) 3곳의 길이를 측정하였다. 경동맥과 대퇴동맥 사이의 길이는 B-(A+C)로 계산하였다. 두 지점 간 맥파가 전달되는 시간차는 대퇴에 착용된 압력커프를 통해 감지된 대퇴동맥의 맥파와 동시에 연구자가 직접 tonometry probe를 사용하여 측정된 경동맥의 맥파 간 발생하는 시간차로 측정하였다. 맥파전달속도는 연속적으로 2회 측정된 평균값을 사용하였다.

5) 맥파증대지수

맥파증대지수(augmentation index, AIx)는 SphygmoCor Xcel (AtCor Medical, Australia) 시스템을 사용하여 측정하였으며, 좌심실의 수축으로 생성된 전진성 맥파에 반사적 맥파가 합쳐지면서 증대된 대동맥 압을 맥압으로 나누어 산출하였다. 연구 참여자가 똑바로 누운 상태에서 상완에 혈압 커프를 착용하여 상완동맥의 혈압과 압력 파형을 측정하였다. 측정된 상완동맥의 혈압과 압력 파형은 SphygmoCor Xcel 시스템에 내장된 mathematical transfer function에 의해 중심 대동맥 혈압과 맥파증대지수를 추정, 평가하는 데 사용되었다. 맥파증대지수는 심박수와 혈압의 영향을 받기 때문에 본 연구에서는 맥파증대지수를 심박수 75회로 보정한 값인 AIx@75를 부가적으로 계산하여 제시하였다. AIx@75는 다음의 수학적 공식을 통해 계산되었다.

$$[AIx@75 = \{-0.48 \times (75 - HR)\} + AIx]$$

3. 자료처리

본 연구에서 통계적 자료 분석을 위해 SPSS version 25를 사용하였다. 모든 데이터는 평균과 표준 오차로 표시하였다. 총 신체활동량(상위 vs. 하위)과 중-고강도 신체활동 시간(상위 vs. 하위)에 따른 동맥경직도 차이를 분석하기 위하여 independent t-test를 실시하였다. 총 신체활동량 및 강도별 신체활동 시간과 동맥경직도 간 관련성을 분석하기 위해 Pearson's correlation을 실시하였고 모수검정에 적합하지 않은 자료가 포함된 경우 Spearman's correlation으로 상관관계를 분석하였

다. 신체활동 수준과 동맥경직도 간 관련성 분석 시 체지방의 영향을 보정하기 위해 편상관분석(partial correlation)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 연구 참여자의 신체활동 수준

연구 참여자를 모두 포함시킨 신체활동량 평균치는 401.9 counts/min이었으며, 중-고강도 신체활동 시간은 86.6 min/day이었다. 그룹별 신체활동량의 평균값을 산출한 결과, 상위그룹은 560.0 counts/min, 하위그룹은 243.8 counts/min으로 나타났다. 중-고강도 신체활동 시간의 경우, 상위그룹은 119.6 min/day, 하위그룹은 53.6 min/day으로 나타났다. 자세한 신체활동 수준 측정치는 Table 3과 같다.

2. 신체활동 수준에 따른 신체 특성의 차이

높은 신체활동량을 가진 그룹이 낮은 신체활동량을 가진 그룹보다 안정 시 심박수(52 vs. 60 beats/min, $p = .025$)가 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 나머지 신체적 특성에선 두 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 중-고강도 신체활동 시간에 따른 신체적 특성의 차이는 상위 그룹이 하위 그룹보다 통계적으로 더 많은 근육량(25 vs. 23 kg, $p = 0.039$)을 가지고 있었으며, 나머지 측정 변인들은 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

3. 신체활동량에 따른 중심 동맥경직도 차이

연구 참여자의 신체활동량에 따른 중심 동맥경직도 차이는 Fig. 1과 같다. 신체활동량을 기준으로 상위와 하위 그룹으로 13명씩 나눠 그룹 간 중심 동맥경직도를 비교한 결과, 높은 신체활동량을 가진 그룹이 낮은 신체활동량을 가진 그룹보다 AIx (3 vs. 13%, $p = .041$)와 AIx@75 (-8 vs. 6%, $p = .016$)가 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 하지만 aortic PWV에서는 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다(5.0 vs. 5.2 min/sec, $p = .192$).

Table 3. Participants' physical activity level assessed by 3-axial accelerometer

| Physical activity index | Mean ± SE |
|---------------------------------------|------------------|
| Axis-1 (counts/min) | 401.9 ± 42.3 |
| Vector magnitude (counts/min) | 721.9 ± 61.8 |
| Steps (counts/day) | 12,705.4 ± 805.6 |
| Sedentary (min/day) | 939.9 ± 41.6 |
| Light intensity activity (min/day) | 179.6 ± 7.5 |
| Moderate intensity activity (min/day) | 73.9 ± 5.6 |
| Vigorous intensity activity (min/day) | 9.4 ± 2.6 |
| Average MVPA (min/day) | 86.6 ± 8.7 |

MVPA, moderate to very vigorous physical activity.

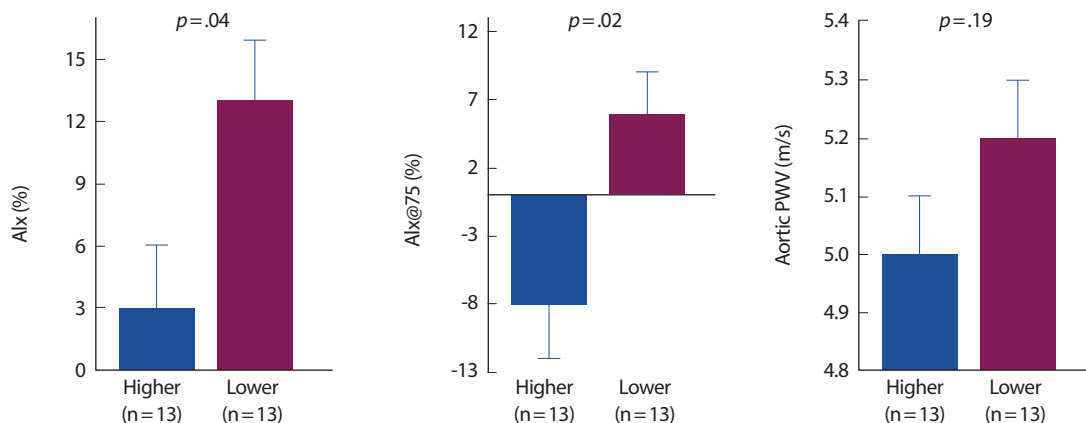


Fig. 1. Difference in arterial stiffness measures between higher and lower physical activity quantity.

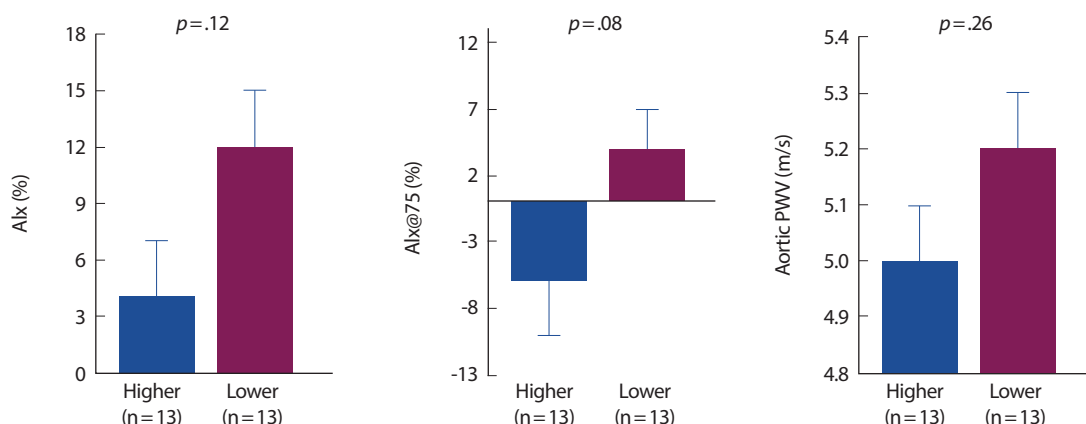


Fig. 2. Difference in arterial stiffness measures between higher and lower MVPA time.

Table 4. Correlations between physical activity level and arterial stiffness and body composition measures

| | Axis-1 (counts/min) | Vector magnitude (counts/min) | Steps (counts/day) | Sedentary (min/day) | Light intensity activity (min/day) | Moderate intensity activity (min/day) | Vigorous intensity activity (min/day) | Average MVPA (min/day) |
|-------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|---|--|--|------------------------------|
| Alx | -0.355 | -0.412 [†] | -0.358 | 0.092 | -0.336 | -0.277 | -0.284 | -0.363 |
| Alx@75 | -0.421 [†] | -0.466 [†] | -0.449* | 0.042 | -0.398* | -0.351 | -0.207 | -0.403 [†] |
| Aortic PWV | -0.313 | -0.378 | -0.242 | 0.210 | -0.145 | -0.159 | -0.203 | -0.285 |
| FFM | 0.301 | 0.216 | 0.299 | 0.132 | 0.068 | 0.410* | 0.163 | 0.416 [†] |
| Muscle mass | 0.290 | 0.223 | 0.317 | 0.146 | 0.077 | 0.419* | 0.169 | 0.404 [†] |
| Fat mass | -0.111 | -0.203 | -0.199 | 0.144 | -0.421 [†] | 0.030 | -0.189 | -0.005 |
| % body fat | -0.281 | -0.361 | -0.353 | 0.130 | -0.493 [†] | -0.172 | -0.286 | -0.210 |

MVPA, moderate to very vigorous physical activity; Alx, augmentation index; Alx@75, Alx corrected at heart rate 75; PWV, pulse wave velocity; FFM, fat free mass.

* $p < .05$ for Pearson's correlation coefficient; [†] $p < .05$ for Spearman's correlation coefficient.

4. 중-고강도 신체활동 시간에 따른 중심 동맥경직도 차이

연구 참여자의 중-고강도 신체활동 시간에 따른 중심 동맥경직도 차이는 Fig. 2와 같다. 중-고강도 신체활동 시간을 기준으로 상위와 하위 그룹으로 나눠 그룹 간 중심 동맥경직도를 비교한 결과, 두 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

5. 신체활동 수준과 중심 동맥경직도 및 신체구성 간 관련성

연구 참여자의 신체활동 수준과 중심 동맥경직도 간 관련성은 Table 4와 같다. 신체활동 수준과 중심 동맥경직도 간 상관관계를 분석한 결과, Alx는 신체활동량 지표 중 하나인 vector magnitude와 통계적으로 유의한 부적 상관관계가 있었다($r = -.412, p = .036$). Alx@75는 신체

Table 5. Partial correlations between physical activity level and arterial stiffness after adjusting fat mass or % body fat

| | Axis-1 (counts/min) | Vector magnitude (counts/min) | Steps (counts/day) | Sedentary (min/day) | Light intensity activity (min/day) | Moderate intensity activity (min/day) | Vigorous intensity activity (min/day) | Average MVPA (min/day) |
|---------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|--|--|--|------------------------------|
| Fat mass-adjusted | | | | | | | | |
| Alx | -0.296 | -0.301 | -0.289 | 0.091 | -0.250 | -0.261 | -0.269 | -0.294 |
| Alx@75 | -0.319 | -0.320 | -0.392 | 0.038 | -0.322 | -0.340 | -0.248 | -0.336 |
| Aortic PWV | -0.182 | -0.153 | -0.129 | 0.228 | 0.014 | -0.129 | -0.098 | -0.129 |
| % body fat-adjusted | | | | | | | | |
| Alx | -0.265 | -0.278 | -0.265 | 0.095 | -0.234 | -0.226 | -0.243 | -0.261 |
| Alx@75 | -0.285 | -0.298 | -0.366 | 0.042 | -0.301 | -0.305 | -0.219 | -0.302 |
| Aortic PWV | -0.111 | -0.084 | -0.047 | 0.243 | 0.094 | -0.060 | -0.035 | -0.056 |

MVPA, moderate to very vigorous physical activity; Alx, augmentation index; Alx@75, Alx corrected at heart rate 75; PWV, pulse wave velocity.

활동량의 또 다른 지표인 axis-1 counts ($r = -.421, p = .032$), vector magnitude ($r = -.466, p = .016$), steps ($r = -.449, p = .021$), 저강도 신체활동 시간($r = -.398, p = .044$), 중-고강도 신체활동 시간($r = -.403, p = .041$)과 부적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 신체활동 수준과 aortic PWV 간에는 어떠한 상관관계도 나타나지 않았다. 신체활동 수준과 신체구성 간 상관관계를 분석한 결과, 저강도 신체활동 시간은 체지방량($r = -.421, p = .032$) 및 체지방률($r = -.493, p = .010$)과 부적 상관관계가 있었다. 중강도 신체활동 시간은 전신의 체지방량($r = .410, p = .037$) 및 근육량($r = .419, p = .033$)과 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 중-고강도 신체활동 시간은 전신의 체지방량($r = .416, p = .034$) 및 근육량($r = .404, p = .041$)과 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 중심 동맥경직도에 영향을 미치는 요인으로 알려진 체지방량 및 체지방률의 영향을 통제하고 신체활동 수준과 동맥경직도 간 편상관분석을 실시한 결과, 어떠한 변인 간에서도 유의한 상관관계가 나타나지 않았다(Table 5).

논 의

본 연구는 젊은 성인 여성의 신체활동 수준이 동맥경직도에 미치는 영향을 조사하였다. 과거 신체활동이 동맥경직도에 미치는 영향을 조사한 선행연구가 일부 있었지만, 대다수가 신체활동 수준을 설문지를 통해 평가하여 분석 자료의 객관성 및 타당성이 다소 미흡했으며 연구 결과의 해석 또한 제한되는 단점이 있었다. 이런 단점을 보완하고자 본 연구에서는 타당성이 이미 입증된 3축 가속도계를 통해 객관적으로 신체활동을 측정하여 중심 동맥경직도와와의 관련성을 분석하였다. 연구 자료의 분석 결과, 높은 신체활동량을 가진 그룹이 낮은 신체활동량을 가진 그룹보다 유의하게 낮은 AIx와 AIx@75를 보였다. AIx는 vector magnitude와 부적 상관관계가 있었으며, AIx@75는 axis-1 counts, vector magnitude, steps와 부적 상관관계가 나타났다. 중-고강도 신체활동 시간이 높은 그룹과 낮은 그룹으로 나누어 중심 동맥경

직도를 비교한 결과, 그룹 간 유의한 차이는 없었지만, AIx@75가 저강도 신체활동 시간 및 중-고강도 신체활동 시간과 통계적으로 유의한 부적 상관관계를 보였다.

미국 심장 협회(American Heart Association)는 특별한 질환이 없는 젊은 성인에게 전략적으로 접근하는 것이 미래의 심혈관계 질환 발병률 감소에 긍정적인 영향을 줄 수 있으므로 젊은 성인을 대상으로 신체활동을 포함한 다양한 중재 방법을 적용하는 것이 중요하다는 점을 강조했다[18]. 본 연구의 결과는 젊은 성인일지라도 신체활동 수준이 높을수록 낮은 동맥경직도를 보유하고 있다는 과학적 증거를 제시하여, 위험성이 상대적으로 낮은 젊은 성인일지라도 심혈관 질환 예방을 위해 적극적인 신체활동 중재 요법의 적용이 필요할 수 있음을 암시하고 있다.

다양한 연령을 대상으로 규칙적인 유산소 운동이 동맥경직도에 미치는 영향을 조사한 선행연구가 보고되고 있지만 젊은 성인을 대상으로 객관적으로 측정된 신체활동 수준과 중심 동맥경직도 간 관련성을 조사한 연구는 매우 부족한 실정이다. Garcia-Ortiz et al. [19]의 연구에서 건강한 성인을 대상으로 신체활동량에 따라 네 그룹으로 분류한 후 AIx@75를 비교했을 때, 높은 신체활동량을 가진 그룹이 더 낮은 AIx@75를 가지고 있는 것으로 나타났다. Edwards et al. [20]의 연구에서는 젊은 성인을 대상으로 신체활동량에 따라 세 그룹으로 분류한 후 동맥경직도를 비교했을 때, 높은 신체활동량을 가진 그룹이 더 낮은 AIx@75와 aortic PWV를 가지고 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 높은 신체활동량을 가진 그룹이 더 낮은 AIx@75를 보여 선행연구와 유사한 연구 결과가 나타났다. 신체활동량이 aortic PWV에 미치는 영향을 조사한 선행연구 결과를 살펴보면 평균 연령 10세인 아동의 경우 높은 신체활동을 가진 그룹이 더 낮은 aortic PWV를 가지고 있었지만[21,22], 성인의 경우 신체활동량에 따른 aortic PWV의 차이가 나타나지 않았다[23]. 본 연구에서도 신체활동량에 따른 aortic PWV의 그룹 간 차이가 나타나지 않았는데, 이는 연구 참여자의 연령,

특성, 질환보유 여부 및 신체활동량 측정 방법의 차이 때문인 것으로 사료된다. 또한 신체활동을 객관적으로 측정할 대다수의 선행연구는 측정 기간을 평일과 주말을 포함한 7일로 하였지만 본 연구에서는 평일 3일만 측정하였다는 제한점이 있었다. 신체활동 패턴은 개인차가 있고 한 개인에 있어서도 평일과 주말에 완전히 다른 신체활동 특성을 가지고 있을 수 있다. 따라서 신체활동을 측정 시 자료 획득 기간 및 요일 특성의 차이가 본 연구 결과와 선행연구 결과의 차이에 영향을 미친 것으로 사료된다.

본 연구 결과에서 나타난 신체활동량과 AIx 그리고 AIx@75 간 부적 상관관계는 신체활동량과 AIx@75 간 부적 상관관계를 보여준 García-Ortiz et al. [19]과 Gomez-Marcos et al. [23]의 연구 결과를 재확인해 주었으며, 이는 성인의 신체활동량이 많을 수록 동맥경직도가 더욱 감소된다는 것을 의미한다. 규칙적인 신체활동은 정맥혈 회귀량 증가를 유도하고 이는 심박출량의 증가로 이어져 혈관의 내피세포에 적절한 생리적 자극인 shear stress를 유발한다[24]. 또한 증가된 신체활동량은 혈관 내피세포 내 산화질소(nitric oxide) 생성 및 생이용률(bioavailability)의 증가[25]를 통한 혈관내피세포 기능부전 예방[26], 혈관세포 내 염증 감소[27] 등 다양한 생리적 기전을 경유해 동맥경직도를 감소시킬 수 있으며, 이는 결국 신체활동량의 증가를 통해 심혈관계 질환을 예방하고 위험성을 감소시키는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

Gando et al. [28]의 연구에서 연령과 신체활동 강도를 세부적으로 분류해 동맥경직도와와의 상관관계를 분석한 결과, 중년 성인은 중강도와 고강도 신체활동 시간이 aortic PWV와 부적 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 노인은 저강도와 중강도 신체활동 시간이 aortic PWV와 부적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 하지만 젊은 성인에서는 신체활동 강도와 동맥경직도 간 어떠한 상관관계도 나타나지 않았다. 본 연구에서는 저강도 신체활동 시간과 중-고강도 신체활동 시간이 AIx@75와 부적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 중-고강도 신체활동 시간이 많을수록 낮은 동맥경직도를 보인다는 Hawkins et al. [29]과 Horta et al. [30]의 선행연구 결과와 일치한다. 본 연구에서는 고강도 신체활동 시간과 동맥경직도 간 상관관계가 나타나지 않았지만 Gomez-Marcos et al. [23]과 Van De Laar et al. [31]의 선행연구에서는 고강도 신체활동 시간 증가가 중심 동맥경직도 감소와 통계적으로 유의한 상관관계가 있다는 것을 보여주었다. 고강도 신체활동 시간과 중심 동맥경직도 간 관련성에 대한 본 연구결과가 선행연구와 다르게 나타난 이유 중 하나는 모집된 대상자의 성별에 따라 신체활동 수준 및 안정 시 동맥경직도의 차이가 존재할 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서는 젊은 성인 여성을 대상으로 하였으나 선행연구에서는 양성을 모두 포함하고 있었으며, 젊은 성인일지라도 남성과 여성의 기본적인 신체활동 수준의 차이[32]가 있고 동맥경직도의 성차가 존재한다는 선행연구 결과[33]를 고려했을 때 본 연구 결과와 선행연구 결과의 차이 발생은 예

측 가능한 수준에서 수용되어질 수 있다고 사료된다.

본 연구에서 저강도 신체활동 시간이 AIx@75와 유의한 부적 상관관계가 있음을 보여주었다. 저강도 신체활동 시간이 젊은 성인 여성의 동맥경직도를 향상시키는 기전은 명확히 알려져 있지 않지만 신체활동이 체지방 감소와 같은 신체조성에 유의한 영향을 주어 동맥경직도에 영향을 줄 수 있다는 설득력 있는 주장을 고려해 볼 수 있다[34,35]. 특히, 본 연구에서는 저강도 신체활동이 체지방량 및 체지방률과 부적 상관관계를 보였고, 이러한 체지방의 변화는 동맥경직도 변화와 유의한 정적 상관관계가 있음을 확인하였다($r = .427, p = .029$). 또한 저강도 신체활동 시간과 AIx@75의 상관관계에서 체지방량의 효과를 통제해 본 결과 두 변인 간 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 이는 저강도 신체활동이 젊은 여성의 체지방을 저하시키고 이러한 체지방의 변화가 동맥경직도를 감소시킨 것을 반영한 것으로 사료된다. 본 연구에서 측정된 동맥경직도 지표 중 aortic PWV는 여성의 생리주기에 영향을 받지 않지만 AIx는 생리주기에 영향을 받는 것으로 보고되고 있다[36,37]. AIx에 영향을 미칠 수 있는 여성의 생리주기를 통제하지 못한 점, 연구 참여자의 수가 적은 점, 식이 통제를 실시하지 못한 제한점이 있어 본 연구 결과를 일반화하여 적용하기에는 한계가 있다.

결론

본 연구는 젊은 성인 여성을 대상으로 신체활동 수준과 동맥경직도 간의 관련성을 규명하고자 하였다. 본 연구를 통해 신체활동량이 많은 젊은 여성일수록 중심 동맥경직도 중 맥파증대지수가 낮게 나타났으며, 특정 신체활동 강도와 상관없이 저강도와 중-고강도 모두 신체활동 시간이 많을수록 맥파증대지수에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 향후 다양한 연령대와 남성을 포함하여 보다 포괄적으로 신체활동 수준과 동맥경직도 간 관련성을 규명할 수 있는 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

CONFLICT OF INTEREST

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

REFERENCES

1. Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, Arnett DK, Blaha MJ, et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics--2016 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2016;133(4):

- 447-54.
2. Statistics Korea. Causes of Death Statistics in 2017; Retrieved from: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1012.
 3. Karras A, Haymann JP, Bozec E, Metzger M, Jacquot C, et al. Large artery stiffening and remodeling are independently associated with all-cause mortality and cardiovascular events in chronic kidney disease. *Hypertension*. 2012;60(6):1451-7.
 4. Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux B, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension*. 2001;37(5):1236-41.
 5. Pereira T, Correia C, Cardoso J. Novel methods for pulse wave velocity measurement. *J Med Biol Eng*. 2015;35(5):555-65.
 6. Urbina EM, Kieftkya L, Tsai J, Srinivasan SR, Berenson GS. Impact of multiple cardiovascular risk factors on brachial artery distensibility in young adults: the Bogalusa Heart Study. *Am J Hypertens*. 2005;18(6):767-71.
 7. Jung F. Hypokinetic disease; diseases produced by lack of exercise. *JAMA*. 1961;177(12):883.
 8. Cardiology AC. Sitting increases heart disease risk regardless of physical activity. 2013; Retrieved from: <https://www.cardiosmart.org/News-and-Events/2013/04/Sitting-Increases-Heart-Disease-Risk-Regardless-of-Physical-Activity>.
 9. Kohl HW 3rd. Physical activity and cardiovascular disease: evidence for a dose response. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6 Suppl):S472-83; discussion S493-74.
 10. Lee CD, Folsom AR, Blair SN. Physical activity and stroke risk: a meta-analysis. *Stroke*. 2003;34(10):2475-81.
 11. Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, et al. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Int J Sports Med*. 2002;23 Suppl 1:S22-6.
 12. Ferreira I, Twisk JW, van Mechelen W, Kemper HC, Seidell JC, et al. Current and adolescent body fatness and fat distribution: relationships with carotid intima-media thickness and large artery stiffness at the age of 36 years. *J Hypertens*. 2004;22(1):145-55.
 13. Tanaka H, Dinunno FA, Monahan KD, Clevenger CM, DeSouza CA, et al. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*. 2000;102(11):1270-5.
 14. Hayashi K, Sugawara J, Komine H, Maeda S, Yokoi T. Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries in middle-aged sedentary men. *Jpn J Physiol*. 2005;55(4):235-9.
 15. Kitzman DW, Brubaker PH, Herrington DM, Morgan TM, Stewart KP, et al. Effect of endurance exercise training on endothelial function and arterial stiffness in older patients with heart failure and preserved ejection fraction: a randomized, controlled, single-blind trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(7):584-92.
 16. Celis-Morales CA, Perez-Bravo F, Ibanez L, Salas C, Bailey MES, et al. Objective vs. self-reported physical activity and sedentary time: effects of measurement method on relationships with risk biomarkers. *Plos One*. 2012;7(5).
 17. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the computer science and applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(5):777-81.
 18. Lloyd-Jones DM, Hong Y, Labarthe D, Mozaffarian D, Appel LJ, et al. Defining and setting national goals for cardiovascular health promotion and disease reduction: the American Heart Association's strategic Impact Goal through 2020 and beyond. *Circulation*. 2010;121(4):586-613.
 19. Garcia-Ortiz L, Recio-Rodriguez JI, Schmidt-Trucksass A, Puigdomenech-Puig E, Martinez-Vizcaino V, et al. Relationship between objectively measured physical activity and cardiovascular aging in the general population--the EVIDENT trial. *Atherosclerosis*. 2014;233(2):434-40.
 20. Edwards NM, Daniels SR, Claytor RP, Khoury PR, Dolan LM, et al. Physical activity is independently associated with multiple measures of arterial stiffness in adolescents and young adults. *Metabolism*. 2012;61(6):869-72.
 21. Schack-Nielsen L, Molgaard C, Larsen D, Martyn C, Michaelsen KF. Arterial stiffness in 10-year-old children: current and early determinants. *Br J Nutr*. 2005;94(6):1004-11.
 22. Sakuragi S, Abhayaratna K, Gravenmaker KJ, O'Reilly C, Sriksalanukul W, et al. Influence of adiposity and physical activity on arterial stiffness in healthy children: the lifestyle of our kids study. *Hypertension*. 2009;53(4):611-6.
 23. Gomez-Marcos MA, Recio-Rodriguez JI, Patino-Alonso MC, Agudo-Conde C, Lasaoa-Medina L, et al. Relationship between objectively measured physical activity and vascular structure and function in adults. *Atherosclerosis*. 2014;234(2):366-72.
 24. Ceremuzynski L, Chamiec T, Herbaczynska-Cedro K. Effect of supplemental oral L-arginine on exercise capacity in patients with stable angina pectoris. *Am J Cardiol*. 1997;80(3):331-3.

25. Nyberg M, Jensen LG, Thaning P, Hellsten Y, Mortensen SP. Role of nitric oxide and prostanoids in the regulation of leg blood flow and blood pressure in humans with essential hypertension: effect of high-intensity aerobic training. *J Physiol*. 2012;590(6):1481-94.
26. Di Francescomarino S, Sciartilli A, Di Valerio V, Di Baldassarre A, Gallina S. The effect of physical exercise on endothelial function. *Sports Med*. 2009;39(10):797-812.
27. Jennersjo P, Ludvigsson J, Lanne T, Nystrom FH, Ernerudh J, et al. Pedometer-determined physical activity is linked to low systemic inflammation and low arterial stiffness in type 2 diabetes. *Diabet Med*. 2012;29(9):1119-25.
28. Gando Y, Yamamoto K, Murakami H, Ohmori Y, Kawakami R, et al. Longer time spent in light physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults. *Hypertension*. 2010;56(3):540-6.
29. Hawkins M, Gabriel KP, Cooper J, Storti KL, Sutton-Tyrrell K, et al. The impact of change in physical activity on change in arterial stiffness in overweight or obese sedentary young adults. *Vasc Med*. 2014;19(4):257-63.
30. Horta BL, Schaan BD, Bielemann RM, Vianna CA, Gigante DP, et al. Objectively measured physical activity and sedentary-time are associated with arterial stiffness in Brazilian young adults. *Atherosclerosis*. 2015;243(1):148-54.
31. van de Laar RJ, Ferreira I, van Mechelen W, Prins MH, Twisk JW, et al. Habitual physical activity and peripheral arterial compliance in young adults: the Amsterdam growth and health longitudinal study. *Am J Hypertens*. 2011;24(2):200-8.
32. Boreham CA, Ferreira I, Twisk JW, Gallagher AM, Savage MJ, et al. Cardiorespiratory fitness, physical activity, and arterial stiffness: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Hypertension*. 2004;44(5):721-6.
33. Namgoong H, Lee D, Hwang MH, Lee S. The relationship between arterial stiffness and maximal oxygen consumption in healthy young adults. *J Exerc Sci Fit*. 2018;16(3):73-7.
34. Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W. The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Int J Sports Med*. 2002;23 Suppl 1:S8-14.
35. Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W. Prediction of cardiovascular disease risk factors later in life by physical activity and physical fitness in youth: general comments and conclusions. *Int J Sports Med*. 2002; 23 Suppl 1:S44-9.
36. Williams MR, Westerman RA, Kingwell BA, Paige J, Blombery PA, et al. Variations in endothelial function and arterial compliance during the menstrual cycle. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86(11):5389-95.
37. Robb AO, Mills NL, Din JN, Smith IB, Paterson F, et al. Influence of the menstrual cycle, pregnancy, and preeclampsia on arterial stiffness. *Hypertension*. 2009;53(6):952-8.