일주일간의 간헐적 좌식차단의 혈관기능 개선 효과

박수현, 윤은선, 제세영

서울시립대학교 스포츠과학과

Seven Days Breaking Up Prolonged Sitting Improves Systemic Endothelial Function in Sedentary Men

Soo Hyun Park, Eun Sun Yoon, Sae Young Jae

Department of Sports Science, University of Seoul, Seoul, Korea

PURPOSE: To examine the cumulative (7 days) effect of breaking up prolonged sitting on systemic endothelial function in sedentary men.

METHODS: Thirty sedentary men (33.93 ± 5.72 years) participated in two randomized 7 days sitting trial (Sit group (control) vs. Breaks group). The protocol of Breaks group is as follows: 4-minute of moderate-intensity marching in place (walking) every 1 hour during business hour (total: 8 breaks/day). Assessment of brachial artery endothelial function using flow-mediated dilation (FMD) and arterial stiffness indices (augmentation index, arterial pressure and pulse wave velocity) were measured before and after 7 days treatment.

RESULTS: Brachial artery FMD significantly increased after 7 days breaking up prolonged sitting treatment (Breaks groups, 9.65 ± 2.61 to $9.62 \pm 2.6\%$) compared with 7 days prolonged sitting (Sit group, 8.37 ± 3.41 to $10.11 \pm 3.75\%$) (interaction effect, $p = .004$). Arterial pressure (AP) significantly increased after treatment (Breaks group, 2.75 ± 2.19 to 2.38 ± 1.63 mmHg, $p = .002$) in Sit group but there was no change (Sit group, 1.00 ± 3.18 to 2.50 ± 9.23 mmHg) in Breaks groups (interaction effect, $p = .008$).

CONCLUSIONS: These finding show that 7 days regular breaking up prolonged sitting improve in FMD, compared with prolonged sitting. Therefore, regular breaking up prolonged sitting may improve systemic endothelial function in sedentary men.

Key words: Breaking up prolonged sitting, Seven days, Vascular function, Marching in place

서 론

현대인들에게 매우 일반적이고 습관화된 장시간의 좌식(prolonged sitting)은 대사질환의 위험요인, 제2형 당뇨병, 심혈관계질환 그리고 사망률의 위험을 증가시키는 것과 관련이 있다고 알려져 있다[1-3] 특히, 장시간의 좌식이 활발한 강도의 신체활동이나 총 신체활동량을 보정하고서도 심-대사질환의 위험요인, 제2형 당뇨병, 심혈관계질환 및 사망률과 독립적인 관련성을 가지고 있다는 선행연구들의 결과[4,5]는 현대인이 건강한 삶을 영위하기 위한 방법으로 규칙적인 운동뿐만 아

니라 일상적인 생활에서의 움직임 즉 좌식생활습관 개선이 함께 이루어 지는 것이 매우 중요하다는 것을 설명해주고 있다.

관상동맥질환 발생에 있어 가장 근본적인 역할을 하는 것으로 국소적인 혈역학적 힘의 변성을 들 수 있다[6]. 죽상동맥경화증의 시작은 낮은 전단응력(shear stress)에 의해 특징된 동맥에서부터 발전되는 것으로 알려져 있으며[7], 실제로, 동물과 인간을 대상으로 한 연구를 살펴보면 낮은 전단응력은 내피세포 기능을 손상시키고 죽상동맥경화증을 부추기는 것으로 제시하고 있다[8-11]. 특히, 앉아있는 동안 하지의 동맥들은 혈류량과 전단응력이 현저하게 감소되고 이런 환경은 일

Corresponding author: Sae-Young Jae Tel +82-2-6490-2953 Fax +82-2-6490-2949 E-mail syjae@uos.ac.kr

*이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2013S1A5B5A07049051).

Keywords 간헐적 좌식차단, 혈관기능, 좌식차단 모델, 제자리 걷기

Received 4 Nov 2016 **Revised** 12 Dec 2016 **Accepted** 1 Feb 2017

© 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.

시적인 내피세포 장애를 일으키게 된다[12,13]. 선행연구를 살펴보면, 좌식 1시간 후 하지(대퇴동맥)의 내피세포 의존성 혈관 이완능(flow mediated dilation, FMD)이 손상되었으며, 3시간 후에는 하지뿐만 아니라 상지(상완동맥)의 전단 패턴(shear pattern)에도 손상이 일어나는 것을 볼 수 있었다[14]. 종합하자면, 앉아있는 동안 하지의 맥관구조(vasculature)는 동맥경화를 일으킬 수 있는 혈액학적 환경에 노출되며, 시간이 지나면 상지에까지 영향을 미친다고 할 수 있다.

반면, 앉아있던 자리에서 일어나는(좌식 차단; breaking up prolonged sitting) 횡수가 많은 사람은 허리둘레, 체질량지수, 중성지방 및 내당능장애와 같은 심혈관계질환의 위험요인 및 유병률이 낮은 것으로 나타났다[15]. 좌식차단의 건강학적 효과를 증명하기 위한 실험연구를 살펴보면, 7시간의 일시적 좌식(sitting)동안 저장도와 중강도의 좌식차단(20분 간격으로 일어나 2분동안 강도에 맞는 트레드밀 걷기)이 식후의 혈중의 당과 인슐린의 증가를 억제시킨다고 보고하였다[16]. 또한 Howard et al. [17]은 통제 군에 비해 피브리노겐의 증가와 헤마토크리트의 증가와 관련이 있는 혈장량이 감소되었다고 보고하였다[17]. 흥미롭게도 4일동안 1시간의 중등도 이상의 운동을 한 집단보다 좌식 차단 집단에서 혈중 지질과 인슐린 민감도의 개선이 높은 것으로 나타났다[18].

내피세포 기능장애가 심혈관계질환 위험의 중요한 예측인자임이 밝혀진 이래 몇몇 연구에서 내피세포 기능장애를 혈중지질, 혈당 그리고 인슐린과 같은 전통적인 심혈관계질환 위험인자를 통해 제시하고 있다[19]. 그러나 실제로, 내피세포 기능은 전통적인 심혈관계질환 위험인자들 전에 손상이 나타나기 때문에 동맥경화 초기 예측인자들에 관한 연구가 필요하다. 이에 최근 몇몇 선행연구들에서 내피세포 의존성 혈관이완능(FMD)과 동맥경직도를 살펴본 결과 3시간 좌식 동안 1시

간 간격으로 5분간의 저장도의 걷기의 좌식차단이 내피세포 의존성 혈관이완능의 감소를 억제하는 것으로 나타났으며[20], Park et al. [21]의 연구에서도 6시간동안 앉아 있었던 통제집단에 비해 1시간 간격으로 10분간의 트레드밀 중강도의 걷기를 실시한 간헐적 좌식차지 집단과 서서 업무를 수행하였던 standing 집단에서 하지의 맥파전파 속도가 감소하는 것으로 나타나 일시적이지만 간헐적 좌식차단이 혈관기능에 유익한 효과를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 현재까지의 모든 연구에서 일시적인 좌식차단의 효과는 하지의 동맥으로 한정되어 있다. 신체활동으로 인한 혈관기능의 개선은 장기적으로 국소적인 효과뿐만 아니라 인체 전체의 효과를 나타낸다는 선행연구의 결과를 살펴봤을 때[22-24] 일시적 중재 연구는 중심동맥에 영향을 미치는데 한계가 있으며, 좀 더 오랜 시간 좌식차단의 효과를 검증할 수 있는 중재연구가 필요하다. 또한 현재까지의 좌식차단의 모델은 트레드밀 걷기에 한정되어 있었다. 이런 좌식차단 모델은 일반화하기 어렵기 때문에 많은 사람들이 쉽게 접할 수 있는 좌식차단 수정모델을 다각적으로 개발하는 것도 필요하다.

이에 본 연구에서는 일시적인 좌식차단이 아닌 일주일간의 규칙적인 좌식차단 중재를 통해 혈관 기능의 변화를 조사하고자 한다. 따라서 본 연구의 가설은 일주일간 좌식차단의 방법으로써 지속적인 중강도 제자리 걷기 활동이 혈관기능을 개선 시킬 수 있다고 정하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 건강한 성인 남성 30명(범위; 24-41세)으로 하였으나, 실험 중 2명은 개인적인 사정으로 중단하였다. 선정 기준은 일일

Table 1. Participant Characteristics

Variables	Sit G (n=12)	Breaks G (n=16)	p
Age (yr)	31.83 ± 7.2	35.50 ± 3.83	.093
Height (kg)	174.5 ± 4.7	176.0 ± 5.8	.455
Weight (kg)	72.57 ± 9.18	76.13 ± 8.90	.316
BMI (kg/m ²)	28.18 ± 11.72	24.55 ± 2.56	.237
%Body fat (%)	21.38 ± 5.61	20.98 ± 2.95	.805
SBP (mmHg)	124.33 ± 9.92	122.5 ± 10.34	.639
DBP (mmHg)	78.00 ± 11.97	78.38 ± 6.73	.917
Glucose (mL/dL)	88.20 ± 5.87	89.00 ± 4.35	.693
Total cholesterol (mL/dL)	185.20 ± 30.53	182.63 ± 27.60	.826
Triglyceride (mL/dL)	115.40 ± 82.94	140.14 ± 118.38	.538
HDL-C (mL/dL)	54.40 ± 5.52	57.13 ± 15.83	.607
Physical activity (MET-min/week)	1,462.1 ± 1,360.2	725.1 ± 1,119.7	.141
Smoking	33.30%	37.50%	
Drink	100%	100%	

Data are expressed as mean ± SD, number (%) where specified.

BMI, body mass index; SBP, systolic pressure; DBP, diastolic blood pressure; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol.

평균 sitting time이 8시간 이상 되는 자, 평소에 규칙적으로 운동을 하지 않는 자(주당 30분 이내의 중등도 정도의 운동), 최근 몇 달간 급격한 체중의 증가나 감소가 없는 자 그리고 특정 질환이나 특정한 약(고혈압, 당뇨, 고지혈증 약 등)을 복용하지 않는 자로 하였다. 연구 참여자들은 충분히 본 연구의 목적을 이해한 후 자발적으로 본 실험에 참가하였다.

본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구절차

1) 실험 설계

본 연구는 무작위로 두 집단으로 나누었으며, 혼란변수의 영향을 최소화하기 위하여 모든 피험자는 다음과 같은 동일한 실험 조건을 유지하도록 하였다. 본 연구에서 처치 기간은 Birk et al. [25]의 연구를 근거로 하였으며, 아래와 같이 좌식생활집단(통제집단)과 간헐적 좌식차단 집단을 나누어 실시하였다. 좌식생활집단(12명)은 7일 동안 평소 생활하던 대로 좌업 생활 형태를 유지하도록 하였으며, 간헐적 좌식 차단집단(16명)은 7일 동안 근무시간을 고려해 오전 10시부터 오후 6시까지 매 시간마다 4분간 총 8번의 좌식차단(breaking up prolonged sitting) 실시하였다(Fig. 1). 그 외 시간은 평소대로 생활하였다. 좌식차단의 방법은 근무시간 중 좌식차단 시간에 자리에서 일어나 제자리 걷기를 하였으며, 제자리 걷기의 방법은 무릎이 90° 각도가 되도록 걸었다. 본 처치가 시작되기 전에 연구의 참여자들은 각자의 핸드폰에 메트로놈 어플리케이션을 다운로드 받아 걷는 속도와 방법을 완벽하게 숙지한 후 참여하였다. 걷기의 강도는 최대심박수의 50-60%로 하였으며, 4분 좌식 차단이 끝나면 각 연구참여자에게 제공한 좌식 차단 일지에 본인의 심박수를 기재하도록 하였다. 본 연구에서 좌식 처치 시간은 점심시간을 포함하여 8시간으로 하였으며, 이는 보건복지부 2014년 건강통계 환경부에서 제시한 한국 성인의 하루 중 앉아서 보내는 시간(남성 7.7시간, 20대 8.7시간, 30대 7.6시간)과 실험환경을 고려하여 설정하였다[25]. 처치 하루 전(1일)과 7일간의 처치(2-7일) 후 다음날(9일)에 혈관기능의 변화를 살펴보기 위해 관련변인을 측정하였다.

2) 신체구성 및 혈액변인 측정

연구 참여자의 체중, 신체질량지수(body mass index, BMI)과 체지방

률(percent body fat, %BF)은 생체전기저항법을 이용하는 장비를 사용하였으며(Inbody 3.0, Biospace, Korea), 신장은 신장계를 이용하였다. 신체활동량은 한국어판 국제신체활동 설문지(International Physical Activity Questionnaires, IPAQ)를 이용하였다. 혈액을 채취하기 위하여 연구 참여자는 12시간 이상 공복 상태로 전완정맥에서 채혈 한 후 헤파린 처리된 튜브에 약 4 mL 정도의 혈액을 채취하여 즉시 샘플 전형 450 μ L를 분석 전용 디스크에 주입하여 원심분리 방식의 임상화학 자동분석 장치(IVD-A10A, Samsung, Korea)로 혈중 지질(중성지방, 총콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤)과 혈당을 분석하였다.

3) 혈액학적 반응 및 혈관기능 측정

(1) 혈압측정 측정

상완 동맥 혈압은 15분간 누운 상태에서 충분히 휴식을 취한 후, 자동혈압계(HEM-7080IC, Omron, Japan)를 이용하여 측정하였다. 혈압은 총 2회 측정하여 낮은 값을 이용하였으며, 측정 시간은 2분 간격으로 하였다. 중심동맥 혈압은 SphygmoCor (AtCor Medical, Australia) 장비를 이용하여 요골동맥에서 검출된 맥파에서 generalized transfer function 공식에 상완동맥 혈압을 대입하여 측정하였다.

(2) 중심 및 말초의 동맥경직도와 경동맥 내중막 두께

파형증가지수(augmentation Index; AIx), 동맥압력(Arterial Pressure; AP), 그리고 경동맥-대퇴동맥(중심)과 대퇴동맥과 경골동맥(말초)의 맥파전파속도(Pulse Wave Velocity, PWV)는 SphygmoCor (AtCor Medical, Australia)를 이용하였으며, Clinical Application of Arterial Stiffness, Task Force III의 지침[27]에 근거하여 측정하였다.

맥파전파속도는 두 동맥간의 거리(D)를 두 동맥 사이에 맥파가 전이되는 시간차(Δt)로 나누어 속도를 구하는 방식이다($PWV = D/(\Delta t)$ (m/s).

경동맥 내중막 두께(Carotid Intima Media Thickness, cIMT)는 연구 참여자를 반드시 눕히고 머리를 왼쪽으로 돌린 상태에서 12.4 MHz 이상의 고해상도 초음파(Acuson X300, Siemens, USA)를 이용하여 우측 총경동맥 팽대부에서 근위부 1 cm 부위를 반 자동으로 측정하였다. 경동맥 팽대부 1 cm 이내의 경동맥에서 1 cm 길이로 내중막 두께의 평균값을 계산하였다.

(3) 상완동맥 내피세포 의존성 혈관 이완능

혈관내피세포 기능은 상완동맥에서 내피세포 의존성 혈관 이완능(FMD)을 측정하였다. 본 연구에서는 초음파 장비(ACUSON X300, SI-MENSE, USA)를 이용하여 실시하였다. 팔오금(antecubital fossa)의 3 cm 상반에서 고해상도 초음파와 11.4 MHz 종축 탐촉자(liner probe)를 이용하여 B-mode로 상완동맥 혈관의 내경을 측정하였다. 이 후 전완에 감은 혈압계의 커프를 >200 mmHg까지 압력을 올려 5분간 혈

Fig. 1. Study design.

류를 차단하고, 5분 후 혈압계를 0 mmHg로 감압한 후 2분 동안 상완 동맥의 내경 변화를 측정하였다[28]. 상완동맥 내경거리는 혈관 중벽과 대비되는 중벽사이의 거리로 하였으며, 심장의 수축기와 이완기시 혈관내경이 달라지므로 심전도상 R wave (이완기 말)에 상응하는 영상을 선택하여 측정하였다. 혈류의존성 혈관확장능(%)은 기전 상태의 혈관 내경과 과혈류 때 최고 이완된 혈관 내경을 이용하여 혈관 내경 증가비율(%)을 구하였다.

3. 자료처리방법

모든 자료는 IBM SPSS version 21를 이용하였으며, 평균과 표준편차로 제시하였다. 측정 변인들의 자료는 정규 분포를 확인하였으며, 정규 분포를 이루고 있지 않을 경우 로그 치환(log transformation)을 한 후 분석하였다. 각 집단 간의 특성간의 차이를 비교하기 위해 독립 t-test를 실시하였다. 각 집단 간 측정변인(종속변인)들의 차이를 비교하기 위해 반복측정 ANOVA를 실시하였으며, Bonferroni's method로 사후검증을 하였다. 통계적 유의수준(α)은 5%로 설정하였다.

연구 결과

1. 혈액학적 반응 변화

일주일간의 좌식생활(통제집단) 집단과 좌식차단 집단의 혈액학적

반응의 변화는 Table 2와 같다. 본 연구에서 안정시 심박수 및 상완(팔초)의 수축기 혈압, 이완기 혈압 그리고 맥압은 일주일간의 처치 후 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 중심 동맥 혈압에서도 두 집단 간에 유의한 변화가 나타나지 않았다.

2. 경동맥 내중막 두께 및 동맥경직도 변화

일주일간의 좌식생활집단과 좌식차단 집단의 동맥경직도의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. 중심 동맥 압력(arterial pressure, AP)은 일주일간의 좌식생활집단에서 처치 전에 비해 처치 후에 높아진($p = .002$) 반면, 좌식차단집단에서는 처치 전과 후에 변화가 없었으며, 두 집단 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났다($p = .008$). 중심맥파전파속도(carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)은 좌식차단집단($p < .001$)과 좌식생활집단($p < .001$) 모두에서 처치 전에 비해 처치 후에 통계적으로 유의하게 감소하였으나($p = .037$), 상호작용효과는 나타나지 않았다. 말초맥파전파속도(femoral-distal pulse wave velocity, fdPWV)는 좌식차단집단($p = .002$)과 좌식생활집단($p = .033$) 모두에서 처치 전에 비해 처치 후에 통계적으로 유의하게 감소하였으나($p = .001$), 상호작용효과는 나타나지 않았다. 경동맥 내중막 두께는 처치에 따른 두 집단간에 유의한 차이가 나타나지 않았다($p = .659$).

Table 2. Hemodynamic responses before (Day 1) and Day 9 after treatment (7 days) each group

	Sit G		Breaks G		Group	p	
	Day 1	Day 9	Day 1	Day 9		Time	Interaction
Resting HR (bpm)	65.00 ± 2.34	64.67 ± 5.93	65.38 ± 9.38	63.38 ± 6.20	.850	.211	.368
bSBP (mmHg)	124.3 ± 9.92	122.7 ± 9.92	122.5 ± 10.34	121.0 ± 8.70	.620	.221	.948
bDBP (mmHg)	78.0 ± 11.97	75.3 ± 8.28	78.4 ± 6.73	77.5 ± 4.87	.670	.510	.309
bPP (mmHg)	46.3 ± 6.60	47.3 ± 5.25	45.0 ± 7.75	44.5 ± 5.98	.351	.835	.533
cSBP (mmHg)	107.2 ± 11.85	106.2 ± 9.79	107.5 ± 8.2	106.5 ± 6.85	.921	.347	1.00
cDBP (mmHg)	78.7 ± 12.19	76.2 ± 8.30	78.9 ± 6.90	78.3 ± 4.61	.703	.082	.287
cPP (mmHg)	28.5 ± 4.34	30.0 ± 2.83	28.6 ± 3.96	28.3 ± 3.82	.495	.514	.280

Resting HR, resting heart rate; bSBP, brachial systolic blood pressure; bDBP, brachial diastolic blood pressure; bPP, brachial pulse pressure; cSBP, central systolic blood pressure; cDBP, central diastolic blood pressure; cPP, central pulse pressure.

Table 3. Vascular function before (Day 1) and Day 9 after treatment (7 days) each group

	Sit G		Breaks G		Group	p	
	Day 1	Day 9	Day 1	Day 9		Time	Interaction
cIMT (mm)	.45 ± .68	.45 ± .53	.46 ± .10	.47 ± .09	.631	.624	.659
AP (mmHg)	1.00 ± 3.18	2.50 ± 9.23	2.75 ± 2.19	2.38 ± 1.63	.022	.395	.008
Alx (%)	6.08 ± 7.83	7.83 ± 9.23	10.06 ± 8.85	7.25 ± 4.08	.225	.482	.157
Alx@75 (%)	6.40 ± 6.32	4.80 ± 8.79	5.69 ± 8.54	3.44 ± 5.10	.184	.684	.820
cfPWV (m/s)	8.30 ± 1.06	8.25 ± 1.05	8.05 ± 0.75	7.90 ± 0.60	.361	.037	.273
fdPWV (m/s)	16.07 ± 3.19	14.77 ± 3.50	16.12 ± 1.89	13.99 ± 2.75	.833	.001	.358

cIMT, central intima-media thickness; AP, arterial pressure; Alx, augmentation; Alx@75, augmentation heart rate; cfPWV, carotid-femoral pulse wave velocity; fdPWV, femoral-distal pulse wave velocity.

Fig. 2. Change in brachial flow mediated dilation between Day 1 and Day 9 each group. *Significantly different from day 1 each group at $p < .005$.

3. 혈관기능의 변화

일주일간의 좌식생활집단과 좌식차단집단의 혈관기능(내피세포 의존성 혈관이완능)의 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 상완의 내피세포 의존성 혈관 이완능(FMD)은 좌식생활집단은 처치 전($9.65 \pm 2.61\%$)과 후($9.62 \pm 2.6\%$)에 유의한 변화가 없었던 반면에 좌식차단집단은 처치 전($8.37 \pm 3.41\%$)에 비해 처치 후($10.11 \pm 3.75\%$)에 통계적으로 증가($p = .005$)하여 유의한 상호작용 효과가 나타났다($p = .004$).

논 의

본 연구의 목적은 일주일간의 규칙적인 간헐적 좌식차단 중재가 혈관기능에 미치는 영향을 조사하는데 있었으며, 연구의 가설은 일주일간 간헐적인 중강도의 제자리 걷기가 혈관기능(systemic endothelial function)을 개선할 수 있다고 설정하였다. 실제로 본 연구에서 일주일간의 규칙적인 중강도 강도의 제자리 걷기 형태의 좌식차단은 상완의 내피세포 의존성 혈관 이완능을 20.8% (처치 전 8.37% vs. 처치 후 10.11%) 증가시킨 것으로 나타났다. 본 연구는 일주일간 규칙적인 좌식차단이 상완의 혈관기능에 미치는 영향을 조사한 첫 번째 실험연구이며, 특히 좌식차단 모델을 장비의 구매 없이 쉽고 어느 누구나 용이하게 실시할 수 있는 방법으로 적용한 것에 큰 의미가 있다고 사료된다.

현대인의 좌식생활은 너무나도 대중화되어 있는 생활문화이다. 특히 직업의 형태에 따라 다르겠지만 대부분 앉아서 일을 하고, 이동 시에도 앉아있는 경우가 대부분으로 이런 문화로 인해 발생하는 건강학적 문제들은 많은 나라에서 주된 관심사로 대두되고 있다. 이를 개선하기 위한 방법으로 규칙적인 신체활동 및 운동이 중요하다는 것은 많은 사람들이 공감하고 있는 사실이다. 그러나 규칙적인 운동과는 독립적으로 장시간의 좌식습관은 당뇨병, 심혈관계질환의 유병률 및 사망률의 위

험과 관련이 있다는 연구결과를 살펴봤을 때[4,5], 규칙적인 운동과는 독립적으로 좌식생활 습관의 개선을 위한 노력과 방안이 필요하다고 생각된다. 따라서 본 연구는 이런 관점에서 좌식생활 습관의 개선을 통한 혈관기능의 효과를 제시한 첫 번째 시도으로써, 이는 향후 공공 보건 정책을 수립하는데 중요한 근거 자료가 될 것이라고 판단된다.

일시적 좌식차단 효과에 관한 몇몇의 선행연구들을 살펴보면 Morishima et al. [29]은 3시간 동안 앉은 자세에서 양쪽 다리 중 통제된 다리는 3시간 후에 하지의 FMD가 손상되었으나, 다른 쪽 다리는 뒷꿈치를 3 cm 정도 들어 올리는 행동(다리 떨기)을 시간당 3분간 분당 250 taps를 총 세 번 실시한 결과 FMD가 증가하였다고 보고하였다[29]. 또한 Thosar et al. [20]은 좌식처치 집단에서는 3시간 좌식 후 전단비율(shear rate)과 하지의 FMD가 유의하게 감소하였으며, 반면에 좌식차단 집단(시간당 5분간 2 mph의 속도로 트레드밀 걷기)은 좌식으로 인해 나타나는 하지의 내피세포 기능장애가 일어나지 않았다[20]. Morishima et al. [29]과 Thosar et al. [20]의 연구에서는 단 3시간의 일시적인 좌식으로도 하지의 내피세포 기능이 손상될 수 있으며, 간헐적인 좌식차단이 혈관의 내피세포 기능의 손상을 억제하거나 개선하는 것으로 보고하고 있다. 그러나 이런 결과는 국소적인 효과에 그치고 있다. 이에 본 연구에서는 국소적인 혈관기능의 좌식차단 효과가 아닌 전신의 혈관 기능에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 본 연구에서는 전통적인 심혈관계질환의 위험인자인 안정성 혈압은 좌식생활 집단과 좌식차단 집단과의 차이는 나타나지 않았다. 이는 선행연구에서 짧은 기간(short-term)의 비신체활동(4-8 weeks)은 혈압, 비만, BMI 또는 콜레스테롤 수준에 변화를 보이지 않았으며[30-33], 운동이 전통적인 위험인자들(혈압, 혈중지질 및 혈당 등)에 미치는 영향은 약물 치료에 의해 성취되는 이점 보다 적다고 보고한 연구결과들에서 그 답을 찾을 수 있다고 판단된다[34]. 실로, Women's Health Study에서 27,000명의 피험자를 통한 연구에서 운동과 관련하여 상대적 심혈관계 위험 인자의 감소는 50%정도 설명된다고 보고하였다[35]. 반면, Hamburg et al. [36]은 20명의 건강한 성인을 대상으로 5일간의 침상생활을 통하여 상완동맥 혈관 기능의 변화를 실험한 결과 하지에서 20%, 상완에서 30%정도 감소한 것을 확인하였다. 이렇듯 혈관의 기능은 생각보다 빠른 시기에 변화하며, 이런 변화는 전통적인 심혈관계의 위험인자보다 먼저 진행되는 것으로 판단된다. 다시 말해 인간의 생활습관에 따라 동맥혈관의 빠른 구조적 리모델링은 어느 쪽으로든 강하게 자극한다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 좌식차단 집단에서 상완의 FMD의 개선뿐만 아니라 동맥 압력이 좌식생활 집단에 비해 좌식차단 집단에서 유의하게 감소되었으며, 경동맥-대퇴동맥 맥파전파속도에서 좌식생활 집단에 비해 감소의 폭이 많은 경향을 보여 일주일간의 좌식차단이 국소의 혈관뿐만 아니라 전신의 혈관기능을 개선시킨다는 가능성을 보여주었다. 이

런 결과는 일주일간의 허혈성 전치치(remote ischemic preconditioning)가 국소 아니라 전신의 혈관 기능을 향상한다고 제시한 Jones et al. [37]의 연구결과에서 근거를 찾을 수 있을 것이다. 본 연구의 일주일간의 규칙적인 간헐적 좌식차단 처치는 Jones et al. [37]의 연구에서와 같이 동맥의 전단응력 증가[38], 전단 속도의 증가로 인한 혈관의 내피세포 성장 인자와 내피세포 전구 세포 등의 증가[39] 등으로 인한 systemic한 경로를 통한 혈관의 보호 작용의 효과와 유사한 영향을 미쳤을 것이다.

일주일간의 지속적인 좌식차단의 혈관기능 개선의 효과에 관한 기능 기전을 선행연구를 토대로 살펴보면 다음과 같다. 첫째 지속적인 좌식차단은 낮게 유지하던 전단속도를 높여 내피세포 기능 저하를 보호 할 것이다[40]. 이는 하지의 국소적인 내피세포 기능뿐만 아니라 말초의 내피세포 기능 개선을 통해 말초의 저항을 감소시켜 결국 심장으로 돌아오는 후부하를 감소시켜 혈관 기능을 개선하는 역할을 하는 것으로 보인다. 둘째, 좌식차단은 좌식으로 인한 혈액 점성의 증가를 억제할 것이다[41]. 좌식 2시간 후 하지의 혈액 점성도가 증가된다고 알려져 있다[42]. 증가된 혈액 점성은 혈액 응고와 염증 인자들을 증가시키는 것과 관련이 있으며, 이런 인자들은 혈관의 내피세포 기능을 손상시키는 강력한 인자로 알려져 있다[43]. 반면에 걷기를 통한 좌식차단은 혈액의 점성, 혈액응고 인자들의 증가를 일시적으로 억제하여 내피세포 기능 장애를 보호할 것이다[17]. 마지막으로 좌식차단은 좌식으로 인한 근육의 교감신경계의 활성을 감소시켜 장시간의 좌식 동안 교감신경의 유출에 대한 보상이 요구되지 않도록 정맥혈 회귀의 증가로 내피세포기능 저하를 억제하고 개선시키는 것으로 생각된다[44].

본 연구는 다음과 같은 몇 가지 연구의 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구참여자의 신체활동과 좌식차단을 객관적으로 모니터 하지 못하였다는 점이다. 그러나 최대한 객관적인 결과를 얻기 위해 타당도가 검증된 신체활동 설문지를 이용하였으며, 일주일간의 좌식차단 일지를 매시간마다 작성하게 하고 잘 수행 하였는지 매일 전화로 확인하였다. 허나 추후 연구에는 가속도계를 이용하여 객관적인 평가가 이루어져야 할 것이다. 둘째, 혈관기능을 알 수 있는 산화스트레스 바이오마커를 측정 하지 못하였다. 마지막으로 본 연구에서는 단기간의 좌식차단 효과만을 조사하였으며, 연구의 대상자가 비교적 건강한 남성을 대상으로 한정하였다. 따라서 추후 노인 및 심혈관계 질환의 위험이 높은 사람 혹은 질환자를 대상으로 폭넓게 접근하는 것이 필요하다고 사료된다. 그러나 지금까지의 선행연구는 일시적 효과만을 다룬 반면에 본 연구는 일주일간의 좌식차단이 혈관기능을 개선시킬 수 있음을 검증하여, 규칙적인 좌식생활 습관의 개선이 초기 동맥경화 예측인자인 내피세포 기능 장애의 위험을 감소시킬 수 있다는 근거를 처음으로 제시하였다는 것에 큰 의의가 있다.

결론

본 연구결과를 종합하면 일주일간의 규칙적인 좌식차단(매일 8시간 동안 시간당 4분간의 중등도 제자리 걷기) 집단은 좌식생활집단과 비교하여 상완의 FMD가 증가하였으며, 동맥의 압력이 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 직장인들의 근무 시간은 8시간으로 근무시간의 대부분을 앉아서 생활한다. 본 연구는 한국인들이 평균 좌식시간을 근거로 설정한 8시간의 좌식 동안 규칙적인 간헐적인 좌식차단의 혈관기능 개선 효과를 제시한 첫 번째 연구로써 운동의 형태가 아닌 좌식생활 수정을 통한 동맥경화 예방을 위한 방법을 제시하였다. 본 연구는 장시간의 좌식습관의 부정적인 영향을 개선할 수 있는 좌식생활수정 모델을 제시함으로써 향후 공공 보건의 가이드라인 및 정책에 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 이를 위해서 추후 좀 더 현실적이고 객관적인 좌식생활 습관의 행동 수정 모델의 개발과 장기간의 중재연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

1. Thorp AA, Healy GN, Owen N, Salmon J, Ball K, et al. Deleterious associations of sitting time and television viewing time with cardio-metabolic risk biomarkers. *Diabetes Care* 2010;33(2):327-334.
2. Dunstan DW, Howard B, Healy GN, Owen N. Too much sitting--a health hazard. *Diabetes Research and Clinical Practice* 2012;97(3):368-376.
3. Chau JY, Grunseit AC, Chey T, Stamatakis E, Brown WJ, et al. Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis. *PLoS One* 2013; 13;8(11):e80000.
4. Grøntved A, Hu FB. Television viewing and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *Journal of the American Medical Association* 2011;305(23):2448-2455.
5. Dunstan DW, Barr EL, Healy GN, Salmon J, Shaw JE, et al. Television viewing time and mortality: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Circulation* 2010;121(3):384-391.
6. Hahn C, Schwartz MA. Mechanotransduction in vascular physiology and atherogenesis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 2009;10(1): 53-62.
7. Caro CG, Fitz-Gerald JM, Schroter RC. Arterial wall shear and distribution of early atheroma in man. *Nature* 1969;223(5211):1159-1160.
8. Jenkins NT, Padilla J, Boyle LJ, Credeur DP, Laughlin MH, et al. Disturbed blood flow acutely induces activation and apoptosis of the human vascular endothelium. *Hypertension* 2013;61(3):615-621.

9. Schreuder TH, Green DJ, Hopman MT, Thijssen DH. Acute impact of retrograde shear rate on brachial and superficial femoral artery flow-mediated dilation in humans. *Physiological Reports* 2014;2(1):e00193.
10. Thijssen DH, Dawson EA, Tinken TM, Cable NT, Green DJ. Retrograde flow and shear rate acutely impair endothelial function in humans. *Hypertension* 2009;53(6):986-992.
11. Totosy de Zepetnek JO, Jermy TL, MacDonald MJ. Superficial femoral artery endothelial responses to a short-term altered shear rate intervention in healthy men. *PLoS One* 2014 21;9(11):e113407.
12. Restaino RM, Holwerda SW, Credeur DP, Fadel PJ, Padilla J. Impact of prolonged sitting on lower and upper limb micro- and macrovascular dilator function. *Experimental Physiology*. 2015;100(7):829-838.
13. Restaino RM, Walsh LK, Morishima T, Vranish JR, Martinez-Lemus LA, et al. Endothelial dysfunction following prolonged sitting is mediated by a reduction in shear stress. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology* 2016;310(5):H648-653.
14. Thosar SS, Bielko SL, Wiggins CC, Wallace JP. Differences in brachial and femoral artery responses to prolonged sitting. *Journal of Cardiovascular Ultrasound* 2014;12:50.
15. Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, Cerin E, Shaw JE, et al. Breaks in sedentary time: beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes Care* 2008;31(4):661-666.
16. Dunstan DW, Kingwell BA, Larsen R, Healy GN, Cerin E, et al. Breaking up prolonged sitting reduces postprandial glucose and insulin responses. *Diabetes Care* 2012;35(5):976-983.
17. Howard BJ, Fraser SE, Sethi P, Cerin E, Hamilton MT, et al. Impact on hemostatic parameters of interrupting sitting with intermittent activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2013;45(7):1285-1291.
18. Duvivier BM, Schaper NC, Bremers MA, van Crombrugge G, Menheere PP, et al. Minimal intensity physical activity (standing and walking) of longer duration improves insulin action and plasma lipids more than shorter periods of moderate to vigorous exercise (cycling) in sedentary subjects when energy expenditure is comparable. *PLoS One* 2013;8(2):e55542.
19. Davignon J, Ganz P. Role of endothelial dysfunction in atherosclerosis. *Circulation* 2004;109(23 Suppl 1):III27-32.
20. Thosar SS, Bielko SL, Mather KJ, Johnston JD, Wallace JP. Effect of prolonged sitting and breaks in sitting time on endothelial function. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2015;47(4):843-849.
21. Park SH, Yoon ES, Jae SY. Effects of breaking up prolonged sitting on arterial stiffness. *Journal of the Korean Society of Living Environment System* 2016;23(2):320-327.
22. Niebauer J, Cooke JP. Cardiovascular effects of exercise: role of endothelial shear stress. *Journal of the American College Cardiology* 1996;28(7):1652-1660.
23. Atkinson CL, Lewis NC, Carter HH, Thijssen DH, Ainslie PN, et al. Impact of sympathetic nervous system activity on post-exercise flow-mediated dilatation in humans. *The Journal of Physiology* 2015;593(23):5145-5156.
24. Januszek R, Mika P, Konik A, Petriczek T, Nowobilski R, et al. Effect of treadmill training on endothelial function and walking abilities in patients with peripheral arterial disease. *Journal of Cardiology*. 2014; 64(2):145-151.
25. Birk GK, Dawson EA, Timothy Cable N, Green DJ, Thijssen DH. Effect of unilateral forearm inactivity on endothelium-dependent vasodilator function in humans. *European Journal of Applied Physiology* 2013;113(4):933-940.
26. Korea Health Statistics. Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHAES) 2014.
27. Van Bortel LM, Duprez D, Starmans-Kool MJ, Safar ME, Giannattasio C, et al. Clinical applications of arterial stiffness, Task Force III: recommendations for user procedures. *American Journal of Hypertension* 2002;15(5):445-452.
28. Black MA, Cable NT, Thijssen DH, Green DJ. Importance of measuring the time course of flow-mediated dilatation in humans. *Hypertension* 2008;51(2):203-210.
29. Morishima T, Restaino RM, Walsh LK, Kanaley JA, Fadel PJ, et al. Prolonged sitting-induced leg endothelial dysfunction is prevented by fidgeting. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology* 2016;311(1):H177-182.
30. Thijssen DH, Ellenkamp R, Kooijman M, Pickers P, Rongen GA, et al. A causal role for endothelin-1 in the vascular adaptation to skeletal muscle deconditioning in spinal cord injury. *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology* 2007;27(2):325-331.
31. Bleeker MW, De Groot PC, Poelkens F, Rongen GA, Smits P, et al. Vascular adaptation to 4 wk of deconditioning by unilateral lower limb suspension. *American Journal of Physiology-Heart Circulation Physiology* 2005a;288:H1747-1755.
32. Bleeker MW, De Groot PC, Rongen GA, Rittweger J, Felsenberg D, et al. Vascular adaptation to deconditioning and the effect of an exercise countermeasure: results of the Berlin Bed Rest study. *Journal of Ap-*

- plied Physiology 2005;99(4):1293-1300.
33. Pawelczyk JA, Zuckerman JH, Blomqvist CG, Levine BD. Regulation of muscle sympathetic nerve activity after bed rest deconditioning. *American Journal of Physiology-Heart Circulation Physiology* 2001; 280(5):H2230-2239.
 34. Green DJ, O'Driscoll G, Joyner MJ, Cable NT. Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise?. *Journal of Applied Physiology* 2008;105(2):766-768.
 35. Mora S, Cook N, Buring JE, Ridker PM, Lee IM. Physical activity and reduced risk of cardiovascular events: potential mediating mechanisms. *Circulation* 2007;116(19):2110-2118.
 36. Hamburg NM, McMackin CJ, Huang AL, Shenouda SM, Widlansky ME, et al. Physical inactivity rapidly induces insulin resistance and microvascular dysfunction in healthy volunteers. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 2007;27(12):2650-2656.
 37. Jones H, Hopkins N, Bailey TG, Green DJ, Cable NT, et al. Seven-day remote ischemic preconditioning improves local and systemic endothelial function and microcirculation in healthy humans. *American Journal of Hypertension* 2014;27(7):918-925.
 38. Tinken TM, Thijssen DH, Hopkins N, Dawson EA, Cable NT, et al. Shear stress mediates endothelial adaptations to exercise training in humans. *Hypertension* 2010;55(2):312-318.
 39. Kimura M, Ueda K, Goto C, Jitsuiki D, Nishioka K, et al. Repetition of ischemic preconditioning augments endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-derived nitric oxide and endothelial progenitor cells. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 2007;27(6):1403-1410.
 40. Newcomer SC, Sauder CL, Kuipers NT, Laughlin MH, Ray CA. Effects of posture on shear rates in human brachial and superficial femoral arteries. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology* 2008;94(4):H1833-1839.
 41. Thijssen DH, Dawson EA, Black MA, Hopman MT, Cable NT, et al. Brachial artery blood flow responses to different modalities of lower limb exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009;41(5):1072-1079.
 42. Hitosugi M, Niwa M, Takatsu A. Rheologic changes in venous blood during prolonged sitting. *Thrombosis Research* 2000;100(5):409-412.
 43. Weiner SD, Jin Z, Cushman M, et al. Brachial artery endothelial function and coagulation factors in the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Journal of the American College of Cardiology* 2011; 57(14):E1414.
 44. Padilla J, Young CN, Simmons GH, Deo SH, Newcomer SC, et al. Increased muscle sympathetic nerve activity acutely alters conduit artery shear rate patterns. *American Journal of Physiology-Cell Physiology* 2010;298(4):H1128-1135.