

서킷트레이닝과 생활습관개선프로그램이 직장인의 대사증후군 예방 및 신체기능에 미치는 영향

윤동현¹, 송한솔¹, 황수승¹, 손준석¹, 김대영¹, 송 욱^{1,2}

서울대학교 ¹건강운동과학실, ²노화고령사회연구소

The Effect of Circuit Training and Workplace Improvement Program on the Prevention of Metabolic Syndrome and the Improvement of Physical Function in Office Workers

Dong Hyun Yoon¹, Han Sol Song¹, Su Seung Hwang¹, Jun Seok Son¹, Dae-Young Kim¹, Wook Song^{1,2}

¹Health and Exercise Science Laboratory, Institute of Sports Science,
²Institute on Aging, Seoul National University, Seoul, Korea

Background: Physical inactivity and reduced energy expenditure lead to increase in obesity among office workers. In this study, we investigated how 10 weeks of high intensity circuit training and working environment improvement can change body composition, physical strength and markers of metabolic syndrome.

Methods: A total of 83 employees at risk for metabolic syndrome participated in 10 weeks program of one-hour circuit training (30 minutes twice weekly) and workplace improvement program, which consisted of dynamic stretching twice daily for all weekdays. Body composition, anthropometry, blood test, muscle strength/endurance and cardiopulmonary function of participants were assessed at the baseline and after 10 weeks.

Results: At the end of 10 weeks, significant increases in levels of body composition, serum lipids, muscle strength and cardiopulmonary were observed in metabolic syndrome risk factor group. In body composition, significant improvements of body weight, body mass index, lean body mass, %body fat, visceral adipose tissue, waist and hip circumference and systolic blood pressure, diastolic blood pressure were observed in metabolic syndrome risk factor group. In lipids, hemoglobin A1c and high density lipoprotein were increased significantly in metabolic syndrome risk factor group. In muscle strength and endurance, significant increases were found. Also, there was a significant difference in cardiovascular function of maximal oxygen uptake and total running time among the groups.

Conclusions: These intensive 10 weeks of high intensity circuit training and workplace improvement program were effective in improving body composition, muscle strength/improvement and cardiopulmonary function. Therefore, based on this study result, workplace improvement programs might be more developed and applied for high-risk employees to improve their metabolic syndrome.

Korean J Health Promot 2016;16(2):134-143

Keywords: Circuit-based exercise, Occupational health, Metabolic syndrome X, Resistance training, Muscle strength

■ Received: December 16, 2015 ■ Accepted: June 2, 2016

■ Corresponding author : **Wook Song, PhD**
Health and Exercise Science Laboratory, Institute of Sports Science, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea
Tel: +82-2-880-7791, Fax: +82-2-872-2867
E-mail: songw3@snu.ac.kr

■ This work was supported by Seoul National University (SNU) Institute on Aging and National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science, ICT and Future Planning (NRF-2013M3A9B6046417, NRF-2013M3A9D5072550, and MEST 2011-0030135) and Ministry of Education (NRF-2014R1A1A2058645).

서 론

대사증후군은 각종 뇌심혈관질환의 발생 위험도를 높이며,^{1,2)} 전립선암, 췌장암, 직장암, 유방암, 간암 등 암 발생 및 사망과 유의한 관계가 있는 것으로 보고되고 있으며³⁾ 기타 원인에 의한 사망률까지 증가시키는 요인으로 알려져 있어서⁴⁾ 오늘날 전 세계적으로 중요한 사회건강 문제로 대두되고 있다.^{5,6)}

National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATPIII)⁷⁾의 대사증후군의 정의는 가장 많이 쓰이고 있는 정의로 혈압 130/85 mmHg 이상 공복혈당 100 mg/dL 이상, 복부둘레 남자 90cm 이상, 여자 80cm 이상, high density lipoprotein (HDL) 남자 40 mg/dL 미만, 여자 50 mg/dL 미만, 중성지방 150 mg/dL 이상 등의 5가지 위험요인 중 3개 이상을 가지고 있을 때를 대사증후군이라 정의한다.

국민건강영양조사 자료를 분석한 결과 우리나라 30세 이상 성인의 28.8%가 대사증후군 유병률이 있는 것으로 보고되며, 30세 이상의 대상자 중 여성은 전업주부가 사무직 종사자에 비하여 1.61배, 남성은 사무직 종사자가 비사무직 종사자에 비해 1.25배 대사증후군의 위험이 높은 것으로 보고하였다.⁸⁾ 직장은 잦은 회식, 식단선택의 제한, 신체활동 부족, 직무스트레스 등으로 인해 복부비만 위험에 특히 취약하며, 남성 비만율의 경우 남성 평균인 35.6%에 비해 관리직 및 전문직 남성의 비만율이 39.9%로 높게 나타났다.

최근 부각되고 있는 직원 건강관리 프로그램(employee wellness program)^{9,10)} 직원들의 건강증진뿐 아니라 직원 생산성 향상, 의료비용 감소, 이직률 감소 등 고용주 측면에서도 중요한 이슈로 여겨지고 있으며, 미국 Johnson & Johnson¹²⁾은 포괄적이고 체계적인 직원 건강관리 프로그램을 운영한 결과 10년간 회사가 지출한 의료비용을 2억5천만달러 절약할 수 있었고, 2002년부터 2008년까지 비용적 효과는 1달러 투자당 2.71달러의 수익으로 나타났다. 이러한 프로그램이 성공하기 위해서는 일회성의 프로그램보다는 회사 차원의 지원 하에 체계적인 프로그램의 장기적인 운영이 중요하다는 것을 시사한다.

이에 서울대학교 의과대학 국민건강지식센터와 서울대학교는 직장인들의 대사증후군관리를 중요 사업으로 선정하여 건강한 직장문화 조성 및 건강사회 실현의 일환으로 “허리 5%줄이기”사업을 실시하였으며, 본 연구의 목적은 운동과 직장환경개선 프로그램을 수행한 후 직장인의 대사증후군 지표개선 여부를 도출하는데 있다.

방 법

1. 연구 대상자

1) 대상 기업 선정

본 연구의 대상 기업 선정은 언론 보도와 홈페이지 게재 등 참여 기관을 모집하는 공고를 게시하고 프로그램 적용에 적합한 기업을 선정하였으며, 선정기준으로는 직원식당을 보유하여 전체 직원의 식단을 조절할 수 있고, 다수의 인원이 한꺼번에 운동할 수 있는 공간을 갖춘 기업 중 임직원의 건강 수준 증진 및 근무환경개선에 적극적인 의지를 갖고 본 연구에 참여하고자 하는 의사를 밝힌 기업의 전체 직원을 대상으로 선정하였으며, 최종 A, B, C가 선정되었다.

2) 직장환경 진단 및 참여 직장인 검진

본 연구에서는 3개의 기업의 전 직원을 대상으로 총 1,718명에게 스트레칭 밴드를 제공하여 사업 참여를 유도하였다. 사전검사에는 31.6%인 544명이 참여하였으며 최종적으로 사후검사에도 참여한 287명의 데이터가 사업 효과 분석을 위해 사용되었다.

전체 직장인을 위한 프로그램 세부내용으로는 검사프로그램, 교육프로그램, 환경개선프로그램으로 구성하였으며, 전 직원을 위한 환경개선 및 교육프로그램과 대사증후군 위험군 집단의 집중관리프로그램을 나누어 맞춤형 관리프로그램을 실시하였다.

검사프로그램으로 채혈검사 항목은 공복시 혈당, 총콜레스테롤, 중성지방 그리고 HDL을 측정하였으며, 신체계측 항목으로는 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, 혈압, 맥박, 체지방량, 근육량(Inbody 370, Biospace, Seoul, Korea)을 측정하였으며, 체력검사 항목으로는 유산소능력(step test), 근력(digital dynamometer, Takei Scientific Instruments Co., Niigata, Japan), 근지구력(sit-up), 민첩성(side step) 그리고 순발력(vertical jump)을 측정하였다. 마지막으로 약물복용 여부, 설문조사, 참여 동의서 작성을 실시하고 검사 결과를 통해 대사증후군 집단을 선별하였다.

교육프로그램으로는 대사증후군을 예방하기 위한 의학, 운동, 영양 3개 영역의 교육을 실시하였으며, 직장내 신체 활동을 증가시키기 위해 하루 두 번 전체 직원을 대상으로 사무실에서 할 수 있는 다이내믹 밴드스트레칭을 동영상 및 포스터로 제작하여 각 부서에 배포하였으며 직접 시연을 통한 교육 및 대사증후군 교육용 책자를 배포하였다. 또한 전 직원을 대상으로 대사증후군 예방을 위한 올바른 식습관의 중요성에 대해 교육을 실시하였다.

환경개선프로그램은 직원식당 중재를 통하여 급식 품질

변화와 정보 환경 및 물리적 환경개선 그리고 간식 품질 변화와 사업장 특성에 맞는 운동 중재 전략을 제시하였다.

3) 대사증후군 고위험군 분류

총 287명 중 고위험군으로 분류된 83명을 대상으로 실시하였으며, 고위험군의 분류는 다음 아시아-태평양 기준 대사증후군 진단기준¹³⁾ 중 3 항목 이상에 해당하는 자로 하였다.

- 공복시 혈당: ≥ 100 mg/dL
- 고 triglycerides (TG) 혈중: ≥ 150 mg/dL
- 저 HDL-C 혈중: 남자 < 40 mg/dL, 여자 < 50 mg/dL
- 고혈압: ≥ 130 (systolic blood pressure [SBP])/85 (diastolic blood pressure [DBP]) mmHg
- 복부비만(허리둘레): 남자 > 90 cm, 여자 > 80 cm

총 544명의 참여자 중 고위험군 선정기준에 충족하여 연구에 참여한 자는 총 83명이었으며, 이 가운데 개인적인 사정 및 참여율 저조로 인한 중도탈락으로 사후 신체계측에 참여하지 못한 자를 제외한 45명(54.2%)을 대상으로 하였고 남자 41명(91%), 여자 4명(9%)이었다.

2. 연구 방법 및 고위험군을 위한 운동·영양관리프로그램

본 연구는 2014년 6-10월에 총 10주간 실시되었으며 운동은 미국스포츠의학회의¹⁴⁾ 운동처방 권고에 따라 주 3회, 매 30분의 운동프로그램으로 동일한 프로토콜로 구성하였고, 3곳 모두 사전교육을 받은 중재자 6명의 지도 아래 실시하였다.

1) 복합운동프로그램(circuit training)

서킷트레이닝프로그램은(SNU circuit song) 준비운동, 본 운동, 정리운동의 순서로 구성이 되어있으며 본 운동은 총 3세트로 본 운동 세트 간 휴식, 준비운동과 정리운동이 포함되어 총 30분으로 구성되었으며,¹⁵⁾ 운동 강도는 사전 실험을 통해 일일 평균 400 kcal를 소모하도록 구성하였다. 운동프로그램 구성으로 대근육이 사용되는 스쿼트, 데드리프트, 벤트오브로우, 푸쉬업, 프랭크, 크런치, 브릿지 등으로 구성하였으며, 각 세트는 10개의 운동동작으로 5개의 kettlebell을 활용한 운동과 5개의 weight bearing 운동이 10분간 지속되었다. 각 운동동작은 30초의 운동시간과 15초의 휴식으로 구성되었고, 세트 간엔 2분 30초의 휴식시간이 주어졌다. 30분 세부 시간구성에 맞는 음악을 제작하여 매 운동시 음악에 맞춰 운동할 수 있도록 하였다. 중재자의 지도하에 준비운동과 정리운동에는 가벼운 스트레칭이 중재되었다. 10주간의 운동 기간 동안, 매 2주마다 점증적으

로 높은 강도의 운동동작들로 대체하여 운동의 강도를 높여갈 수 있도록 하였다. 위 서킷트레이닝프로그램은 A와 C에서 진행되었으며, 사업장의 여건상 machine을 활용한 동일한 동작과 시간의 서킷트레이닝이 B에서 동일한 중재자의 지도하에 진행되었다. 또한 각 사업장별 ‘건강 Leader’를 선발하여 프로그램 기간이 종료되더라도 직장 내에서 자조그룹을 형성하여 운동에 지속적으로 참여할 수 있도록 유도하였다.

2) 사무실내 다이내믹스트레칭프로그램 (in-office dynamic stretching)

스트레칭프로그램은 10분간 저항성 밴드(Thera-Band, Hygenic Corporation, Akron, OH, USA)를 이용한 10가지의 다이내믹스트레칭과 가벼운 운동동작들로 구성되었으며,¹⁶⁾ 의자 등을 활용한 사무실에서 할 수 있는 동작들과 동료 등과 함께 할 수 있는 동작들로 함께 구성하여 진행하였다. 하루 두 번 전체 직원을 대상으로 실시되었고, 동영상과 포스터를 제작하여 10분간 운동을 그대로 보고 따라할 수 있도록 하였다.

3) 영양관리프로그램

대사증후군 고위험군을 대상으로 본인의 식생활을 통해서 스스로 건강관리가 가능하도록 올바른 식습관에 대한 소그룹 영양교육을 실시하였으며, 전문 임상영양사가 전담하여 영양관리과정에 따른 1:1 상담을 실시하여 본인이 스스로 잘못된 식습관을 개선할 수 있도록 실천가능한 개인 맞춤형 실천사항을 제시해 주었다. 또한 총 3회의 1:1 맞춤형 상담을 통해 1회차는 상담자의 식생활을 파악하고 식생활 관련 영양문제를 진단하여 개인별 실천 목표 설정과 실천 방법을 교육하고, 2회차에는 실천 목표의 달성도를 점검하고 실천 방안을 재교육하였으며, 3회차에는 최종 점검을 통해 상담 종료 후에도 생활 속에서 지속적 실천이 가능하도록 개인별 맞춤형 실천사항을 제시하고 지속적인 영양관리의 중요성을 강조하였다.

3. 측정 방법

1) 신체구성

신체구성은 다주파수 임피던스기기(Inbody 720, Biospace Co., Seoul, Korea)를 이용하여 신장, 체중 및 체질량지수를 측정하였고, 숙련된 동일한 검사자가 운동 중재 전과 후 이중 에너지 방사선 흡수 계측기(Dual-energy x-ray absorptiometry: DXA, Discovery W, Hologic Inc., Marlborough, MA, USA)를 이용하여 골밀도, 제지방량, 체지방량, 체지방률, 내장지방을 측정하였다.

2) 신체계측

허리와 엉덩이둘레를 줄자로 각 2회씩 계측하여 평균값으로 결정하였으며, 허리둘레는 선 자세에서 늑골 최하단 부위와 장골의 중간 지점을 기점으로 측정하였고 엉덩이둘레는 선 자세에서 피험자의 둔부의 가장 돌출된 부분을 수평으로 측정하였다.¹⁷⁾

3) 혈액검사

혈액측정은 최소 12시간의 전일 공복(overnight fasting)을 시행하게 한 후 상완의 정맥혈에서 10 mL를 채혈하였다. 운동 중재 사전·사후검사시 채혈한 혈액은 녹십자에 의뢰하여 cholesterol, TG, HDL, low density lipoprotein, HbA1c를 분석하였다.

4) 심폐지구력검사

피험자의 최대운동부하는 운동 중재 사전·사후검사시 호흡가스분석기를 이용한 최대운동부하검사(Treadmill T 150 Cosmed, Cosmed USA Inc., Chicago, IL, USA)를 실시하였다. 최대산소섭취량(VO₂max)과 젖산역치 그리고 총운동시간은 자동 호흡가스분석기(Quark series by Breath Pulmonary Gas Exchange)를 이용하여 측정하였으며, 최대운동부하검사는 Bruce protocol을 이용하여 진행하였다.¹⁸⁾

5) 근력 및 근지구력검사

(1) 하지근력검사

피험자의 운동 전후의 하지근력은 등속성 측정장비(Human Norm, CSMi, Stoughton, MA, USA)를 이용하여 측정되었다. 피험자를 착석시킨 후 등속성 기기의 회전축이 피험자의 슬관절의 중심점과 일치하도록 조정한 후, 대퇴부위와 흉부를 고정하여 최대근력을 발휘할 수 있도록 하였다. 근기능 측정항목은 하지(굴근, 신근)근력과 근지구력으로서 충분한 warm-up 후 근력측정을 위하여 부하속도 60°/sec에서 3회, 근지구력 측정을 위하여 240°/sec에서 15회 실시하였다.¹⁹⁾

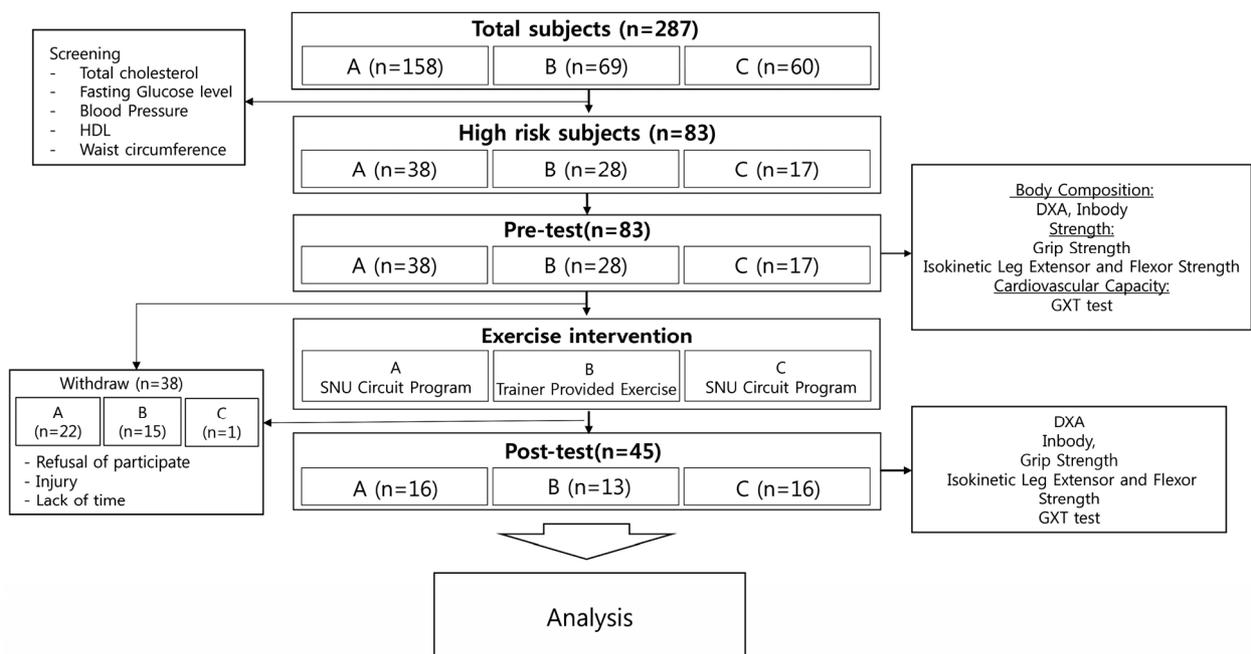
(2) 상지근력검사

약력검사는 차렷 자세로 선 후 약력계(digital dynamometer, Takei Scientific Instruments Co., Niigata, Japan)를 이용하여 측정되었다. 검사자의 시작신호에 맞춰 좌, 우 각 2번 최대 등척성 수축을 하여 총 4번 수축의 평균값을 측정하였다.

4. 자료분석

본 연구를 통해서 얻은 모든 자료는 windows SPSS 22.0 statistics package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 검사되었으며 운동 전·후 측정변인간의 평균치 변화에

Figure 1. Experimental design.



Abbreviations: HDL, high density lipoprotein; DXA, dual energy X-ray absorptiometry; GXT, graded exercise test.

대한 유의성 검증을 위해 비모수 검정인 Wilcoxon signed rank test를 실시하였다. 모든 항목의 측정치는 평균(M)과 표준편차(SD)로 표기하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다(Figure 1).

결 과

1. 신체구성 변화

본 연구에 참여한 피험자의 운동 전·후 신체구성 변화는 표 1과 같다. 집단내 변화를 살펴보면 A, B, C 모두에서 시기 간 체중(각각 $P=0.020$, $P=0.006$, $P=0.009$), body mass index (BMI) (각각 $P=0.022$, $P=0.004$, $P=0.009$), 내장지방 (각각 $P=0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$), 허리둘레(각각 $P=0.001$, $P=0.001$, $P<0.001$), 엉덩이둘레(각각 $P=0.001$, $P=0.007$, $P=0.001$), 제지방량(각각 $P<0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$), 체지방률(각각 $P<0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$)에서 유의한 차이를 나타냈으며, 수축기혈압과 이완기혈압에서는 B (각각 $P=0.025$, $P=0.003$)에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

2. 혈액내 요소 변화

본 연구에 참여한 피험자의 운동 전·후 혈중 지질관련 혈액변인의 변화는 표 2와 같다. 집단내 변화를 살펴보면 HDL-C은 B ($P=0.007$)에서 유의한 변화를 나타내었으며, HbA1c는 A ($P=0.001$)와 B ($P=0.009$), C ($P=0.035$)에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

3. 근력과 근지구력의 변화

본 연구에 참여한 피험자의 운동 전·후 상지근력과 하지 근력, 근지구력의 변화는 표 3과 같다. 등속성 검사의 결과 값은 모든 피험자의 주발(dominant)을 사용하였으며, 약력은 좌, 우 각 2번 최대 등척성 수축을 하여 총 4번 수축의 평균값을 사용하였다.

집단내 변화를 살펴보면 60°/sec knee extensor/flexor peak torque는 A (각각 $P=0.006$, $P=0.047$), B (각각 $P=0.023$, $P=0.040$), C (각각 $P=0.025$, $P=0.009$), 60°/sec knee extensor/flexor average power는 A (각각 $P=0.006$, $P=0.016$), B (각각 $P=0.004$, $P=0.009$), C (각각 $P=0.011$, $P=0.014$), 240°/sec

Table 1. Characteristics and changes in body composition/anthropometry of subjects

	A (n = 16)			B (n = 13)			C (n = 16)		
	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a	
Age, y	45.88±8.91			44.20±7.10			41.06±6.59		
Height, cm ²	170.19±3.0			172.96±2.9			174.63±3.9		
Weight, kg	82.63±12.0	81.83±12.0	0.020	78.25±6.2	76.12±6.6	0.006	81.23±9.1	80.27±8.7	0.009
BMI, kg/m ²	28.42±2.9	28.13±3.0	0.022	26.38±1.0	25.42±1.5	0.004	26.61±2.1	26.28±2.0	0.009
BMD, g/cm ²	1.18±0.10	1.19±0.10	0.074	1.17±0.09	1.17±0.10	0.248	1.16±0.1	1.14±0.1	0.023
Lean Mass, kg	48.528±8.85	52.745±9.12	0.000	49.853±4.91	56.191±5.41	0.001	49.606±7.5	54.189±8.4	0.001
Body fat, %	32.49±3.7	28.34±4.1	0.000	25.91±3.0	19.54±2.3	0.001	29.19±5.9	25.12±6.3	0.001
VAT Area, cm ²	149.59±33.8	133.19±34.6	0.001	109.79±14.3	80.25±12.2	0.001	132.43±27.0	114.07±27.1	0.001
Waist circ., cm	97.38±7.5	93.50±6.6	0.001	92.85±3.4	88.46±4.1	0.001	96.19±4.9	92.06±4.1	<0.001
Hip circ., cm	105.44±5.5	102.34±4.4	0.001	101.62±3.7	98.92±3.2	0.007	103.81±5.0	100.75±4.4	0.001
Systolic BP, mmHg	128.94±12.2	135.81±18.8	0.088	130.23±8.3	124.38±8.5	0.025	132.44±6.9	127.81±10.5	0.105
Diastolic BP, mmHg	86.94±7.1	84.06±11.6	0.245	84.08±6.6	74.31±6.8	0.003	84.25±10.8	82.44±6.5	0.409

Abbreviations: BMI, body mass index; BMD, bone mineral density; Waist circ, waist circumference; Hip circ., hip circumference; BP, blood pressure.

Values are presented as mean±SD.

^aCalculated by Wilcoxon signed rank test.

Table 2. Changes in blood profiles of subjects

	A (n = 16)			B (n = 13)			C (n = 16)		
	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a
Cholesterol, mg/dL	202.13±34.3	203.13±32.5	0.691	192.15±29.4	192.00±29.0	0.972	201.31±31.9	200.00±34.4	0.737
TG, mg/dL	165.25±91.9	164.00±69.9	0.836	156.31±71.6	130.38±57.2	0.442	207.81±102.2	156.25±61.1	0.063
HDL-C, mg/dL	50.5±16.0	51.94±15.9	0.441	48.15±11.1	52.77±12.7	0.007	47.31±15.0	49.81±12.6	0.070
LDL-C, mg/dL	131.81±35.6	133.31±28.8	0.569	128.62±23.9	125.31±27.2	0.600	127.63±31.9	130.44±32.2	0.518
HbA1c mol/mol	6.48±1.2	6.09±0.7	0.001	5.69±0.2	5.51±0.2	0.009	5.91±0.3	5.76±0.3	0.035

Abbreviations: TG, triglyceride; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low-density lipoprotein cholesterol; HbA1C, hemoglobin A1c. Values are presented as mean±SD.

^aCalculated by Wilcoxon signed rank test.

Table 3. Changes in muscle strength and muscle endurance

	A (n = 16)			B (n = 13)			C (n = 16)		
	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a
60°/sec peak torque (Nm) / %BW									
Extensor	204.6±34.0	217.4±35.9	0.006	230.5±19.9	241.5±20.5	0.023	215.8±45.2	230.4±47.0	0.025
Flexor	105.8±19.3	111.4±17.7	0.047	130.3±24.4	140.5±25.1	0.040	115.6±32.1	124.9±30.9	0.009
Ratio	52.5	51.2		56.5	58.1		53.5	54.2	
60°/sec average power per repetition (W) / %BW									
Extensor	131.2±20.1	140.5±24.3	0.006	145.9±15.1	158.9±14.3	0.004	140.5±31.5	152.6±28.9	0.011
Flexor	79.3±15.4	86.6±15.21	0.016	100.6±18.5	108.6±18.3	0.009	89.4±24.0	97.5±24.6	0.014
Ratio	60.4	61.6		68.9	68.3		63.6	63.8	
240°/sec average torque (Nm) / %BW									
Extensor	218.4±53.9	241.1±46.8	0.016	246.2±27.9	266.2±28.9	0.025	222.7±61.3	265.8±57.5	0.000
Flexor	113.3±29.8	125.5±32.5	0.033	139.1±35.0	159.8±27.7	0.006	125.4±35.7	153.1±41.7	0.001
Ratio	51.8	52.0		56.4	60.0		56.3	57.5	
240°/sec total work done (Nm)									
Extensor	1409.3±309.7	1563.1±253.4	0.001	1531.2±155.1	1771.4±166.0	0.001	1366.1±313.0	1692.3±333.1	0.000
Flexor	701.5±192.5	779.2±269.8	0.105	845.2±241.8	1043.1±164.8	0.013	793.4±187.0	940.6±248.5	0.002
Ratio	49.7	49.8		55.1	58.8		58.0	55.5	
Grip strength (kg)									
	40.5±9.1	39.5±8.6	0.214	42.6±4.9	43.05±5.6	0.507	39.7±7.7	41.5±7.5	0.103

Abbreviations: Nm, newton-meters; W, watts; %BW, % body weight.

Values are presented as mean±SD.

^aCalculated by Wilcoxon signed rank test.

Table 4. Changes in cardiovascular capacity of subjects

	A (n = 16)			B (n = 13)			C (n = 16)		
	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a	Pre	Post	<i>P</i> ^a
VO ₂ max, mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	32.19±4.0	36.54±4.1	0.000	34.65±3.1	39.1±2.8	0.001	30.93±4.8	35.02±6.4	0.002
LT, s	306.5±123.2	280.5±109.3	0.110	308.4±81.6	301.3±109.1	0.721	221.8±63.0	268.6±125.0	0.046
Total RT, s	570.4±87.0	619.93±74.3	0.001	649.0±59.3	692.4±59.5	0.004	573.8±75.3	607.9±85.2	0.017

Abbreviations: LT, lactate threshold; Total RT, total running time.

Values are presented as mean±SD.

^aCalculated by Wilcoxon signed rank test.

Table 5. Changes in the prevalence of metabolic syndrome of subjects

	A (n = 16)				B (n = 13)				C (n = 16)			
	Pre	Post	Change (%)	<i>P</i> ^a	Pre	Post	Change (%)	<i>P</i> ^a	Pre	Post	Change (%)	<i>P</i> ^a
TG, mg/dL	165.25±91.9	164.00±69.9	-0.76	0.836	156.31±71.6	130.38±57.2	-16.59	0.442	207.81±102.2	156.25±61.1	-24.81	0.063
HDL-C, mg/dL	50.5±16.0	51.94±15.9	2.85	0.441	48.15±11.1	52.77±12.7	9.60	0.007	47.31±15.0	49.81±12.6	5.28	0.070
Waist circ., cm	97.38±7.5	93.50±6.6	-3.98	0.001	92.85±3.4	88.46±4.1	- 4.73	0.001	96.19±4.9	92.06±4.1	- 4.30	<0.001
HbA1c, mol/mol	6.48±1.2	6.09±0.7	-6.01	0.001	5.69±0.2	5.51±0.2	- 3.16	0.009	5.91±0.3	5.76±0.3	- 2.54	0.035
Systolic BP, mmHg	128.94±12.2	135.81±18.8	5.33	0.088	130.23±8.3	124.38±8.5	- 4.50	0.025	132.44±6.9	127.81±10.5	- 3.50	0.105
Diastolic BP, mmHg	86.94±7.1	84.06±11.6	-3.31	0.245	84.08±6.6	74.31±6.8	-11.62	0.003	84.25±10.8	82.44±6.5	- 2.15	0.409

Abbreviations: TG, triglyceride; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; Waist circ, waist circumference; HbA1C, hemoglobin A1c.

Values are presented as mean±SD.

^aCalculated by Wilcoxon signed rank test.

knee extensor/flexor average torque는 A (각각 $P=0.016$, $P=0.033$), B (각각 $P=0.025$, $P=0.006$), C (각각 $P<0.001$, $P=0.001$)에서 유의한 차이를 나타냈으며, 240°/sec knee extensor/flexor total work done은 B (각각 $P=0.001$, $P=0.013$), C (각각 $P<0.001$, $P=0.002$), A ($P=0.001$)은 extensor에서만 유의한 차이를 나타냈다. 그러나 악력에서는 세 집단 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

4. 심폐지구력의 변화

본 연구에 참여한 피험자의 운동 전·후 심폐지구력 변화는 표 4와 같다. 집단내 변화를 살펴보면 $VO_2\max$ 는 A ($P<0.001$), B ($P=0.001$), C ($P=0.002$)에서 유의한 차이를 나타냈으며, total running time은 3집단 모두에서 시기간 A ($P=0.001$), B ($P=0.004$), C ($P=0.017$)로 통계적으로 유의한 증가를 나타냈으며, lactate threshold (LT)는 C ($P=0.046$)에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

5. 대사증후군 유병률 및 호전율

본 연구에 참여한 피험자의 대사증후군 컴포넌트의 변화는 표 5와 같다. 집단내 변화를 살펴보면 HDL-C은 B (9.60%, $P=0.007$)에서만 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 허리둘레는 A (-3.98%, $P=0.001$), B (-4.73%, $P=0.001$), C (-4.30%, $P<0.001$)에서 모두 통계적으로 유의하게 감소하였다. HbA1c는 A (-6.01%, $P=0.001$), B (-3.16%, $P=0.009$), C (-2.54%, $P=0.035$), 혈압은 B (각각 -4.50%, $P=0.025$, -11.62%, $P=0.003$)에서만 유의한 차이를 나타냈다. 대사증후군 지표의 변화로는 A에서 평균 3.31개에서 0.63개로 81.13%, B는 평균 2.92개에서 0.15개로 94.74%, C는 평균 3.69개에서 0.63개로 83.05%의 호전율을 나타내었으며, 세 그룹 평균 85.33%의 호전율을 나타내었다.

고 찰

본 연구는 직장인 환경개선을 통한 대사증후군 예방/관리 전략 개발로 10주간의 고강도 서킷트레이닝 및 직장환경개선프로그램이 신체조성 및 체력변화 그리고 대사증후군 지표개선에 미치는 영향을 알아보았다. 본 연구에서 신체구성 변인 중 체중, BMI, 체지방량, 내장지방, 엉덩이둘레, 허리둘레는 세 집단 모두 감소하였으며, 제지방량은 세 집단 모두 유의하게 증가하였다. 그러나 수축기혈압과 이완기혈압에서는 B에서만 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 중년을 대상으로 한 단기간의 고강도 서킷트레이닝이 신체조성의 변화를 제시한 많은

선행연구와 유사한 경향을 보이고 있으며^{15,20} 고강도 서킷트레이닝은 단시간에 에너지 소비량을 증가시키며, 심폐기능의 향상과 근력을 증가시킨다고 보고되고 있으며 이는 곧 제지방량을 증가시켜 기초대사량을 높임으로 결과적으로 체지방의 감소를 통해 체중감량에 도움을 준다고 보고되어 있다.^{21,22} 또한 스트레칭은 보조운동으로서의 기능뿐 아니라 관절에 range of motion을 증가시켜 신체구성의 변화를 긍정적으로 향상시킨다는 많은 결과가 선행연구를 통해 보고되고 있다. 본 연구에서는 A와 B 그리고 C에서 제지방량이 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 체지방량이 감소한 것을 볼 수 있었으며, 내장지방과 허리둘레 그리고 엉덩이둘레는 세 집단에서 모두 감소한 것을 볼 수 있었다. 이는 유·무산소 복합운동과 저항성 밴드를 이용한 스트레칭이 에너지 소비량을 증가시켜 체지방을 보다 직접적으로 연소시키는 작용이 있었다는 연구와 동일한 결과를 얻을 수 있었다.²³ 따라서 본 연구에서는 짧은 시간의 고강도 서킷트레이닝이 신체활동이 적고 불규칙한 영양섭취를 하는 현대 바쁜 직장인들에게 대사증후군을 예방할 수 있는 적합한 운동방법이라 사료된다. 요약하자면 본 연구에서 실시한 짧은 시간의 고강도 서킷트레이닝은 체지방 감소와 제지방 증가에 효과적이었으며 이는 대사증후군의 주요인자인 제지방량을 줄이는데 효과가 있다고 사료된다.

본 연구에는 HbA1c는 A와 B 그리고 C에서 유의하게 감소한 반면 HDL-C은 B에서 유의하게 증가하였다. 이러한 연구 결과는 중년 비만인을 대상으로 8주간의 중강도 서킷트레이닝이 대사증후군 위험요소인 허리둘레의 감소를 나타냈지만 혈중 지질 농도의 변화에는 유의차가 없었다는 선행연구와 동일한 결과를 나타낸 것을 볼 수 있으며,²⁴ 이는 곧 많은 선행연구에서도 언급하였듯 단기간의 운동은 혈중 지질에 변화를 일으키기에는 충분하지 못하다는 연구결과와 같은 경향을 나타내었다. 그러나 본 연구에서 A와 B 그리고 C에서 HbA1c와 내장지방의 감소를 나타냈는데 이는 Fatone 등²⁵의 연구에서 보고된 바와 같이 복합운동의 효과로서 체지방의 감소와 인슐린 민감성의 증진이 말초조직에서 당 흡수와 간의 당 신생 억제 능력이 개선되기 때문이라고 하였으며 이는 본 연구에서도 적용할 수 있을 것이라 사료된다. 또한 B에서 나타난 HDL-C의 증가와 내장지방의 감소 그리고 수축기혈압과 이완기혈압의 개선은 10주간의 복합운동을 통해 HDL-C가 증가되었다고 보고한 Almenning 등²⁶의 연구결과와 미국스포츠의학회¹⁴)에서 권고하듯 규칙적인 운동이 고혈압, 혈중 콜레스테롤 그리고 비만 등의 위험요소를 개선시키고 더 나아가 관상동맥질환과 심혈관계 질환을 예방하거나 진행을 지연시킨다고 하는 보고와 일치하다고 설명할 수 있겠다.

본 연구에서는 상지와 하지의 근력을 측정하였으며 하지

근력을 나타낼 수 있는 60°/sec knee extensor/flexor peak torque와 60°/sec knee extensor/flexor average power 그리고 근지구력을 나타낼 수 있는 240°/sec knee extensor/flexor average torque는 A와 B 그리고 C에서 모두 유의한 증가를 나타내었으며, 240°/sec knee extensor/flexor total work done은 B와 C에서만 통계적으로 유의한 증가를 나타냈으며, A는 extensor에서만 유의한 차이를 나타냈다. 이 결과는 중년을 대상으로 12주간의 고강도 서킷트레이닝이 근력과 근지구력 등 하지근력을 향상시킨다고 보고한 Romero 등²⁰⁾의 선행연구 결과와 일치하는 것을 볼 수 있으며, 일반적으로 근기능은 근육량과 비례한다고 알려져 있어^{21,22)} 이 논리에 근거할 때, 본 연구에서는 세 집단에서 모두 제지방량이 통계적으로 유의한 증가를 나타냈으며 이는 근기능이 향상된 것을 당연한 결과로 보여 진다. Martins 등²⁷⁾의 연구에 따르면 대사증후군에 포함된 중년 여성을 대상으로 저항성 운동을 통해 하지근력의 강화를 보고하였는데 이는 운동의 전체 범위에서 근육을 최대한 활성화시키기 때문에 근력향상에 효과적이라고 하였으며 본 연구에서도 서킷트레이닝을 통해 근기능이 향상된 것은 많은 선행연구들의 보고와 일치하다고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 심폐지구력의 변인으로 VO₂max, LT와 total running time을 측정하였으며, VO₂max와 total running time은 A와 B 그리고 C에서 모두 통계적으로 유의한 증가를 나타냈다. 그러나 LT에서는 C에서만 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 결과와 유사하게 Alkhatib¹⁰⁾은 직장인 남녀 56명을 대상으로 주2회 10주간의 유산소 운동이 VO₂max와 ventilatory threshold의 향상을 보고하였으며, Ramli 등⁶⁾과 Atlantis 등¹¹⁾은 사무직에 종사하는 비만인 남녀 28명과 73명을 대상으로 스트레칭과 유무산소 복합운동 그리고 식습관과 건강교육 중재를 통해 심폐지구력과 신체활동량의 증가를 보고하였다. 이처럼 유산소성 능력이 증가하는 기전은 심혈관계 기능의 향상으로 각 조직에 공급하는 혈액량의 증가가 근육내 세포의 호흡능력 및 대사기능을 향상시켜 결과적으로 VO₂max를 증가하게 된다는 많은 선행연구들과 일치하다고 할 수 있으며 이는 곧 활동량 부족과 좌식생활로 인해 대사증후군의 위험요소를 가지고 있는 직장인들에게 심혈관계 질환 위험요소 및 지질대사에 긍정적인 영향을 줄 것이라고 사료된다. 미국스포츠의학회¹⁴⁾에서는 VO₂향상시키기 위한 운동강도로 60-85% VO₂max를 권장하고 있으며 운동시간보다 운동강도가 중요한 요인이라고 권고하였다. 이에 본 연구에서는 짧은 시간 고강도 복합운동을 첫 주는 50% VO₂max 강도로 적응시킨 후 2주 간격으로 점차적으로 운동 강도를 늘려 80-90% VO₂max까지 점증시켜 총 에너지 소비량을 400 kcal로 목표 설정/시행하였다. 따라서 본 연구에서 실

시한 짧은 시간의 고강도 서킷트레이닝은 심폐지구력 증가에 효과적이었으며 이는 대사증후군의 주요 인자인 체지방량 및 지질대사에 대한 반응을 향상시키는데 효과가 있다고 사료된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 운동군에 대한 대조군이 없다. 이는 연구 특성상 직장을 대상으로 한 건강문화 조성으로 대사증후군 예방/관리 전략 개발에 있어 직장인의 건강 증진을 위한 직장환경개선 매뉴얼을 목적으로 함이기 때문이다. 둘째, 대사증후군 지표 중 하나인 공복시 혈당(fasting-glucose) 값이 제외됐다. 이는 혈액 분석시 혈당 측정의 오류가 있어 데이터를 제시하지 못하였으며 이를 대신해 당화혈색소(HbA1c) 값을 제시하였다. 셋째, 회사 세 곳의 여건상 모두 동일한 운동 중재 방법이 적용하지 못하였으며 기구를 이용하여 서킷 트레이닝을 실시한 B의 경우 동일한 운동량과 운동방법을 일치시키기 위해 자체적으로 고용된 트레이너를 교육시켜 운동 중재가 동일하게 이루어지도록 지도 하였으나 동일한 운동 중재를 하지는 못하였다.

종합해보면 본 연구는 운동과 직장환경개선이 직장인 대상 대사증후군 지표개선 및 환경 프로그램 개선 효과에 미치는 효과를 목적으로 A, B, C 총 3곳의 회사가 참가하여 10주간의 단시간 고강도 서킷트레이닝이 대사증후군 지표 개선에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았으며, 운동 중재 기간이 지난 뒤에도 사내 자조그룹을 형성하여 건강문화 조성을 도모할 수 있게 구성하였다. 이에 오랜 시간 좌업생활을 하는 직장인의 생활습관 개선이 대사증후군 예방에 매우 중요한 반면 국내 관련 연구들, 특히 직장인을 대상으로 운동 중재를 한 연구는 드문 실정이며, 따라서 본 연구의 결과를 토대로 대사증후군 예방 직장환경개선 프로그램을 보급 및 확산과 더불어 직장인을 대상으로 대사증후군 예방에 대한 연구가 필요하다고 사료되는 바이다.

요 약

연구배경: 본 연구는 직장인 환경개선을 통한 대사증후군 예방/관리 전략 개발로 10주간의 고강도 서킷트레이닝 및 직장환경개선 프로그램이 신체조성 및 체력변화 그리고 대사증후군 지표 개선에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

방법: 대사증후군 고위험군으로 분류된 83명을 대상으로 10주간 주 2회 30분씩 고강도 서킷트레이닝과 주 5회 하루 2회 다이내믹스트레칭을 실시하였으며 운동 중재 전·후 측정 변인으로 신체구성 및 계측, 혈액변인, 심폐지구력 그리고 악력과 하지근력 및 근지구력검사를 실시하였다.

결과: 신체구성의 변화로는 세 집단 모두 시기 간 체중(각각 $P=0.020$, $P=0.006$, $P=0.009$), 체질량지수(각각

$P=0.022$, $P=0.004$, $P=0.009$), 내장지방(각각 $P=0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$), 허리둘레(각각 $P=0.001$, $P=0.001$, $P<0.001$), 엉덩이둘레(각각 $P=0.001$, $P=0.007$, $P=0.001$), 제지방량(각각 $P<0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$)과 체지방률(각각 $P<0.001$, $P=0.001$, $P=0.001$)에서 유의한 차이가 나타났으며, 수축기와 이완기혈압(각각 $P=0.025$, $P=0.003$)은 한 집단에서만 유의한 차이를 나타냈다. 혈액변인으로 당화혈색소(각각 $P=0.001$, $P=0.009$, $P=0.035$)는 세 집단 모두 유의한 차이를 나타냈으며, 고밀도지단백 콜레스테롤($P=0.007$)는 한 집단에서만 유의한 차이를 보였다. 근력과 근지구력의 변화로는 $60^\circ/\text{sec}$ knee extensor/flexor peak torque(각각 $P=0.006$, $P=0.047$; $P=0.023$, $P=0.040$; $P=0.025$, $P=0.009$)와 average power(각각 $P=0.006$, $P=0.016$; $P=0.004$, $P=0.009$; $P=0.011$, $P=0.014$), $240^\circ/\text{sec}$ knee extensor/flexor average torque(각각 $P=0.016$, $P=0.033$; $P=0.025$, $P=0.006$; $P<0.001$, $P=0.001$)는 세 집단 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며, total work done(각각 $P=0.001$, $P=0.013$; $P<0.001$, $P=0.002$)은 두 집단에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한 심폐능력의 변화로 최대산소섭취량(각각 $P<0.001$, $P=0.001$, $P=0.002$)와 total running time(각각 $P=0.001$, $P=0.004$, $P=0.017$)은 세 집단에서 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며, LT ($P=0.046$)는 한 집단에서만 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

결론: 10주간의 단시간 고강도 서킷트레이닝과 직장환경 개선프로그램이 신체조성과 혈중 지질대사, 근력 및 근지구력과 심폐기능이 향상되는데 효과가 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 본 프로그램의 보급 및 확산과 더불어 직장인을 대상으로 대사증후군 개선에 대한 연구의 근거가 될 수 있음을 제시한다.

중심 단어: 서킷트레이닝, 직원건강, 대사증후군, 저항성 운동, 근력

REFERENCES

1. Parry S, Straker L. The contribution of office work to sedentary behaviour associated risk. *BMC Public Health* 2013;13:296.
2. Arena R, Guazzi M, Briggs PD, Cahalin LP, Myers J, Kaminsky LA, et al. Promoting health and wellness in the workplace: a unique opportunity to establish primary and extended secondary cardiovascular risk reduction programs. *Mayo Clin Proc* 2013;88(6):605-17.
3. Cowey S, Hardy RW. The metabolic syndrome: a high-risk state for cancer? *Am J Pathol* 2006;169(5):1505-22.
4. Guize L, Thomas F, Pannier B, Bean K, Jégo B, Benetos A. All-cause mortality associated with specific combinations of the metabolic syndrome according to recent definitions. *Diabetes Care* 2007;30(9):2381-7.
5. Hannon PA, Harris JR, Sopher CJ, Kuniyuki A, Ghosh DL, Henderson S, et al. Improving low-wage, midsized employers' health promotion practices: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med* 2012;43(2):125-33.
6. Ramli A, Henry LJ, Liang YF, Beh JY. Effects of a worksite health programme on the improvement of physical health among overweight and obese civil servants: a pilot study. *Malays J Med Sci* 2013;20(5):54-60.
7. Lorenzo C, Williams K, Hunt KJ, Haffner SM. The National Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel III, International Diabetes Federation, and World Health Organization definitions of the metabolic syndrome as predictors of incident cardiovascular disease and diabetes. *Diabetes Care* 2007;30(1):8-13.
8. Ministry of Health and Welfare. Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2012.
9. Edries N, Jelsma J, Maart S. The impact of an employee wellness programme in clothing/textile manufacturing companies: a randomised controlled trial. *BMC Public Health* 2013;13:25.
10. Alkhatib A. High prevalence of sedentary risk factors amongst university employees and potential health benefits of campus workplace exercise intervention. *Work* 2015;52(3):589-95.
11. Atlantis E, Chow CM, Kirby A, Fiatarone Singh MA. Worksite intervention effects on physical health: a randomized controlled trial. *Health Promot Int* 2006;21(3):191-200.
12. Johnson SR. EXPANDING VIP CARE. New concierge doc models focus on employers, with some offering specialists. *Mod Healthc* 2015;45(38):20-2.
13. Lee CM, Huxley RR, Woodward M, Zimmet P, Shaw J, Cho NH, et al. Comparisons of metabolic syndrome definitions in four populations of the Asia-Pacific region. *Metab Syndr Relat Disord* 2008;6(1):37-46.
14. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS; American College of Sports Medicine. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep* 2013;12(4):215-7.
15. Romero-Arenas S, Martínez-Pascual M, Alcaraz PE. Impact of resistance circuit training on neuromuscular, cardiorespiratory and body composition adaptations in the elderly. *Aging Dis* 2013;4(5):256-63.
16. Yamaguchi T, Takizawa K, Shibata K. Acute effect of dynamic stretching on endurance running performance in well-trained male runners. *J Strength Cond Res* 2015;29(11):3045-52.
17. Farooq MU, Chaudhry AH, Amin K, Majid A. The WHO STEPwise approach to stroke surveillance. *J Coll Physicians Surg Pak* 2008;18(10):665.
18. Nocera JR, McGregor KM, Hass CJ, Crosson B. Spin exercise improves semantic fluency in previously sedentary older adults. *J Aging Phys Act* 2015;23(1):90-4.
19. Kannus P, Alosa D, Cook L, Johnson RJ, Renström P, Pope M, et al. Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg. A randomized, controlled study using isometric and concentric isokinetic training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64(2):117-26.
20. Romero M, Vivas-Consuelo D, Alvis-Guzman N. Is health related quality of life (HRQoL) a valid indicator for health systems evaluation? *Springerplus* 2013;2:664.

21. Paoli A, Moro T, Marcolin G, Neri M, Bianco A, Palma A, et al. High-intensity interval resistance training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *J Transl Med* 2012;10:237.
22. Yoon DH, Kang DH, Kim H, Kim J, Song HS, Song W. Effect of elastic band-based high-speed power training on cognitive function, physical performance and muscle strength in older women with mild cognitive impairment. *Geriatr Gerontol Int* 2016.
23. Bocalini DS, Lima LS, de Andrade S, Madureira A, Rica RL, Dos Santos RN, et al. Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women. *Clin Interv Aging* 2012;7:551-6.
24. Hazley L, Ingle L, Tsakirides C, Carroll S, Nagi D. Impact of a short-term, moderate intensity, lower volume circuit resistance training programme on metabolic risk factors in overweight/obese type 2 diabetics. *Res Sports Med* 2010;18(4):251-62.
25. Fatone C, Guescini M, Balducci S, Battistoni S, Settequattrini A, Pippi R, et al. Two weekly sessions of combined aerobic and resistance exercise are sufficient to provide beneficial effects in subjects with type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome. *J Endocrinol Invest* 2010;33(7):489-95.
26. Almenning I, Rieber-Mohn A, Lundgren KM, Shetelig Løvvik T, Garnæs KK, Moholdt T. Effects of high intensity interval training and strength training on metabolic, cardiovascular and hormonal outcomes in women with polycystic ovary syndrome: a pilot study. *PLoS One* 2015;10(9):e0138793.
27. Martins WR, Safons MP, Bottaro M, Blasczyk JC, Diniz LR, Fonseca RM, et al. Effects of short term elastic resistance training on muscle mass and strength in untrained older adults: a randomized clinical trial. *BMC Geriatr* 2015;15:99.