

8주 복합 운동과 유산소성 운동이 신체구성과 혈중 반응성 산소종 및 항산화력에 미치는 영향

김창균^{1*}

Effects of 8-weeks Mixed Exercise & Aerobic Exercise on Body Composition,
derivatives of Reactive Oxygen Metabolite & biological antioxidant potential

Kim, Chang-Gyun^{1*}

Abstract

This study investigated the effects of 8-weeks mixed & aerobic exercise on body composition, & reactive oxygen metabolites, biological antioxidant potential. The subjects of forty-two without any medical problems in young men were recruited to divide into the mixed exercise group(aerobic & resistance exercise; MEG, $n=22$) and aerobic group(AEG, $n=20$). The variables measured the body composition and the derivatives of reactive oxygen metabolites & biological antioxidant potential before & after participating exercise protocol program for 8 weeks. The collected blood samples from a fingertip were analyzed with FRAS evolvo, H & D co., Italy. Statistical analysis used the two-way repeated measures ANOVA and Tukey's method for post-hoc analysis and test of homogeneity with Kolmogorow-Smirnov & the Shapiro-Wilk of normality. In body compositions, Lean body mass increased in MEG($p<.05$) and % body fat & waist hip ratio decreased both groups significantly($p<.05$). The derivatives of Reactive Oxygen Metabolites increased in MEG and Biological Antioxidant Potential increased significantly both groups($p<.05$). In conclusion, it increased to the derivatives of Reactive Oxygen Metabolites and Biological Antioxidant Potential factors in both groups after exercise. This shows the oxidative defense mechanisms to ensure the biological safety in exercise situation.

Key words: aerobic, antioxidant, reactive oxygen metabolites

* ckkim@gachon.ac.kr

1. 가천대학교(Gachon University)/교수

I. 서 론

인체는 생명을 유지하기 위하여 미토콘드리아에서 에너지를 생성하는데 이 때 산소를 필요로 한다. 이러한 과정에서 이용된 산소들이 반응성 산소종(reactive oxygen species; ROS)으로 변화하는데 이것이 활성산소(free radicals)로 체내에서 항산화 효소(antioxidant enzymes)간에 항산화 시스템의 균형을 유지한다(Cocuzza et al., 2007). 이러한 활성산소는 각종 질병, 운동, 스트레스, 그리고 흡연 등에 의해 발생할 수 있으며, 힘든 운동이 ROS의 생성을 촉진하는 것으로 알려져 있다(Bloomer et al., 2005). 과도하게 생성된 활성산소는 글루코스 유입(glucose uptake), 단백질 손상 및 지질 과산화, DNA의 변형을 초래하여 노화를 촉진하는 것으로 알려져 있다(Gröger et al., 2005, De Lisio et al., 2011). 또한 다량의 활성산소는 독성 물질로 작용하여 세포의 기능을 감소하고(Jorge et al., 2011), 근골격계 질환 및 고혈압, 동맥경화 등 각종 퇴행성 질환을 유발하는 직·간접적인 원인이 된다고 하였다(Patel, 2011).

Reiter(1995)는 인체 내에서는 활성산소와 활성산소를 중화하는 항산화 효소와 같은 항산화력은 균형을 유지하여 세포내 방어벽을 생성하여 활성산소에 의한 피해를 최소화한다고 하였다. 운동 강도가 높을수록 활성산소와 항산화력을 더욱 활성화하며 격렬한 운동은 오히려 건강 유지 및 증진에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Powers, Talbert, & Adhichetty, 2011). 일부 연구는 일회성 유산소성 운동에 의해 활성산소가 증가한다는 결과를 보고하였고(Bermon, 2007), ROS와 항산화력에 관한 유산소성 운동과 저항성 운동이 활성산소 및 항산화력에 미치는 반응을 규명하고자 하였다(Lee

JS & Kim CG, 2014; Michailidis, 2007).

Vincent 등(2002)은 성인을 대상으로 일회적 유산소성 트레이닝 후 지속적 저항성 트레이닝이 지질과산화 농도를 저하한다고 보고하였다. 또한 유산소성과 저항성 운동이 체지방율과 혈중지질, 그리고 혈당 등의 신체구성 요인을 개선하였다고 보고하였다(Takuro, 2014). 그러나 유산소성과 저항성 운동이 항산화 시스템을 개선하는 데 효과적이라는 연구가 있으나 여전히 일치된 견해를 보이지 못하고 있다.

이와 같이 활성산소와 항산화력은 건강 유지 및 증진에 밀접한 관련이 있으며, 이를 규명하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음에도 불구하고 운동 형태와 관련하여서는 아직 일치된 결론에 도달하지 못하고 있는 실정이다. 특히 운동 현장에서 건강 유지 및 증진을 위한 목적으로 실시하고 있는 저항성이나 유산소성 운동에 따른 활성산소 및 항산화력의 농도에 미치는 영향에 관한 연구가 진행되고 있으나 유·무산소성 운동을 병행한 복합운동의 효과에 관한 연구는 부족한 현실이다.

따라서 본 연구의 목적은 유산소성과 저항성 운동을 병행한 복합 운동과 유산소성 운동이 신체구성과 활성산소 및 항산화력에 미치는 영향을 규명하여 복합운동의 효과성에 관한 정보를 제공하고 자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 K도 소재 대학교에 재학 중이며, 의학적으로 질환이 없고 자발적으로 운동 참

여에 제한이 없는 건강한 남학생 44명을 모집하였으며, 연구대상자들은 복합(유·무산소성) 운동 집단($n=22$)과 유산소성 운동 집단($n=20$)으로 무작위 분류하였으며 2명은 자진포기 의사를 감안하여 실험에서 제외하였다. 대상자에게는 실험 참가 전 실험의 안전성과 연구 방법, 연구 목적 그리고 절차 등에 관하여 설명하였으며, 서면으로 동의서를 받은 후 실험에 참여하도록 하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BF (%)
ME($n=22$)	23.14 ± 1.04	172.09 ± 4.73	67.32 ± 2.87	14.28 ± 3.99
AE($n=20$)	23.80 ± 1.64	175.50 ± 4.48	71.40 ± 6.23	14.32 ± 2.96

Values are *mean* $\pm$ *SD*.

MEG; mixed exercise(resistance & aerobic)

AE; aerobic exercise, BF; body fat

2. 실험절차 및 방법

본 실험에 참여한 연구대상자들은 변인을 측정하기 위하여 최소 8시간 공복 상태를 유지하도록 한 후 운동 프로그램 시작 전 사전검사와 8주 운동 프로그램이 끝난 후 측정하였다. 본 연구를 위한 변인으로는 신체구성(체중, 체지방 체중, 체지방율, WHR) 및 반응성 산소종과 항산화력 변인을 측정하기 위하여 손가락 끝 모세혈관에서 채혈하고 혈액을 분석하였다. 신체구성 변인은 간편한 운동복을 착용한 상태로 생체전기저항측정기(Inbody 720, Biospace co., Korea)를 사용하여 측정하였다. 반응성 산소종과 항산화력을 분석하기 위하여 채혈하고 채취된 혈액 샘플은 즉시 튜브에 옮겼으며,

국제과학협회에서 인증받은 산화적 스트레스 분석 시스템(FRAS evolvo, H & D co., Italy)를 이용하여 반응성 산소종과 항산화력 요인을 각각 분석하였다. 본 연구에서 사용한 d-ROM 및 BAP 측정 방법은 스핀공명법(electron spin resonance; ESR)과 비교하여 타당도가 매우 높은 것으로 알려져 있다 (Celi et al., 2010).

3. 복합 운동과 유산소성 운동 프로토콜

본 연구를 위한 운동 프로그램은 총 8주 실시하였으며 4일/주, 회당 50분씩 구성하였으며, 복합운동은 유산소성 운동 2일과 저항성 운동 2일 즉, 1일차 유산소성 운동, 2일차 저항성 운동, 3일차 유산소성 운동, 4일차 저항성 운동 등과 같이 격일로 구성하였고 유산소성 운동도 4일/주를 수행하였다. 운동 2일 후 각각 1일의 인터벌 휴식을 취하였다.

1일 50분 운동은 준비운동 5분, 본 운동 40분, 정리운동 5분으로 구성하였다. 유산소성 운동은 트레드밀을 이용하여 총 50분간 진행하였고 운동강도는 여유심박수(heart rate reserve; HRR) 방법인 목표심박수 45~55% 범위 내에서 운동을 수행하였다 (target heart rate(THR)=[(HR_{max} - HR_{rest}) $\times$ 45~55% intensity] + HR_{rest}와 HR_{max}=220 - age(Ferguson, 2014). 5분 동안 준비운동은 HRR 30~40% 강도에서 걷기를 수행하고 본 운동은 HRR 45~55%에서 40분, 그리고 정리운동 단계에서는 HRR 30~40% 걷기 운동을 수행하고 지상에 내려온 후 동적 스트레칭 후 운동을 마무리하였다. 이때 운동 강도는 무선 심박수측정기(Bodypro M100, Du-sung tech. co., Korea)를 이용하여 HRR를 토대로, 실시간으로 모니터링하고 운동 강도를 조절하였다. 저항성 운동은 유산소성 운동과 동일하게 총 50분간 진행하였다. 준비

운동으로 5분 동안 HRR 30~40% 강도로 트레드밀 걷기를 하고 가벼운 스트레칭 후, bench press, shoulder press, lat pull down, leg extension, leg press, leg curl, dead lift 등 7가지 운동을 하였으며, 정리운동 5분 동안 HRR 30~40% 강도로 트레드밀 걷기 후 지상에서 스트레칭 후 운동을 마무리 하였다.

저항성 운동의 강도를 산출하기 위해 1RM을 측정하였으며, 1RM 산출 공식은 Kraemer 등(1995)의 1RM 간접측정법을 참고하였다. 운동의 강도 적용은 운동 부위별 1RM 45~55%로 12회 반복(1회당 2초씩 수축 이완), 3세트를 적용하고 세트 간 1분 30초~2분의 휴식시간을 갖도록 하였다. 본 운동의 총 소요 시간은 약 2,400초로 유산소성 본 운동과 유사하게 약 40분으로 구성하였다.

4. 자료처리

본 연구의 결과 분석을 위한 자료처리는 SPSS

21.0(ver. Korea) 통계 프로그램을 이용하였고 모든 측정항목은 평균(m)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 통계 처리는 Kolmogorow-Smirnov와 Shapiro-Wilk의 검증을 통해 정규성 분포 및 동질성 검증을 한 후 이원변량 반복측정 분산분석을 하였으며, 상호작용이 나타날 경우 사후검증은 Tukey's method를 실시하였다. 본 연구의 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 신체구성(Body composition)의 차이

복합운동과 유산소성 운동에 따른 신체구성의 차이는 <Table 2>에 제시한 바와 같다.

신체구성 요인 BW(kg)은 집단과 시기간 상호작용에서도 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 2. The difference of body compositions

Variables	Group	Pre	Post		F	p
BW (kg)	MEG	67.32±2.87	67.62±3.37	Group	.277	.510
				Time	.806	.375
	AEG	71.40±6.23	70.60±6.86	Group×Time	.286	.596
LBM (kg)	MEG	32.60±1.83	33.71±1.85	Group	.100	.754
				Time	49.113	.001*
	AEG	33.51±2.51	33.27±2.52	Group×Time	113.424	.001*
BF (%)	MEG	14.28±3.99	13.23±3.81	Group	.054	.818
				Time	52.904	.001*
	AEG	14.32±2.96	13.68±2.60	Group×Time	3.114	.085
WHR	MEG	.79±.03	.78±.03	Group	.574	.089
				Time	101.793	.001*
	AEG	.81±.04	.80±.02	Group×Time	25.832	.001*

* $p<.05$, mean±SD

ME; Mixed Exercise(resistance & aerobic), AE; Aerobic Exercise, BF; body fat, WHR: waist to hip ratio, LBM; Lean body mass, BW; Body weight

그러나 유산소성 집단에서 감소하는 것으로 나타났다. LBW(kg)은 집단과 전후 상호작용효과가 나타났으며($F=113.424$, $p<.05$), 복합운동에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=49.113$, $p<.05$). BF(%)은 집단과 전후 상호작용효과가 나타나지 않았으나, 운동 후 각 집단에서 유의하게 감소하였다($F=52.904$, $p<.05$). WHR은 집단과 전후 상호작용효과가 나타났으며($F=25.832$, $p<.05$), 복합운동 후 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=101.793$, $p<.05$).

2. 혈중 반응성 산소종(d-ROM)과 항산화력(BAP)의 차이

복합 운동과 유산소성 운동 혈중 반응성 산소종과 항산화력의 차이는 <Table 3, 4>에 제시한 바와

같다.

혈중 반응성 산소종 <Table 3>은 집단 간에 유의한 차이가 나타났으며($F=40.465$, $p<.05$), 집단과 전후 상호작용에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=4.501$, $p<.05$). 운동 전후에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

항산화력 <Table 4>는 집단간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 집단과 전후 상호작용에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 운동 전후에는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=19.494$, $p<.05$).

IV. 논 의

본 연구는 유산소성 및 저항성 운동을 병행한 복

Table 3. The difference of derivatives of Reactive Oxygen Metabolites

Variables	Group	Pre	Post		<i>F</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
d-ROM (U.Carr.)	MEG	283,55±18,89	296,55±47,67		40,465	,001*	,053
				GroupTime	,177	,676	,004
	AEG	279,30±30,27	290,60±25,30	Group×Time	4,501	,040*	,101

* $p<.05$, *mean*±*SD*. *ES* was classified; small <.05; medium .06-.13; large>.14.(Cohen, 1988). MEG=mixed exercise(resistance & aerobic); AEG=aerobic exercise; d-ROM=derivatives of reactive oxygen metabolites, d-ROM level units; U.CARR, 1 U.CARR; .08 mg/dL(100 mL) of H_2O_2

Oxidative stress classifications: very high, above 500 U.CARR; high, from 401 to 500 U.CARR; slight, from 321 to 340 U.CARR; borderline stress, from 301 to 320 U.CARR; and normal, from 250 to 300 U.CARR.(Naofumi et al., 2008)

Table 4. The difference of Biological Antioxidant Potential

Variables	Group	Pre	Post		<i>F</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
BAP (μ mol/L)	MEG	2371.82 $\pm$ 195.60	2453.27 $\pm$ 198.67		2.200	.146	.052
				GroupTime	19.494	.001*	.328
	AEG	2375.70 $\pm$ 204.96	2493.65 $\pm$ 164.29	Group $\times$ Time	.877	.335	.021

* $p<.05$, *mean*±*SD*. *ES* was classified; small <.05; medium .06-.13; large>.14.(Cohen, 1988).

MEG; mixed exercise(resistance & aerobic), AEG; aerobic exercise, BAP; biological antioxidant potential, Plasma BAP units; μ mol/L. BAP level classifications: optimum range, from 2201 to 4000 μ mol/L; borderline, from 2001 to 2200 μ mol/L; moderate shortage, from 1801 to 2000 μ mol/L; shortage, from 1601 to 1800 μ mol/L; severe shortage, from 1401 to 1600 μ mol/L; and very severe shortage, less than 1400 μ mol/L.(Naofumi et al., 2008).

합 운동과 유산소성 운동이 신체구성 및 혈중 반응성 산소종과 항산화력에 미치는 영향을 규명하고 논의하면 다음과 같다.

반응성 산소종(ROS)이 발생하면 GPX, SOD 그리고 catalase와 같은 항산화 효소가 증가한다(Fang, Yang & Wu, 2002). Hudson(2008)은 운동 전과 비교하여 운동 1시간 후 항산화 효소의 활성을 관찰하였고, Bloomer 등(2005)은 일회적 사이클 운동보다 스쿼트 운동 24시간 후 항산화력이 더욱 활성화된다고 보고하였다. 본 연구의 반응성 산소종 d-ROM은 복합 운동과 유산소성 운동 집단의 경우 운동 전에 비하여 운동 후 증가하였으나 복합 운동 집단에서 더욱 증가하였다. 이러한 결과는 저항성 운동이나 운동강도 차이에서 활성산소와 항산화력이 증가하는 연구결과와 일치하였다(Ashton et al., 1998). Vincent(2002)은 중년을 대상으로 한 연구에서 장기간 저항성 운동이 ROS를 완화하는 데 효과적이라 하였다. 반면에 Gröger(2005)는 장기간의 유산소성 운동은 ROS를 완화한다고 하였다. Achraf 등(2020)은 유산소성, 무산소성 그리고 혼합 운동 시 산화적 스트레스와 항산화력과 관련하여 발생 시기가 다를 뿐 모두 증가하였으나 총량의 항산화력은 유산소성 운동에서 높게 나타났다. 즉 산화적 스트레스는 운동강도와 기간이 영향을 미치는 것으로 파악하였다. 그러나 본 연구에서는 유산소성 운동 보다는 저항성 운동과 유산소성 운동을 병행한 복합운동 집단에서 활성산소가 증가하였다. 항산화력 BAP은 복합 운동과 유산소성 운동 집단에서 운동 후 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 운동 후 활성산소의 증가와 더불어 이의 완충을 위한 대응 방안으로 항산화력이 증가한다는 선행연구 결과와 일치하고 있다(Achraf et al., 2020; Nordin, 2014). 이러한 연구결과는 운동방법,

기간, 대상 등의 여러 가지 변인이 영향을 미친 것으로 보이며 명확하게 규정할 수 없는 연구 결과들이 도출되고 있는 실정이다. 또한 신체구성은 유산소성 및 저항성 운동을 병행한 복합 운동과 유산소성 운동 집단에서 BW은 집단간 차이가 나타나지 않았다. LBM은 복합운동 집단에서 운동 후 오히려 증가하였고 BF과 WHR은 두 집단에서 운동 후 감소하여 운동의 효과가 있었다. 특히 LBM의 경우 복합운동 집단에서의 증가는 저항성 운동의 결과라 생각된다(Cavalcante, 2018). 따라서 체지방이 감소하고 근육량을 증가하기 위해서는 저항성 운동과 유산소성 운동을 병행하는 복합운동의 효과적이라고 판단된다. 이러한 결과는 복합운동이 신체구성에 이점이 있다는 선행연구와 일치하고 있다(Hudson, 2008). Magdalena 등(2017)은 신체구성이 다른 사람을 대상으로 최대 강도에서 운동시 비만 피험자들의 활성산소와 항산화력이 증가하였고 운동 전·후 신체능력이 높은 사람들이 낮은 값을 나타냈으며, 산화적 스트레스 지수는 신체구성 요인 VO_{2max} , BM, LBM, %BF 그리고 BMI과는 상관이 없다고 하였다.

그러나 Ernesto & Victoria(2022)에 의하면 산화적 스트레스는 비만과 관련하여 항산화력과 활성산소 생성 사이에서 불균형의 결과라고 하였다. 즉 젊은 대사증후군(metabolic syndrome) 환자는 높은 수준의 산화적 스트레스가 증명되었고, 이는 superoxide dismutase 활성을 감소하여 항산화력의 불균형을 초래한다고 하였다. 대사증후군 주요 변인 비만과 인슐린 저항성은 산화적 스트레스와 관련이 있고 지나친 비만 축적은 산화적 스트레스와 밀접한 관련이 있다는 연구가 이를 뒷받침한다고 하였다(Jakubiak et al., 2022). 따라서 산화적 스트

레스와 비만에 의한 항산화력은 아직 일치된 결론에 도달하지 못하고 있는 실정이며, 특히 운동 현장에서 건강 유지 및 증진을 위한 목적으로 실시하는 유산소성, 저항성 그리고 복합 운동이 활성산소 및 항산화력의 농도에 미치는 영향에 관한 연구를 지속적으로 수행하여 일관된 결과를 도출할 필요가 있다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 유산소성 및 저항성 운동을 병행한 복합 운동과 유산소성 운동이 신체구성 및 혈중 반응성 산소종과 항산화 효소에 미치는 영향을 규명하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 신체구성 BW은 복합 운동과 유산소성 운동 후 차이가 나타나지 않았다. LBM은 복합 운동 집단에서 운동 후 증가하였고, BF과 WHR은 두 집단에서 운동 후 감소하였다.

둘째, 반응성 산소종 d-ROM의 차이는 복합 운동 집단이 유산소성 운동 집단보다 증가하였으며, 항산화 효소 BAP의 차이는 복합 운동과 유산소성 운동 후 통계적으로 유의하게 증가하였다.

이상의 결과를 종합하면 두 운동집단에서 반응성 산소종 및 항산화 효소가 모두 증가하였으며 이러한 증가는 활성산소와 항산화력의 균형을 유지하기 위한 기전으로 판단된다. 특히 증가의 범위가 정상범위 내에서 증가하면서 신체구성 요인에는 긍정적 영향을 미치는 만큼 이후에도 다양한 연구를 수행하여 건강증진을 위한 최적의 운동방법을 모색하고자 한다.

참고문헌

1. Ammar, A., Trabelsi, K., Boukhris, O., Glenn, J. M., Bott, N., Masmoudi, L., Hakim, A., Chtourou, H., Driss, T., Hoekelmann, A., & El Abed, K.(2020). Effects of aerobic-, anaerobic-and combined-based exercises on plasma oxidative stress biomarkers in healthy untrained young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2601.
2. Ashton, T., Rowlands, C. C., Jones, E., Young, I. S., Jackson, S. K., Davies, B., & Peters, J. R.(1998). Electron spin resonance spectroscopic detection of oxygen-centred radicals in human serum following exhaustive exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77(6), 498-502.
3. Bermon S.(2007). Airway inflammation and upper respiratory tract infection in athletes: is there a link, *Exerc Immunol Rev*, 13(6), 14.
4. Bloomer, R. J., Goldfarb, A. H., Wideman, L., McKenzie, M. J., & Consitt, L. A.(2005). Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 276-285.
5. Cavalcante, E. F., Ribeiro, A. S., do Nascimento, M. A., Silva, A. M., Tomeleri, C. M., Nabuco, H. C., Pina, F. L. C., Mayhew, J. L., Silva-Grigoletto, D. S., Silva, D. R. P., Fleck, S. J., & Cyrino, E. S.(2018). Effects of different resistance training frequencies on fat in overweight/obese older women. *International journal of sports medicine*, 39(07), 527-534.
6. Celi, P., Sullivan, M., & Evans, D.(2010). The stability of the reactive oxygen metabolites (d-

- ROMs) and biological antioxidant potential (BAP) tests on stored horse blood. *The Veterinary Journal*, 183(2), 217-218.
7. Cocuzza, M., Sikka, S. C., Athayde, K. S., & Agarwal, A.(2007). Clinical relevance of oxidative stress and sperm chromatin damage in male infertility: an evidence based analysis. *International brazjurol*, 33, 603-621.
8. Cohen J.(1988). *Statistical power analysis for the behavioral Sciences*. Hillsdale, New Jersey, 273-406.
9. De Lisio, M., Kaczor, J. J., Phan, N., Tarnopolsky, M. A., Boreham, D. R., & Parise, G.(2011). Exercise training enhances the skeletal muscle response to radiation-induced oxidative stress. *Muscle & nerve*, 43(1), 58-64.
10. Ernesto, M. M., & Victoria, C.(2022). Oxidative Stress in Obesity. *Antioxidants*, 11(4), 639.
11. Fang, Y. Z., Yang, S., & Wu, G.(2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18(10), 872-879.
12. Ferguson, B.(2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed.* J Can Chiropr Assoc, 58(3), 328.
13. Gröger, M., Speit, G., Rademacher, P., & Muth, C. M.(2005). Interaction of hyperbaric oxygen, nitric oxide, and heme oxygenase on DNA strand breaks in vivo. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 572(1-2), 167-172.
14. Hudson, M. B., Hosick, P. A., McCaulley, G. O., Schrieber, L., Wrieden, J., Mcanulty, S. R., Triplett, T., McBride, J. M., & Quindry, J. C. (2008). The effect of resistance exercise on humoral markers of oxidative stress. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(3), 542.
15. Jakubiak, G. K., Osadnik, K., Lejawa, M., Osadnik, T., Golawski, M., Lewando-wski, P., Pawlas, N.(2022). "Obesity and Insulin Resistance" Is the Component of the Metabolic Syndrome Most Strongly Associated with Oxidative Stress. *Antioxidants*, 11(1), 79.
16. Jorge, A. T. S., Arroiteia, K. F., Lago, J. C., de Sá-Rocha, V. M., Gesztesi, J., & Moreira, P. L. (2011). A new potent natural antioxidant mixture provides global protection against oxidative skin cell damage. *International Journal of Cosmetic Science*, 33(2), 113-119.
17. Kraemer, W. J., Fry, A. C., Maud, P. J., & Fosters, C.(1995). *Physical Assessment of Human Fitness*.
18. Lee, J. S., Kim, C. G.(2014). Blood levels of oxidative stress, antioxidant, and metabolic variables at two exercise intensities on an acute treadmill graded exercise. *The Korean Society of Sports Science*, 23(4), 1045-1056.
19. Michailidis, Y., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Fatouros, I. G., Koutedakis, Y., Papassotiropoulos, I., & Kouretas, D.(2007). Sampling time is crucial for measurement of aerobic exercise-induced oxidative stress. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(7), 1107-1113.
20. Naofumi, T., Takaaki, T., Takayuki, M., Daisuke, E., Reiko, Y., Noriko, T., & Tatsuo, Y.(2008). Relationship between periodontal condition and plasma reactive oxygen metabolites in patients in the maintenance phase of periodontal treatment. *Journal of Periodontology*, 79(11), 2136-2142.
21. Nordin, T. C., Done, A. J., & Traustadóttir, T. (2014). Acute exercise increases resistance to oxidative stress in young but not older adults. *Age*,

- 36(6), 1-9.
22. Patel, R. S., Al Mheid, I., Morris, A. A., Ahmed, Y., Kavtaradze, N., Ali, S., Ali, S., Dabhadkar, K., Brigham, K., Hooper, W. C., Alexander, R. W., Jones, D. P., & Quyyumi, A. A.(2011). Oxidative stress is associated with impaired arterial elasticity. *Atherosclerosis*, 218(1), 90-95.
 23. Powers, S. K., Talbert, E. E., & Adhihetty, P. J. (2011). Reactive oxygen and nitrogen species as intracellular signals in skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 589(9), 2129-2138.
 24. Reiter, R. J.(1995). Oxidative processes and anti-oxidative defense mechanisms in the aging brain. *The FASEB journal*, 9(7), 526-533.
 25. Takuro, M., Katsunori, T., Mariko, M., Naoya, Y., Tomoshi, T., & Keitaro, M.(2014). Video-assisted thoracic surgery attenuates perioperative oxidative stress response in lung cancer patients: A preliminary study. *Acta Med Nagasaki*, 59, 19-25.
 26. Vincent, K. R., Vincent, H. K., Braith, R. W., Lennon, S. L., & Lowenthal, D. T.(2002). Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. *European journal of applied physiology*, 87(4), 416-423.
 27. Więcek, M., Maciejczyk, M., Szymura, J., Wiecha, S., Kantorowicz, M., & Szygula, Z. (2016). Effect of body composition, aerobic performance and physical activity on exercise-induced oxidative stress in healthy subjects. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7-8), 942-952.