

10주간 유산소와 저항성 운동의 다른 수행 순서에 따른 20대 남성의 신체조성, 신체기능과 호르몬에 미치는 영향

김대열¹, 정재관¹, 조성채¹, 국두홍², 박혁¹, 이하얀¹, 홍고은¹, 황연희¹, 김동희^{1*}

¹전남대학교 체육교육과
²목포해양대학교 교양과정부

Effects of Different Performance Sequences of Aerobic and Resistance Exercises for 10 Weeks on Body Composition, Physical Function and Hormones in Males aged 20s

Daeyeol Kim¹, Jaekwan Jeong¹, Sungchae Cho², Doohong Kuk², Hyeok Park¹,

Hayan Lee¹, Goeun Hong¹, Yeonhee Hwang¹, Donghee Kim^{1*}

¹Department of Physical Education, Chonnam National University

²Division of Liberal Arts and Science Mokpo National Maritime University

요약 본 연구는 20대 남성을 대상으로 10주간 저항운동과 유산소 운동을 순서가 다르게 실시한 후 신체조성, 운동수행능력 및 호르몬의 변화에 어떠한 영향을 주었는지에 관한 연구이다. 실험 참가자들 (N=30)은 무선탈당 방식으로 유산소 운동 후 저항 운동그룹 (n=10, A+R), 저항운동 후 유산소 운동그룹(n=10, R+A)과 통제그룹 (n=10, CON)으로 나누었다. 10주간 유산운동(최대심박수 50-80%, 30분)과 저항운동(50-80% 1RM, 30분)으로 순서를 달리하여 주3회 한 회당 총 70-80분으로 운동을 수행하였다. 훈련 기간 전과 10주후에 신체조성, 운동수행능력, 호르몬이 측정되었다. 연구 결과는 신체조성에서 A+R의 골격근량(p=.015)은 증가하였고 체지방량(p=.042), 체지방률(p=.007)은 감소하였다. R+A의 골격근량(p=.001)은 증가하였고, 체지방량(p=.003)은 감소하였다. CON은 체중(p=.03)과 체지방량(p=.039)이 증가하였다. 운동수행능력에서 A+R에 유산소능력(p=.011)과 저항성능력(p=.001)이 증가하였고, R+A는 저항성능력(p=.0016)이 증가하였다. 호르몬에서 A+R에 에피네프린(p=.048), 노르에피네프린(p=.013), 코티졸(p=.045)이 증가하였고, R+A는 에피네프린(p=.046)이 증가하였다. CON에서는 인슐린(p=.007)이 증가하였다. 이러한 결과로 보면 두 운동 그룹(A+R & R+A)이 통제그룹(CON)에 비하여 우수하고, 그리고 두 운동 그룹 중에서는 A+R이 R+A보다 좀 더 효과적임을 나타내었다.

Abstract This study examined the effects of different performance sequences of aerobic and strength exercises for 10 weeks on the body composition, physical function, and hormones in males aged in their 20s. A total of 30 subjects (N=30) were assigned randomly to either aerobic and resistance exercise (n=10, A+R), resistance and aerobic exercise (n=10, R+A), or a control group (n=10, CON). The different order of aerobic (HRmax 50-80%, 30 min) and resistance (50-80% 1RM, 30 min) exercises for 10 weeks was consisted of 3 times per week and 80 minutes per session. The body composition, physical function, and hormones were measured before and after the training period. The lean body mass (p=.015) was increased and the fat mass (p=.042) and % body fat (p=.007) in the A+R were decreased. The skeletal muscle mass (p=.001) in the R+A was increased and % body fat was decreased (p=.003). The weight (p=.03) and % body fat (p=.039) in the CON were increased. The aerobic capacity (p=.011) and muscular endurance (p=.001) in the A+R group were improved. The muscular endurance (p=.0016) in the R+A was improved. The epinephrine (p=.048), norepinephrine (p=.013), and cortisol (p=.045) levels in the A+R group were increased. The epinephrine (p=.046) level in the R+A group was increased. The insulin (p=.007) level increased in the CON group. In conclusion, both A+R and R+A groups produced superior results to the CON group but the A+R group was slightly more efficient than the R+A group.

Keywords : order of exercises, concurrent exercise, body composition, physical performance, hormones

*Corresponding Author : Donghee Kim(Chonnam National Univ.)

Tel: +82-62-530-2560 email: secor@daum.net

Received December 18, 2017

Revised(1st January 3, 2018, 2nd January 4, 2018)

Accepted January 5, 2018

Published January 31, 2018

1. 서론

이론적으로 훈련을 통한 인체의 적응에 대하여 저항 훈련과 유산소 훈련은 상반되는 결과를 나타낸다[1]. 저항 훈련은 주로 근비대(muscle hypertrophy) 그리고 이를 통한 수축성 단백질이 강화로 최대근수축력이 향상되지만, 이 저항 훈련은 미토콘드리아 수와 산화효소의 활성을 감소시켜서 유산소성 능력 향상을 지연시킨다[1]. 반면에 유산소 훈련의 주된 성과는 거의 발생하지 않거나 미약한 근비대를 나타내지만, 미토콘드리아, 구연산 회로의 효소(citric acid enzyme), 산화효소, 모세혈관의 향상으로[2] 유산소성 능력이 활성화 되고[3], 혈관 건강에도 긍정적인 영향을 미친다 [4].

하지만 몇몇의 기존의 연구에서 저항운동과 유산소 운동을 한 세션(session) 안에서 연속하여서 같이 할 경우 두 운동 간에 간섭효과(interference effect)가 나타나서 운동수행으로 인한 신체적 향상이 나타나지 않을 것을 우려하였다[5, 6, 7]. 이러한 간섭효과가 나타날 수 있는 이유는 복합운동이 한 가지 운동에 비해 운동량이 많아 더 많은 글리코겐(glycogen)의 소모와 지속적인 이화 상태(catabolic state)가 나타나고, 단백질 생성 신호(protein synthesis signaling)에 부정적인 영향을 미쳐 그 결과 근력 증가에 방해가 될 수도 있다고 보고하였다[8].

이러한 이유로 과거에는 저항 훈련과 유산소 훈련을 따로 시행하였지만, 최근에 들어서 운동 한 세션(session)에 저항운동과 유산소 운동을 함께 하는 공존운동(concurrent exercise)[9] 또는 복합운동(combined exercise)[10]이라고 불리는 운동프로그램을 운동선수나 일반인[9] 그리고 환자[11]를 위한 훈련으로 적용되고 있다. 게다가 복합 운동법은 최근에 유산소 운동과 저항 운동의 상호보완적인 부분이 있다고 여겨져서 많은 연구가 이루어지고 있고 [3, 9, 10, 12, 13, 14], 복합 운동법에서 유산소 운동과 저항운동을 수행하는 순서로 인한

인체의 적응과 향상에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다[8, 15, 16, 17]. 그 이유는 공존-복합운동에서 저항운동과 유산소 운동 순서가 달라짐으로 동원되는 에너지원이 다르기 때문에 [15, 17] 훈련을 통한 인체에 대한 적응과 변화가 다르게 나타날 수 있기 때문이다.

하지만 기존의 공존-복합운동 관한 연구에서 다른 운동 수행 순서에 따른 결과들이 상이한 것이 많기 때문에 이에 관련된 연구가 더욱 보완되어할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 10주간의 저항운동과 유산소운동의 운동 수행 순서 차이가 젊은 남성의 신체조성, 운동수행 능력, 호르몬에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 실험참가자는 평소에 다른 운동을 참여하지 않고, 신체적으로 의학적으로 이상이 없는 20대 일반 남성을 대상으로 실험에 자의적으로 참가하기를 원하는 대상자들을 모집하였다. 모집된 실험 참가자들에게 연구 계획서를 바탕으로 본 연구의 목적과 실험계획을 설명하였고, 이에 대해서 충분히 이해하고 동의를 한 대상자들을 대상으로 실험에 관한 동의서에 서명을 받았다. 총 30명의 20대 일반 남성의 실험참가자들이 모집되어서 유산소 운동 후에 저항운동 (Aerobic training + Resistance training (A+R); n = 10) 그룹, 저항운동 후에 유산소 운동 (Resistance training + Aerobic training (R+A); n = 10) 그룹 그리고 운동 하지 않은 통제 (non-exercise control (CON; n = 10)) 그룹으로 무선할당 방식으로 배정하였다. 실험 참가자들의 신체적 특징은 다음<Table 1>과 같다.

Table 1. Subject Characteristics

Group	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
A+R(n=10)	25.7±1.94	174.6±5.44	71.3±13.31	23.36±3.92
R+A(n=10)	23.8±1.54	174.8±6.90	72.4±10.55	23.83±4.19
CON(n=10)	25.0±1.89	171.1±3.66	69.1±7.01	22.25±2.45

Values: mean ± SD, A+R: aerobic and resistance training, R+A: resistance and aerobic training, CON: non-exercise

2.2 연구설계

서에 따라서 젊은 남자들의 신체조성, 신체기능 및 호르몬에 미치는 영향을 밝혀내기 위하여 운동 순서가 다른 두 운동집단과 통제집단 간의 변인들을 훈련기간 전과 훈련 기간 후 비교 분석을 실시하는 설계로 구성되었다. 실험 참가자들에 이 실험에 대한 이해, 훈련 및 측정 에 대한 적응을 위하여 사전교육을 사전측정 시작 1주전에 실시하였고 10주간의 훈련기간 전과 후에 신체조성 (골격근량, 체지방량, 체지방률)과 신체능력 (1.6 km 달리기, 윗몸일으키기)와 호르몬(인슐린(Insulin), 에피네프린(epinephrine), 노르에피네프린(norepinephrine), 코티졸(cortisol))을 측정하였다. 이 논문은 전남대학교 정재관 박사학위 논문을 수정·보완한 것임[18].

2.3 실험방법 및 절차

2.3.1 유산소운동과 저항운동 프로그램

실험참가자들 중 운동그룹은 유산소 운동 후에 저항운동(A+R)과 저항운동 후 유산소 운동(R+A)을 주 4회, 한 회당 70 - 80분씩 10주 동안 실시하였고, 운동을 하지 않은 통제그룹 (CON)은 같은 기간 동안 평소와 동일한 식사량과 신체활동량을 유지하였다. 유산소 운동에서 운동강도에 설정은 1 - 5주에는 최대심박수에 50 - 60%로 6 - 10주에는 최대심박수의 70 - 80%로 달리기를 30분간 실시하였다. 저항성 운동은 1 - 5주에는 1 repetition maximum (RM)에 50 - 60% 강도로 3 세트 15 회 세트 간 30초 휴식으로 운동을 실시하였고, 6 - 10주에는 1RM에 70-80% 강도로 2 세트 8 회 세트 간 30초 휴식으로 운동을 수행하였다. 운동 세션 당 운동

절차는 부상방지를 위한 준비운동을 낮은 강도에 스트레칭을 5 - 10분 간 시행한 후 A+R 그룹은 유산소 운동 후 저항 운동을 실시하고 R+A그룹은 저항운동 후 유산소 운동을 실시한 후 정리운동으로 낮은 강도의 스트레칭을 5 - 10분 간 실시하여 모든 운동 세션을 완료하였다. (Table 2).

2.3.2 신체조성 측정

신체조성분석기 (Inbody 3.0, Biospace, Seoul, South Korea)를 사용하여 신체조성 (골격근량, 체지방량, 체지방률)을 측정하였다. 매 실험측정 전날 야간 공복 상태를 최소 8시간 유지하도록 하였고 실험 참가자들의 평상시 체내 수분량을 유지할 수 있도록 측정 전 물은 평상시와 비슷하게 섭취하도록 하였으며 음식물이나 음료 중 카페인이 함유된 것은 배제하도록 하였다. 신체조성을 측정할 때 신체조성분석기의 측정부분이 직접 측정부위(손과 발에) 접촉 할 수 있도록 한 상태에서 두 팔에 팔꿈치를 편 상태에서 몸과 45° 정도로 외전 시키고 두 다리도 구부리지 않은 상태를 유지하고 자연스럽게 벌린 상태에서 임피던스 (impedance)를 몸 전체에 통과시켜서 신체조성을 분석하여 측정하였다.

2.3.3 유산소 운동능력 측정

유산소 운동능력 측정은 최대산소섭취량을 추정하기 위하여 심폐지구력 측정 방법으로 많이 쓰이는 1마일 (1.6km) 달리기를 측정하여서 그 기록을 최대산소섭취량 추정 공식에 대입하였다.

Table 2. Aerobic and Resistance Training Programs

Procedure	Exercise	Intensity	Duration
Warm-up	Stretching	Low	5-10 min
Main Program	Aerobic Training	1-5wks: (50-60%HR _{max}) 6-10wks: (70-80%HR _{max})	30 min
	Resistance Training	1-5wks: (50-60%1RM, (15rep, 3set, rest/set-30sec) 6-10wks: (70-80%1RM), (8rep, 2set, rest/set-30sec)	30 min
Cool-down	Stretching	Low	5-10 min

HR_{max}: Maximal Heart rate; 1RM: one repetition Maximum; rep: repetition

- 최대산소섭취량 추정 공식($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) = $88.02 - 0.1656(\text{몸무게}(\text{kg})) - 2.76(\text{기록}(\text{minute})) + 3.716$ (성별: 남성 =1 & 여성 = 0)

2.3.4 근지구력 측정

근지구력은 무릎을 직각(90°)한 뒤 매트에 반듯하게 누워서 윗몸일으키기를 30초 동안 수행한 횟수를 측정하였다.

2.3.5 채혈 및 호르몬 분석방법

채혈은 실험참가자들이 최소한 8시간의 공복상태를 유지하고 채혈 1시간 전에 실험실에 도착하여서 최소 30분간 안정을 취한 다음에 대부분 오전 8시에 실시하였다. 채혈 방법은 전문가가 전완정맥에서 10ml의 혈액을 1회용 주사기를 이용하여 채혈한 다음 원심분리기를 이용하여 3000rpm으로 5분 동안 혈청을 분리한 다음 -70 ~ -80℃에서 냉동 보관하였다가 혈액 분석은 임상검진 센터에서 진행되었다. 호르몬의 분석 방법은 방사선 면역 측정법(Radioimmunoassay)을 이용하여서 분석되었다.

2.4 자료처리

본 연구의 모든 자료의 통계처리는 SPSS 21.0 통계 프로그램을 이용 하였고, 각 측정 변인들은 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)로 표기하였다. 동질성 비교를 위하여 각 집단간의 사전 값을 One-way ANOVA를 사용하여 분석하였다. 이후 모든 변인들의 동질성이 확보되어, 상호작용(interaction)인 시기별 결과 변수의 차이는 반복측정분산분석 (Two-way repeated

measures Analysis of variance (ANOVA))으로 분석하였고, 집단과 시기 간에 상호작용이 나타났을 시에 대비 검증 (Contrast)을 통하여 집단에서 시기 간 차이와 사후 측정에서 집단 간 차이를 분석하였다. 모든 자료의 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 신체조성(Body Composition)의 변화

10주간 다른 순서로 유산소 훈련과 저항훈련 실시 한 후 신체조성 변화에 관한 운동그룹(A+R & 과는 <Table 3>과 같다.

체중(Weight)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.003$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그에 대한 대비검증 결과 통제그룹은 체중이 통계적으로 유의하게 증가 ($p=0.003$)하였지만, 운동그룹(A+R & R+A)은 변화가 보이지 않았다. 골격근량(Skeletal Muscle Mass)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.005$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그에 대한 대비 검증 결과 운동그룹(A+R($p=0.015$) & R+A($p=0.001$))은 골격근량이 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, 통제그룹은 변화가 보이지 않았다. 체지방량(Fat Mass)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.439$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 대비검증 결과 A+R 운동그룹에서 체지방량이 $p=0.042$ 로 통계적으로 유의한 감소가 나타났으나 R+A 운동그룹과 통제그룹에서 변화를 보이지 않았다. 체지방률(% Body Fat)에 대한 집단

Table 3. Responses of Body Composition at PRE and POST between Groups

Variables	Group	PRE	POST	Contrast	ANOVA(p)	%Δ	ES
Weight (kg)	A+R	71.32±13.30	70.07±12.18	.185	Group(.854)	-1.78	-0.09
	R+A	72.40±10.55	72.33±9.69	.905	Time(.872)	-0.10	-0.01
	CON	69.10±7.01	70.66±6.71	.003	G×T(.018)	2.21	0.22
Skeletal Muscle Mass (kg)	A+R	57.30±6.75	58.38±6.42	.015	Group(.248)	1.85	0.16
	R+A	57.16±5.29	58.40±5.06	.001	Time(.001)	2.12	0.23
	CON	54.28±3.89	54.28±3.84	1.000	G×T(.005)	0.00	0.00
Fat Mass (kg)	A+R	14.01±6.77	12.63±5.85	.042	Group(.789)	-10.93	-0.20
	R+A	15.28±7.24	14.42±7.00	.118	Time(.011)	-5.96	-0.12
	CON	14.96±4.61	15.08±4.49	.439	G×T(.075)	0.80	0.03
% Body Fat (%)	A+R	18.77±5.54	16.91±5.13	.007	Group(.803)	-11.00	-0.34
	R+A	20.38±7.10	18.65±6.58	.003	Time(.000)	-9.28	-0.24
	CON	18.90±5.39	19.33±5.49	.039	G×T(.001)	2.22	0.08

과 시기 간 상호작용에서 $p=0.001$ 로 통계적으로 유의한 나타났으며, 그에 대한 대비검증 결과 운동그룹(A+R & R+A)에서 체지방률이 통계적으로 유의하게 감소하였고, 통제그룹은 통계적으로 유의하게 증가하였다.

3.2 운동수행능력(Exercise Performances)의 변화

10주간 다른 순서로 유산소 훈련과 저항훈련 실시 한 후 운동수행능력 변화에 관한 운동그룹(A+R & R+A)과 통제그룹의 반복측정분석을 통한 결과는 <Table 4>와 같다.

추정된 최대산소섭취량(Estimated Aerobic Capacity)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.168$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 대비검증

결과 A+R 운동그룹($p=0.011$)과 통제그룹($p=0.002$)은 추정된 최대산소섭취량이 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, R+A 운동그룹은 변화가 보이지 않았다. 근지구력(Muscular Endurance)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.038$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그에 대한 대비검증 결과 운동그룹(A+R($p=0.001$) & R+A($p=0.016$))은 근지구력이 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, 통제그룹에서는 변화가 보이지 않았다.

3.3 호르몬(Hormones)의 변화

10주간 다른 순서로 유산소 훈련과 저항훈련 실시 한 후 호르몬 변화에 관한 운동그룹(A+R & R+A)과 통제 그룹의 반복측정분석을 통한 결과는 <Table 5>와 같다.

Table 4. Responses of Exercise Performances at PRE and POST between Groups

Variables	Group	PRE	POST	Contrast	ANOVA(p)	% Δ	ES
Estimated Aerobic Capacity (ml/kg/min)	A+R	42.19 \pm 5.29	47.84 \pm 7.47	.011	Group(.098)	11.85	1.07
	R+A	40.01 \pm 6.23	42.36 \pm 4.40	.069	Time(.000)	5.55	0.38
	CON	38.35 \pm 4.80	41.25 \pm 5.63	.002	G \times T(.168)	7.03	0.60
Muscular Endurance (times)	A+R	37.50 \pm 12.79	48.83 \pm 9.82	.001	Group(.038)	23.20	0.89
	R+A	38.70 \pm 12.12	44.80 \pm 8.96	.016	Time(.000)	13.62	0.50
	CON	41.20 \pm 9.91	42.30 \pm 6.66	1.000	G\timesT(.038)	2.60	0.11

Table 5. Responses of Hormones at PRE and POST between Groups

Variables	Group	PRE	POST	Contrast	ANOVA(p)	% Δ	ES
Insulin (μ U/mL)	A+R	2.52 \pm 1.16	2.91 \pm 1.16	.384	Group(.463)	13.40	0.34
	R+A	2.92 \pm 2.25	2.86 \pm 1.78	.952	Time(.101)	-2.10	-0.03
	CON	2.56 \pm 1.15	4.21 \pm 1.89	.007	G \times T(.196)	39.19	1.43
Epinephrine (pg/mL)	A+R	28.15 \pm 19.57	53.81 \pm 24.94	.048	Group(.713)	47.69	1.31
	R+A	30.57 \pm 12.15	43.82 \pm 15.36	.046	Time(.090)	30.24	1.09
	CON	48.38 \pm 26.23	35.82 \pm 14.31	.156	G\timesT(.013)	-35.06	-0.48
Norepinephrine (pg/mL)	A+R	86.16 \pm 39.89	148.29 \pm 51.51	.013	Group(.403)	41.90	1.56
	R+A	121.34 \pm 25.04	134.00 \pm 71.59	.670	Time(.082)	9.45	0.51
	CON	109.74 \pm 51.51	106.06 \pm 43.35	.842	G \times T(.123)	-3.47	-0.07
Cortisol (μ g/dL)	A+R	11.03 \pm 2.67	14.96 \pm 3.33	.045	Group(.794)	26.27	1.47
	R+A	11.46 \pm 3.15	13.13 \pm 4.51	.380	Time(.008)	12.72	0.53
	CON	11.48 \pm 2.95	13.83 \pm 3.29	.100	G \times T(.601)	16.99	0.80

Values: mean \pm SD, A+R: aerobic and resistance training, R+A: resistance and aerobic training, CON: non-exercise, % Δ : Percent change, ES: Effect Size

인슐린(Insulin)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.196$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 대비검증 결과 통제그룹은 인슐린이 $p=0.007$ 로 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, 운동그룹(A+R & R+A)은 변화가 보이지 않았다. 에피네프린(Epinephrine)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.013$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그에 대한 대비검증 결과 두 운동그룹(A+R($p=0.048$) & R+A($p=0.046$))은 에피네프린이 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, 통제그룹에서는 변화가 보이지 않았다.

노르에피네프린(Norepinephrine)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.123$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 대비검증 결과 A+S 운동그룹은 노르에피네프린이 $p=0.013$ 로 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, R+A 운동그룹과 통제그룹은 변화가 보이지 않았다. 코티솔(Cortisol)에 대한 집단과 시기 간 상호작용에서 $p=0.601$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았으나, 대비검증 결과 A+R 운동그룹은 코티솔이 $p=0.045$ 로 통계적으로 유의하게 증가 하였지만, R+A 운동그룹과 통제그룹은 변화가 보이지 않았다.

4. 논의

유산소성 운동은 주로 에너지원으로 지방을 사용하여 신체조성에서 지방량의 감소[16]와 지방대사에 관련된 것에 향상을 보이거나[2] 근육량 증가에는 큰 영향을 미치지 못하는 점이 있고 저항성운동은 에너지원으로 주로 글리코젠을 사용하여 근육의 비대와 신경계를 활성화시키지만 체지방의 감소효과에는 제한적이다[16]. 따라서 이 연구는 유산소 운동과 저항운동의 순서가 다르게 수행되었을 시에 에너지 동원이 다르게 사용되고, 이는 인체에 대한 적응이 다르게 적용될 수 있기 때문에 유산소 훈련과 저항훈련의 운동 순서를 다르게 한 방법이 신체조성, 운동능력, 그리고 호르몬 분비에 어떻게 다른 차이가 나타나는지에 대하여 알아보았다.

본 연구에서 신체조성에 관한 결과로서 체중(weight)이 두 운동그룹(A+R & R+A) 모두 통계적으로 변화하지는 않았으나 CON 그룹은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 또한 체지방량은(lean body mass) 두 운동그룹(A+R & R+A) 모두 통계적으로 증가하였고, 통제그룹

(CON) 그룹은 변화가 없었다. 체지방량(fat mass)은 오직 A+R 그룹만 통계적으로 유의하게 감소하였지만, 체지방률(% body fat)은 두 운동그룹(A+R 와 R+A) 모두 통계적으로 유의하게 감소하였고, CON 그룹은 통계적으로 유의하게 증가되었다.

선행연구[16]에서 남자 대학생을 대상으로 12주간 운동순서를 달리하여 저항운동과 유산소 운동을 실시한 결과 본 연구와 비슷하게 저항운동 후 유산소 운동그룹은 훈련 후에 체지방량이 유의하게 증가하고, 저항운동 후 유산소 운동그룹과 유산소운동 후 저항운동그룹은 체지방률이 유의하게 감소하였지만 통제그룹의 경우 체지방률은 유의하게 증가되었다. 다른 선행연구[19]를 보면 중년 비만 여성을 대상으로 12주간 저항운동 후 유산소 운동과 유산소운동 후 저항운동 집단 모두 체중, 체지방량, 체지방률이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 그리고 Chatara 등의[3] 연구에서도 젊은 성인 남자대상으로 12주간 운동수행 후 유산소 운동 후 저항운동 그룹과 저항운동 후 유산소 운동 그룹 모두 체지방률이 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 기존연구[20]에서 1회성 저항운동 후 유산소 운동 그리고 유산소 운동 후 저항운동을 실시하고 지방대사 관련 물질인 혈중 유리지방산(free fatty acid)을 분석한 결과 1회성 유산소성 운동 후 저항성 운동 그룹에서 통계적으로 유의하게 증가되었고, 다른 연구[15]에서는 1회성 저항성 운동 후 유산소 운동 그룹에서 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 상반된 결과가 나온 것은 성인 남성이지만 운동을 평소에 하지 않는[20] 그리고 평소에 주 3회 운동을 하는[15] 실험참가자들이 적용되어 나이와 성별이 비슷하지만 실험참가자의 운동적용 상태에 따라 다른 결과가 도출되었다고 사료된다. 게다가 이 두 연구에서 유산소 운동 강도($65\% \text{VO}_{2\text{max}}$ for 30 min vs $65\% \text{VO}_{2\text{max}}$ for 25 min)와 저항운동 강도를 ($80\% \text{1RM}$ [20] vs $65\% \text{1RM}$ [15]) 적용하여 비슷한 강도를 적용한 것처럼 보이지만 실질적으로 운동을 지속적으로 한 실험참가자들[15] 적용한 연구의 운동 강도는 다른 연구[20]에 비하여 높았을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구와 비슷한 실험참가자들이 기존연구처럼[15] 비슷한 운동 강도를 실시하였을 때는 운동 강도가 높지 않아서, 글리코젠(glycogen)을 많이 쓰지 않아 근육에 저장량이 늘어나고[21], 중성지방이 혈중에서 많이 분해되어서 A+R 그리고 R+A 집단 모두 매번 운동 시 마다 지방대사가 활성화 되어[17, 19] 체지방량과 체

지방물에 긍정적인 효과가 나타났다고 생각된다.

본 연구에서 운동능력에 관한 결과로서 유산소 능력 (estimated aerobic capacity)이 A+R 운동 그룹이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 하지만 CON 그룹도 유의한 증가를 보였는데 이는 측정 간 오류가 발생한 것으로 생각된다. 그리고 근지구력(muscular endurance) 두 운동그룹(A+R 와 R+A) 모두 통계적으로 증가하였고, CON 그룹은 변화하지 않았다. 기존연구를[3] 보면 젊은 성인 남자대상으로 12주간 운동수행 순서를 다르게 실시 한 후 유산소 운동 후 저항운동 그룹과 저항운동 후 유산소 운동 그룹 모두 유산소 능력 4km(8.6% & 4.7%) 달리기와 VO_{2max} (10.4% & 8.4%) 모두 향상되었다. 다른 연구에서도 [16] 남자 대학생을 대상으로 12주 운동 후에 유산소 운동 후 저항운동 그룹과 저항운동 후 유산소 운동 그룹 모두 최대산소섭취량과 근지구력이 통계적으로 유의하게 향상되었다. 기존연구 결과와 비슷한 본 연구 결과는 훈련 후 두 운동 그룹(A+R & R+A) 모두 체지방률이 저하되고 체지방량이 향상되어 유산소능력과 근지구력에 긍정적인 영향을 미쳤다고 생각된다.

본 연구에서 호르몬에 관한 결과로서 인슐린(insulin)이 두 운동 그룹(A+R & R+A)에서 변화가 없었지만, CON 그룹에서는 통계적으로 유의하게 증가하였다. 인슐린의 역할은 포도당을 세포내로 이동시키는 역할을 하는데, 훈련을 통하여 포도당 보다는 주로 중성지방을 에너지원으로 이용하게 되고 [22] glucose transporter 4(GLUT-4)로 포도당을 세포로 이동시키는 것을 향상하여 인슐린 민감성을 증가시켜서 인슐린 분비량을 감소시킨다[23]. 이러한 인슐린이 CON 그룹에서 분비가 증가하였다는 것은 중성지방이 에너지원으로 동원되지 못하여 본 연구 결과로 CON 그룹의 체지방률이 증가하는데 기여했다고 생각된다. 또한 카테콜라민(catecholamine)인 에피네프린(epinephrine)이 두 운동 집단(A+R & R+A)에서 훈련 후 유의하게 증가하였고, 노르에피네프린(norepinephrine)은 A+R 집단이 유의하게 증가하였다. 이러한 카테콜라민은 지방분해의 중요한 요소로 운동 동안에 혈중에 유리지방산과 글리세롤(glycerol)을 에너지원으로 동원시키는 역할을 한다[24]. 이러한 카테콜라민의 분비는 1회성 운동에서 운동강도와 시간이 증가할수록 많이 분비되는 경향이 있고, 훈련을 통하여 안정 시 분비되는 양은 증가하기도 하고 반대로 감소하기도 한다[25, 26]. 그리고 몇몇 연구에서는 훈련된 사람이

비훈련자 보다 안정시에 높게 나타나기도 한다[26]. 이러한 결과를 보면 본 연구에서 두 운동 집단(A+R & R+A) 모두 체지방량 감소가 나타났는데 이는 카테콜라민 분비량의 증가로 인하여 지방대사에 긍정적인 영향으로 인한 것이라고 생각된다. 그리고 스트레스 호르몬인 코티졸(cortisol)이 A+R 그룹에서 유의하게 증가되었다. 이러한 코티졸은 인체가 필요한 에너지를 공급하는데 지방산을 혈액으로 보내기 위하여 지방조직에서 지방의 산화를 촉진하고 단백질 분해 작용을 활성화 시켜서 당신생(gluconeogenesis)이 간에서 일어나도록 역할을 하고 있다[17]. 기존연구에서 12주간 저항운동 후 유산소 운동을 한 후에 여성의 코티졸 분비가 증가함을 보고하였다[27]. 하지만 다른 선행연구는 젊은 남성들이 12주 훈련 후 유산소 운동 후 저항운동 그룹은 코티졸이 감소하는 경향을 보이고 저항운동 후 유산소 운동 그룹은 증가하는 경향을 보여서 본 연구와 상반된 결과를 보였다 [17]. 따라서 본 연구에서 A+R 그룹의 코티졸 분비 증가는 지방의 산화를 증가시켜서 에너지로서 이용을 많이 하여서 A+R 그룹의 신체조성에서 체지방량과 체지방률의 감소 폭이 R+A 그룹 보다 높게 나타나는데 도움이 되었으리라고 사료된다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 20대 남성을 대상으로 10주간의 유산소 운동과 저항운동의 운동 순서를 다르게 시행한 후 신체조성, 운동수행능력, 호르몬 분비에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 알아보고자 이 연구를 시행하였다. 연구결과 A+R와 R+A 그룹 모두 신체조성, 운동수행 능력, 호르몬 분비가 비슷하게 나타났으나, 두 그룹 중 A+R 그룹의 전체적인 변화가 두드러지게 크게 나타났다. 특히 호르몬에서 지방의 대사에 큰 영향을 미치는 카테콜라민과 코티졸의 증가가 A+R 그룹의 신체조성에 긍정적인 변화(체지방량과 체지방률 감소 그리고 체지방량 증가)를 나타냈음을 보여주고 있고 CON 그룹의 인슐린의 증가로 인하여 지방을 에너지로 동원의 감소가 나타나서 10주간 실험기간 후에 신체조성에서 체지방과 몸무게의 증가가 나타나는 부정적인 결과가 도출되었다. 하지만 이러한 복합운동의 결과는 기존연구들에서 운동 순서에 따라서 상이한 결과들이 나오므로 추후 다양한 연구를

통하여 복합운동에 대한 신체조성, 운동수행능력, 호르몬 분비에 관한 효과가 더욱 규명될 수 있기를 기대한다.

References

- [1] Sale, D. G., MacDougall, J. D., Jacobs, I., Garner, S., Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, vol. 68, no. 1, pp. 260-270, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.1.260>
- [2] Nelson, A. G., Arnall, D. A., Lay, S. F., Silvestr, L. J., Conlee, R. K., Consequences of combining strength and endurance regimens. *Physical Therapy*, vol. 70, no. 5, pp. 287-294, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/70.5.287>
- [3] Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G. P., Amri, M., Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39, no. 8, pp. 555-560, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.015248>
- [4] D. Y. Kim, Effects of rhythm exercise training on body composition and arterial compliance in elderly females. *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, vol. 17, no. 5, pp. 243-250, 2016.
- [5] Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., Quinney, H. A., Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 81, no. 5, pp. 418-427, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210050063>
- [6] Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., Paavola, L., Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 89, no. 1, pp. 42-52, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0751-9>
- [7] Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., Dziados, J. E., Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, vol. 78, no. 3, pp. 976-989, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976>
- [8] Cadore, E. L., Izquierdo, M., dos Santos, M. G., Martins, J. B., Rodrigues Lhullier, F. L., Pinto, R. S., Silva, R. F., Krue, L. F., Hormonal responses to concurrent strength and endurance training with different exercise orders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 12, pp. 3281-3288, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248ab26>
- [9] Vilacxa Alves, J., Saavedra, F., Simão, R., Novaes, J., Rhea, M. R., Green, D., Machado Reis, V., Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect the oxygen uptake during and post exercise? *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 2, pp. 1872-1878, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318238e852>
- [10] J. H. Choi, *12 Weeks Combined Impact on Atherosclerosis, Physical Strength and Quality of Life with the Quality of Parkinson's Patients is Exercise Program*. Master Thesis, Sungshin Women's University, 2017.
- [11] Tambalis, K., Panagiotakos, D. B., Kavouras, S. A., Sidossis, L. S., Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence. *Angiology*, vol. 60, no. 5, pp. 614-632, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0003319708324927>
- [12] Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., Anderson, J. C., Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 8, pp. 2293-2307, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>
- [13] Knuttgen, H. G., Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 21, no. 3, pp. 973-978, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1519/R-505011.1>
- [14] S. C. Lee, M. Y. Ho, S. D. Roh, The effect on body composition and metabolic syndrome factors of the 12-week combination exercise program by age groups in obese women. *The Korean Journal of Sports Science*, vol. 26, no. 1, pp. 1111-1122, 2017.
- [15] J. S. Park, D. H. Park, Y. I. Kim, The Effects of aerobic and resistance exercise sequence on RPE, EPOC and fat oxidation in college aged male. *The Korean Journal of Exercise Nutrition*, vol. 14, no. 3, pp. 127-135, 2010.
- [16] Y. C. Ko and Y. P. Kim, Effects of combined resistance exercise and aerobic exercise course on health-related and energy substrates. *Journal of Sports and Leisure Studies*, vol. 48, pp. 925-935, 2012.
- [17] S. Y. Kim, H. J. Kim, Y. S. Y Lee, Effects of different order of combined training on body composition, plasma lipids, and stress hormone. *The Korean Journal of Physical Education*, vol. 48, no. 2, pp. 421-432, 2009.
- [18] J. K. Jeong, *Effect of Concurrent Exercise Type on Body Composition, Exercise Capacity and Metabolic Hormones*. Doctoral Dissertation, Chonnam National University, 2008.
- [19] C. S. Han, G. S. Lee, M. S. Lee, B. J. Na, H. J. Hwang, The effect if changing the order of exercise types on body composition and blood lipid in obese women. *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, vol. 10, no. 12, pp. 3888-3894, 2009.
- [20] K. H. Seo, H. C. Park, M. J. Kang, J. H. Jon, Y. H. Byun, S. J. Yoon, The effects of aerobic and resistance exercise on fat metabolism and anabolic hormones. *Korean Society of Sport and Leisure Studies*, vol. 53, no. 2, pp. 661-670, 2013.
- [21] Lundberg, T. R., Fernandez-Gonzalo, R., Gustafsson, T., Tesch P. A., Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance

training. *Journal of Applied Physiology*, vol. 114, no. 1, pp. 81-89, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01013.2012>

- [22] O'Donovan, G., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Woolf-May, K., Bird, S. R., The effects of 24 weeks of moderate- or high-intensity exercise on insulin resistance. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 95, no. 5-6, pp. 522-528, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0040-5>
- [23] Thorell, A., Hirshman, M. F., Nygren, J., Jorfeldt, L., Wojtaszewski, J. F., Dufresne, S. D., Horton, E. S., Ljungqvist, O., Goodyear, L. J., Exercise and insulin cause GLUT-4 translocation in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, vol. 277, no 4, pp. E733-742, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1999.277.4.E733>
- [24] Stich, V., de Glisezinski, I., Berlan, M., Bulow, J., Galitzky, J., Harant, I., Suljkovicova, H., Lafontan, M., Rivière, D., Crampes, F., Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. *Journal of Applied Physiology*, vol. 88, no. 4, pp. 1227-1283, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.4.1277>
- [25] C. G. Kang, M. S. Ha, Y. S. Oh, Effects of resistance training and aerobic training on blood variable. *Seoul International Sports Science Congress*. vol. 2001, no. 6, pp. 117-126, 2001.
- [26] Zouhal, H., Jacob, C., Delamarche, P., Gratas-Delamarche, A., Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Medicine*, vol. 38, no. 5, pp. 401-423, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200838050-00004>
- [27] Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., Quinney, H. A., Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 81, no. 5, 418-427. 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210050063>

김 대 열(Daeyeol Kim)

[정신회원]



- 2015년 7월 : Department of Health and Exercise Science at University of Oklahoma (운동생리학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 체육교육과 시간강사

<관심분야>
운동생리학

정 재 관(Jaekwan Jeong)

[정회원]



- 2008년 2월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2016년 9월 1일 ~ 현재 : 광주광역시립대학교 교장

<관심분야>
운동생리학

조 성 채(Sungchae Cho)

[정회원]



- 1997년 2월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(이학박사)
- 1992년 3월~ 현재 : 목포해양대학교 교양과정부 교수

<관심분야>
운동생리학, 운동영양학

국 두 흥(Doohong Kuk)

[정회원]



- 2008년 2월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2017년 4월 ~ 현재 : 목포해양대학교 교양과정부 초빙교수

<관심분야>
스포츠의학, 운동처방, 영양, 건강관리

박 혁(Hyeok Park)

[종신회원]



- 2012년 8월 : 순천대학교 교육대학원 체육학과(체육학석사)
- 2016년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 운동생리학실험실 연구원

<관심분야>
운동생리학

황 연 희(Yeonhee Hwang)

[정회원]



- 2013년 2월 : 전남대학교 교육대학원 체육학과 (체육학석사)
- 2017년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과 (체육학박사)

<관심분야>
운동생리학, 운동영양학

이 하 안(Hayan Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 전남대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2002년 8월 : 전남대학교 체육학과 (체육학박사)
- 2017년 7월 ~ 현재 : 한남대학교 생명·나노과학대학 생활체육과 스포츠 의학연구소 연구교수

<관심분야>
스포츠의학, 운동처방, 영양, 건강관리

김 동 희(Donghee Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 고려대학교 일반대학원 체육학과 (체육학박사)
- 1983년 5월 ~ 현재 : 전남대학교 사범대학 체육교육학과 교수

<관심분야>
운동생리학, 스포츠의학

홍 고 은(Goem Hong)

[정회원]



- 2013년 2월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과 (체육학석사)
- 2017년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과 (체육학박사)

<관심분야>
운동생리학, 운동영양학