

온라인 고강도 인터벌 트레이닝이 비만 남성의 신체조성, 하지근력, 무산소성 운동능력 및 혈중 젖산에 미치는 영향

Effects of Online High Intensity Interval Training on Body composition, Lower extremity strength, Anaerobic ability and Blood lactate of Obese men

현아현(한국체육대학교 박사후 연구원) 최동훈(건양대학교 교수)*

Ah-Hyun Hyun Korea National sport Univ·Dong-Hun Choi Konyang Univ

요약

본 연구는 고강도 인터벌 트레이닝이 비만 남성의 신체조성, 하지근력, 무산소성 운동능력 및 혈중 젖산에 미치는 영향을 규명하는데 있다. 연구수행을 위하여 45세 미만의 BMI > 28 및 복부둘레 > 90cm 이상의 남성(n=16)을 비운동군(CON, n=8)과 운동군(HIIT, n=8)으로 구분하였다. 두 그룹 모두 실시간 화상 채팅 프로그램을 통하여, 8주간, 주 2회, 일일 34분 동안 자신의 체중을 이용한 고강도 인터벌 트레이닝을 실시하였다. 운동 전·후의 효과 검증을 위하여 신체구성, 하지근력, 무산소성 능력, 및 혈중 젖산을 분석하였다. 신체구성 중 체중과 체지방률에서 그룹 간 유의미한 차이가 나타났고, 운동 후 유의하게 감소하였다. HIIT 집단의 하지 근력(EPTR, EPTL, FPTR, FPTL)과 무산소성 능력(MP, PP, TW)은 8주 후 비운동 집단보다 증가하였다. 마지막으로 혈중 젖산은 운동집단에서 운동 종료 5분, 10분, 15분 후에 비운동 집단과 달리 운동 후에 더 빨리 감소하였다. 결과적으로, 온라인 고강도 인터벌 트레이닝은 비만 남성의 체중을 조절하며, 근력과 무산소 운동능력을 증가시키고, 운동 후 회복 능력을 향상시키는데 효과적인 것으로 볼 수 있다.

Abstract

This study is to investigate the effect of high-intensity interval training on body composition, lower extremity strength, anaerobic ability, and blood lactic acid in obese men. Under the age of 45 obese men divided into HIIT group (n=8) and CON group (n=8), and were BMI > 28 or and abdominal circumference > 90 cm or more (total, n=16). HIIT group conducted high-intensity interval training using their own weight for 8 weeks, twice a week, and 34 minutes a day through real-time video chat programs. And Body composition, lower extremity strength, anaerobic ability, and blood lactic acid were analyzed to verify effects before and after exercise. Among the body composition, there was a significant difference between groups in weight and body fat percentage, and it decreased significantly after exercise. The lower extremity muscle strength (EPTR, EPTL, FPTR, FPTL) and anaerobic capacity (MP, PP, TW) of the HIIT group increased compared to the CON group after 8 weeks. Finally, HIIT group decreased blood lactic acid faster after exercise, unlike the CON group, 5 minutes, 10 minutes, and 15 minutes after exercise in HIIT group. Thus, online high-intensity interval training can be seen as effective in controlling the weight of obese men, increasing muscle strength and anaerobic ability, and improving post-exercise recovery ability.

Key words : high-intensity interval training, obese men, lower extremity strength, anaerobic ability, blood lactate acid

* dhchoi86@konyang.ac.kr

I. 서론

중년 이후 체내 근육 감소와 체지방 증가는 자연스러운 노화의 현상으로, 이 시기에 대다수의 사람들은 급격한 체력 저하 및 피로를 경험한다(Dent, et al., 2018). 특히 중일 앉아서 근무하는 사무직 남성의 경우 하지 사이즈가 현저히 줄고 코어 근육이 약화되면서 내장지방 증가 및 비만이 유발된다(Monaco, et al., 2021; Gibbs, et al., 2021; Caputo, et al., 2020). 또한 과도한 업무 스트레스는 음주, 야식, 흡연과 함께 당뇨 및 고혈압을 유발하고, 심혈관질환과 암 발생 위험을 증가시키기 때문에 적절한 관리가 필요하다(Keiko, et al., 2021). 이와 관련하여, ACSM에서는 건강한 식습관을 유지하고 대근육 위주의 저항성 운동에 참여하는 것이 중년의 근 감소성 비만을 예방할 수 있다고 제시하였다(Denay, et al., 2020).

최근 고강도 인터벌 트레이닝(High Intensity Interval Training, HIIT)이 짧은 시간 내 체력 증진과 다이어트 효과가 뛰어나다고 알려지면서 바쁜 현대인의 이목을 집중시키고 있다(Oliveira, et al., 2020). HIIT란 최대산소섭취량(VO_{2max})의 80~90%에 해당하는 역동적인 동작과 60~70%의 회복 구간을 반복적으로 실시하는 고강도 훈련법으로, 유산소성 운동에 비하여 지루함이 덜하고 골격근의 미토콘드리아 산화 능력 및 체지방 분해 효과가 크다(Callahan, et al., 2021; Cynthia, et al., 2018). Hyun (2021)은 고강도 훈련과 중강도 훈련을 동일한 운동량으로 적용하였을 때, HIIT 그룹이 중강도 사이클 훈련(VO_{2max} 60~70%)에 참여한 그룹에 비하여 체지방량과 BMI 감소 효과가 더 크고, 인터벌 트레이닝의 한 종류인 타바타 훈련은 젊은 남성의 근력 및 근 기능에서 유의한 증가가 나타났다(Mury, et al., 2021). 또한 운동 형태에 있어 HIIT는 개인의 기호에 맞게 프로그램 설정이 가능하여 참여자의 동기 부여에 효과적이고, 시·공간적 효율성이 뛰어나 만족도가 크다고 보고되었다(Campbell, et al., 2019). 최근 스마트기기를 사용한 사무실 내 운동이 여성의 경미한 신체 통증과 피로를 해소하는데 도움이 되고, 원격으로 실시하는 HIIT는 사무실 또는 가정 내에서 비만 예방을 위한 효과적인 대응 전략이라고 제시되었다(Hyun & Cho, 2021). 하지만 현재까지의 연구가 여성과 노인, 젊은 남성을 대상으로 실시되어 중년 비만 남성의 온라인 HIIT에 관한 운동생리학적 검증이 매우 미미한 실정이다(Lawrence, et al., 2021; Way, et al., 2020; Wyckelsma, et al., 2017). 한편에서는 온라인 운동에 대한 부상과 고강도 운동 후 발생하는 근 피로가 참여 동기를 결여시킬 수 있다는 우려도 존재한다(Reljic, et al., 2019). 따라서 온라인 HIIT는 시도사가 매시간 피험자의 상태를 체크하여 안전성을 확보하고 적정 강도의 프로그램을 적용해야 한다.

젖산은 해당과정 중 발생하는 대사물질로 운동 강도에 비례하여 증가한다(Stöggel, et al., 2017). 무산소성 운동인 역도, 레슬링, 태권도, 럭비와 같이 순간적으로 큰 에너지를 소모할 때 발생하며 운동 후 제거되지 못한 혈중 젖산은 피로를 유발할 수 있다. 안정 시 혈중 젖산 농도는 0.5~2 mmol/L로 고강도 운동 시 20 mmol/L까지 상승할 수 있고 운동 후 마사지, 스트레칭, 냉각 처치에 의해

빠르게 회복된다(Kinnunen, et al., 2017). HIIT는 젖산 역치를 상회하는 프로토콜을 적용하여 엘리트 선수의 최대 혐기성 대사 및 근 기능을 증가시키기 위한 방법으로 사용되고 있다(Schwartz, et al., 2021). 또한 스프린트 훈련 후 일정시간 동안 혈중 젖산 농도를 관찰하는 것은 무산소성 운동능력을 평가하는 지표이다. 하지만 선행연구 대부분이 경기력과 관련된 엘리트 선수를 대상으로 실시되었고(Ko, et al., 2021; Howe, et al., 2017; Foster, et al., 2015), 중년 남성의 HIIT 중재에 따른 근 파워 및 젖산 제거 능력에 관한 국내연구는 전무한 실정이다. 만약 온라인 HIIT에 의한 긍정적인 효과가 도출된다면, 비대면 시대 비만 남성의 운동지침 설정에 유용한 자료를 제시할 수 있을 것이다.

2019년 COVID-19 대유행 이후 범국가적 환경의 변화는 우리 일상에 지대한 변화를 초래하였다(Hussain, et al. 2020). 비만과 합병증 문제가 크게 증가하였지만, 남성의 체력 도모를 위한 운동 프로그램은 매우 부족한 현실이다. 이에, 본 연구는 8주간의 실시간 온라인 HIIT가 비만 남성의 신체조성, 하지근력, 무산소성 운동능력 및 혈중 젖산에 미치는 영향을 규명하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구수행을 위한 참여자 모집은 온라인을 통하여 공고한 후 자발적으로 참여 의사를 밝히고 동의서에 자필 서명한 비만 남성이다. 총 16명의 인원을 HIIT 그룹($n=8$)과, CON 그룹($n=8$)으로 무작위 구분하였고, 피험자의 참여조건 및 신체적 특성은 <표 1>과 같다. 본 연구는 한국체육대학교 윤리위원회의 승인을 받은 후 실시되었다.

1. 만 45세 이하 직장인 남성
2. BMI > 28 및 복부둘레 > 90cm 에 해당하는 남성
3. 특정질환이나 의학적 치료를 받지 않는 남성
4. 사전 설명 숙지한 후 실험실 검사에 자발적 동의한 남성
5. COVID-19 중 급격하게 체중이 증가한 남성

표 1. Characteristics of Subjects

	Age(yr)	Hight(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
CON (n=8)	41.75 ±2.43	176.18 ±3.46	98.24 ±8.84	31.28 ±3.68
HIIT (n=8)	37.13 ±3.64	176.54 ±4.01	96.68 ±13.84	28.29 ±2.40

2. 비대면 운동방법

본 연구의 온라인 HIIT는 실시간 화상 채팅 프로그램(ZOOM)을 사용하여 실시하였다. 운동집단은 8주 동안 각자의 집에서 스마트 기기를 사용하여 지도자의 동작과 주의사항을 확인 후 운동에 참

여하였다. 지도자는 매시간 모니터를 통하여 피험자의 상태를 관찰하고 실시간 질의에 응답하였으며, 만약 운동 중 어지러움 또는 통증을 호소하는 대상자가 발생하면 동작을 중단하고 휴식을 권고하였다. 에너지 섭취 관리를 위하여 피험자들에게 매일 식단일기를 작성하게 하였고, 매주 일요일(주 1회)마다 전문 영양사가 음식 구성 및 총 칼로리를 평가하고 피드백 하였다.

3. 비대면 고강도 인터벌 프로그램

본 연구의 HIIT 프로그램은 주 2회, 매일 34분, 8주간 총 16회를 실시하였으며, 준비운동 5분, 본 운동 24분, 정리운동 5분으로 구성되었다. 고강도 운동 시 발생할 수 있는 부상을 고려하여 사전 검사 전 2주간 예비기간을 두고 운동 시 주의사항과 기본 동작을 설명하였고, 본 실험이 시작된 이후에는 피험자의 체력수준에 따라 2주마다 점진적으로 운동 강도를 증가시켰다. 운동 강도는 최대심박수(HRmax)를 사용하여 평가하였고, 측정방법은 피험자 전원이 손목에 스마트워치를 착용 후 운동 중 자신의 심박수를 수시로 체크하도록 지시하였다. 본 운동 시 고강도 구간은 85~90% HRmax를 유지하고, 휴식구간은 60~70% HRmax 수준으로 각 30초 동안, 총 24회 반복하였다. 지도자는 각 세트의 휴식구간에 피험자를 심박수를 수시로 모니터링 하였고, 만약 심박수가 목표치에 도달하지 않을 경우 구두로 격려했다. 본 연구의 온라인 HIIT 프로그램은 <표 2>와 같다.

표 2. Online HIIT program

Modes	Contents & Set	Time (min)	RPE
Warm up	Breathing, Static stretching	5	11
Main EX	Level 1: 1~2 week Squat, Kneeling push-up tap, Side steps, Burpee test, Back lunge, Crunch	12	14~16
	Level 2: 3~4 week Lunge side kick, Down dog & Push up, Squat Jump, Legs raise, Plank, Runs		
	Level 3: 5~8 week Wall squat, Lunge-twist, Knee up runs, Push-up, 100 Breathing, Burpee jump		
	85~90% HRmax 30 sec, 70% HRmax, 30 sec x 12 Total 2 set		
Cool down	Deep breathing, Total body stretching	5	11

4. 측정도구 및 방법

1) 신체구성 검사

신체구성 검사는 X-선 측정기(Dual Energy X-ray Absorptiometry, USA)를 이용하여 골밀도(g/cm^2), 체중(kg), 체지방률(%), 체지방량(kg), 체지방량(kg) 및 BMI(kg/m^2)를 검사하였다. 측정을 위하여 피험자들은 몸에 부착된 금속을 제거한 후 편한 복장을 입고 측정하였다. 측정 전에는 공복 상태를 유지 하고 10분간 안정을 취한 후 검사를 실시하였다. 먼저 신장과 체중을 신장·체중계를 이용하여 측정을 한 이후 측정기의 침대에 올라가 동작을 정지한 상태에서 측정하였다.

2) 하지근력 검사

슬관절 근력을 측정하기 위해 등속성 장비(HUMAC NORM, U.S.A)를 이용하였다. 대상자를 측정 장비 의자에 앉게 한 후 대상자의 무릎관절 중심을 장비축에 맞춰 측정 장비의 높이와 거리를 조절하였다. 슬관절 힘을 제외한 외부의 힘이 가해지지 않도록 대퇴부의 가슴부위를 고정하였다. 측정하는 측의 발목에 스트랩을 감아 고정한 뒤 슬관절의 가동범위를 90°로 설정하였다. 슬관절의 근력 측정은 측정 전 장비의 적응을 위해 2회 연습 한 뒤 60°/sec에서 5회를 실시하였다. 검사 중에는 최대한의 힘을 낼 수 있도록 지속적으로 구두로 독려했다.

3) 무산소성능력 검사

본 연구의 무산소성능력 검사는 자전거 에르고미터(Computer-Aided Electrically Draked Cycloergometer; Excalibur Sports, Netherlands)를 이용하여 Bar-Or 등(1984)의 방법으로 30초간 체중 당 0.070kp의 부하에서 최대한으로 빠르게 Wingate test를 실시하여 총 일량(Total Work), 체중 당 최고파워(Peak Power/Weight), 체중 당 평균파워(Mean Power/Weight)를 측정하였다.

4) 혈중 젖산 검사

혈중 젖산 측정은 무산소성능력 검사를 최대한 실시하게 한 뒤 실시하였다. 혈중 젖산 측정은 안정 시, 최대운동 직후, 운동 후 5분, 10분, 15분에 측정하였다. 젖산 측정은 피험자의 손가락을 가볍게 압박하여 혈액순환을 촉진시켜 알코올 솜으로 소독하고 건조시킨 후 피험자의 손가락 말단 모세혈관을 finger-tip을 이용하여 채혈하였다. 채혈한 혈액은 자동젖산분석기(YSI1500, USA)를 이용하여 측정하였다.

5. 자료처리방법

본 연구의 모든 결과는 윈도우용 SPSS 24.0 통계 프로그램을 이용하여 산출하였고, 모든 변인의 각 항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하고 두 집단의 실험 전·후 항목별 평균 값 차이를 비교하기 위해 반복측정에 의한 이원변량분석(Two-way ANOVA by

Repeated Measure)을 실시하였다. 집단 내 사전·사후의 변화를 검증하기 위해 independent t-test 및 paired t-test를 실시하였고, 모든 검증의 통계적 유의한 차이는 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체구성의 변화

HIIT 집단과 CON 집단의 신체구성 변화를 비교한 결과<표 3>, 체중($F=5.431$, $p=.035$)과 체지방률($F=6.350$, $p=.025$)은 상호작용 효과가 나타났지만, 그 외 변인에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았다(BMD: $F=1.07$, $p=.749$; 체지방량: $F=3.918$, $p=.068$; 체지방량: $F=1.516$, $p=.239$). 따라서 체중과 체지방량의 주 효과 검증을 실시한 결과 8주간의 운동 후 체중($t=4.621$, $p=.001$)과 체지방량($t=2.404$, $p=.031$)에서 집단 간 차이가 나타났다. 상호작용 효과가 나타나지는 않았지만 체지방량에서도 운동 후에 집단 간 차이가 나타났다($t=2.290$, $p=.038$). 또한 HIIT 집단의 체지방률은 운동 전보다 운동 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났다($t=2.618$, $p=.035$).

표 3. Changes in body composition

		CON (n=8)	HIIT (n=8)		F	p
BMD (g/cm ²)	pre	1.28 ±0.08	1.27 ±0.08	T	.003	.956
				G	.001	.993
	post	1.27 ±0.08	1.27 ±0.09	T×G	.107	.749
Body weight (kg)	pre	98.24 ±8.84	96.68 ±13.84	T	.897	.360
				G	4.452	.053
	post	102.03 ±6.68	87.70 ±5.68	T×G	5.431	.035*
Percent body Fat (%)	pre	34.00 ±4.69	34.53 ±2.63	T	2.861	.113
				G	1.329	.268
	post	34.76 ±3.84	32.71 ±3.93	T×G	6.350	.025*
Fat free mass (kg)	pre	65.68 ±6.64	58.47 ±4.81	T	.080	.781
				G	1.735	.209
	post	60.61 ±5.75	62.27 ±7.15	T×G	3.918	.068
Fat mass (kg)	pre	32.72 ±6.72	30.55 ±6.57	T	.130	.724
				G	3.194	.096
	post	34.38 ±6.61	27.52 ±5.30	T×G	1.516	.239

M±SD; * $p<.05$

T=Time, G=Group, T×G=Time×Group

2. 근력의 변화

HIIT 집단과 CON 집단의 하지근력 변화를 비교한 결과<그림 1>, 모든 변인에서 상호작용 효과가 나타났다(EPTR: $F=5.214$, $p=.039$; EPTL: $F=5.462$, $p=.035$; FPTR: $F=9.588$, $p=.008$; FPTL: $F=4.741$, $p=.047$). 따라서 주 효과 검증을 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째, EPTL의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=2.314$, $p=.036$) 유의한 차이가 나타났다. 둘째, FPTR의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=2.550$, $p=.023$), 시기 간(HIIT: $t=-5.861$, $p=.001$)으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째, FPTL의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=2.528$, $p=.024$), 시기 간(HIIT: $t=-4.153$, $p=.004$)으로 유의한 차이가 나타났다.

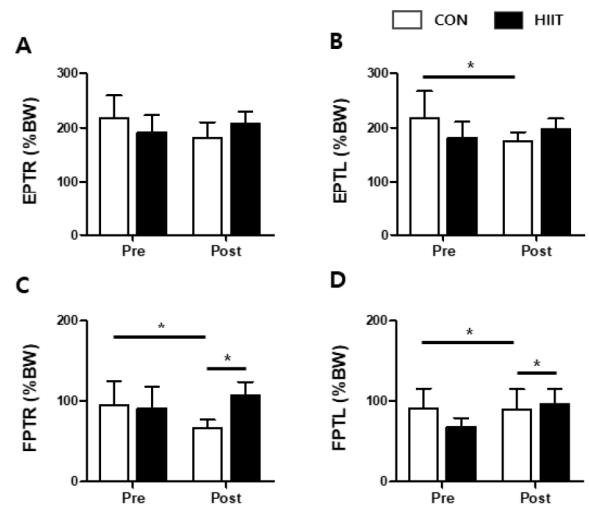


Fig1. Effect of HIIT regimens on lower extremity strength in obese men. (A) Extensor Peak Torque Right (B) Extensor Peak Torque Left (C) Flexors Peak Torque Right (D) Flexors Peak Torque Left. Bars represent mean ± SD (n = 8 per group). * $p<.05$.

3. 무산소 능력의 변화

HIIT 집단과 CON 집단의 무산소 능력 변화를 비교한 결과<그림 2>, 모든 변인에서 상호작용 효과가 나타났다(MP: $F=16.496$, $p=.001$; PP: $F=15.742$, $p=.001$; TW: $F=11.282$, $p=.005$). 따라서 주 효과 검증을 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째, MP의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=2.314$, $p=.036$), 시기 간(CON: $t=4.228$, $p=.004$) 유의한 차이가 나타났다. 둘째, PP의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=4.015$, $p=.001$), 시기 간(CON: $t=3.126$, $p=.017$; HIIT: $t=-2.461$, $p=.043$)으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째, TW의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(pre: $t=3.708$, $p=.002$), 시기 간(CON: $t=-2.794$, $p=.027$)으로 유의한 차이가 나타났다.

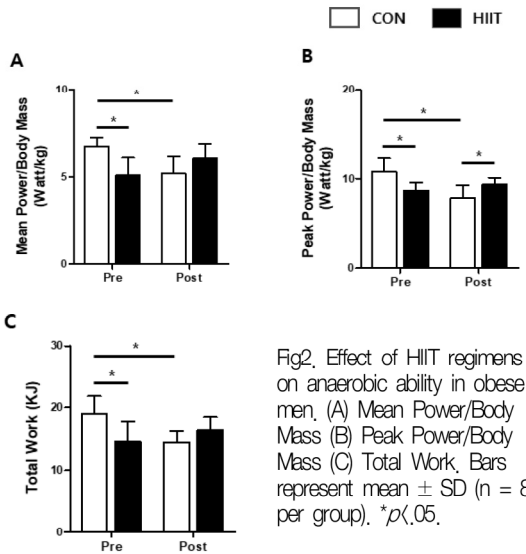


Fig2. Effect of HIIT regimens on anaerobic ability in obese men. (A) Mean Power/Body Mass (B) Peak Power/Body Mass (C) Total Work. Bars represent mean \pm SD (n = 8 per group). * p < .05.

4. 혈중 젖산의 변화

HIIT 집단과 CON 집단의 무산소 능력 변화를 비교한 결과(표 4), P1($F=9.009$, $p=.009$), P2($F=9.661$, $p=.008$)와 P3($F=16.505$, $p=.001$)은 상호작용 효과가 나타났지만, 그 외 변인에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았다(R : $F=.735$, $p=.406$; $P0$: $F=3.079$, $p=.101$). 따라서 주 효과 검증을 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째, P1의 주 효과 검증을 실시한 결과 시기 간(HIIT: $t=4.884$, $p=.002$) 유의한 차이가 나타났다. 둘째, P2의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(post: $t=2.557$, $p=.023$, 시기 간(HIIT: $t=-2.646$, $p=.033$)으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째, P3의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(post: $t=2.596$, $p=.010$, 시기 간(CON: $t=-3.489$, $p=.010$; HIIT: $t=2.491$, $p=.042$)으로 유의한 차이가 나타났다.

표 4. Changes in lactic acid

		CON (n=8)	HIIT (n=8)		F	p
R	pre	0.69 ± 0.03	0.74 ± 0.11	T	1.582	.229
				G	.997	.335
	post	0.73 ± 0.07	0.74 ± 0.07	T×G	.735	.406
P0	pre	7.50 ± 1.60	8.69 ± 0.84	T	.015	.904
				G	1.622	.223
	post	8.01 ± 1.15	8.09 ± 0.99	T×G	3.079	.101
P1	pre	7.17 ± 1.77	8.58 ± 0.87	T	.005	.944
				G	.695	.418
	post	8.15 ± 1.11	7.56 ± 0.74	T×G	9.099	.009*
P2	pre	6.66 ± 2.15	7.81 ± 1.20	T	.460	.509
				G	.018	.896
	post	7.62 ± 1.06	6.31 ± 1.00	T×G	9.661	.008*
P3	pre	5.53 ± 1.39	6.77 ± 1.16	T	.001	.981
				G	.037	.851
	post	6.86 ± 1.08	5.45 ± 0.82	T×G	16.505	.001*

M \pm SD; * p < .05

T=Time, G=Group, T×G=Time×Group

R: Rest, P0: Right after exercise, P1: 5min after exercise, P2: 10min after exercise, P3: 15min after exercise

IV. 논의

본 연구는 온라인 고강도 인터벌 트레이닝이 비만 남성의 신체 조성, 하지근력, 무산소성 운동능력 및 혈중 젖산에 미치는 효과를 규명하는데 목적이 있으며, 중재 후 얻어진 결과에 대하여 다음과 같이 논의하고자 한다.

첫째, 본 연구의 신체조성 변화는 HIIT 그룹의 체중($p=.035$)과 체지방률($p=.025$)에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 COVID-19 중 산후 여성의 HIIT가 고정식 사이클 훈련에 비하여 체지방률, BMI, WHR을 효과적으로 감소시켜 복부 비만을 해소하며(Hyun, 2021), HIIT의 한 형태인 CrossFit은 청소년의 체지방지수를 감소시킨다는 연구 결과와 일치한다(Cataldi, et al., 2021). 또한 중강도 유산소 운동에 비하여, HIIT가 단 시간 내 체중 및 체지방 감량 효과가 크다는 선행연구를 뒷받침한다(Fischetti, et al., 2019). 이러한 시간적 효율성은 온라인 HIIT가 바쁜 현대인에게 적합한 프로그램이며(Hurst, et al., 2019), COVID-19 기간 중 비만을 예방하는 위한 가정 내 전략으로 활용될 수 있음을 시사한다.

둘째, 무산소성 운동능력은 전문체력 요인으로 엘리트 선수의 경기력과 상관성이 깊다고 알려져 있다. 근력은 근육이 수축할 때 동원되는 근 섬유 수에 비례하여 증가하고 저항성 트레이닝을 통하여 근 기능이 향상된다(Kim, et al., 2018). 하지만 비활동적 습관은 근 감소증을 초래하고, 특히 COVID-19 중증도와 사망률이 근 육량과 음의 상관성에 있기 때문에 저항성 훈련을 통한 체력 관리에 힘써야 한다. 관련 연구를 살펴보면, 펜데믹 기간 중 핸드볼 선수의 타바타 홈 트레이닝이 체력구성 요소와 근육 강도에 유의한 차이가 나타났고(Setiawan, et al., 2020), 10주간의 근 파워 및 복합 운동은 카누선수의 체간 근력을 향상시켰다(이영란, 2020). 원격 운동과 영상시청 운동의 비교연구에서는, 지도자 관리 하에 실시간 저항성 트레이닝이 영상시청 그룹에 비하여 대학생의 근력 및 근 파워가 더 크게 증가하였고(정환상 & 김성연, 2021), 출산 후 여성의 실시간 온라인 HIIT가 고관절 굴근 및 신전 근력이 증가한 것으로 나타났다(Hyun, 2021). 본 연구의 근력 검사에서 슬관절 굴근, 신근력의 절대값 및 상대값 또한 통계적으로 유의미한 효과가 나타나, 온라인 HIIT가 젊고 건강한 남성 뿐 아니라 중년 남성의 근력 증대에도 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 고강도 훈련에 따른 근력 증가 효과는 무산소성 파워 능력을 향상시킨다. 관련연구를 살펴보면, 배드민턴 선수의 단기간 HIIT는 근육 강도와 협기성 파워를 증가시키고(Ko, et al., 2021), Baynaz (2020)등 연구진은 6주간 실시한 타바타 훈련이 20대 좌식 여성의 체중과 무산소성 운동 기능에 효과적이라고 보고하였다. 반면, COVID-19에 의해 훈련이 중단된 핸드볼 선수의 무산소성 파워 검사에서 최대 파워가 유의하게 감소하였다(박민혁 & 최동성, 2020). 이것은 신체 비활동이 경기력에 부정적인 영향을 줄 수 있고, 전염병 기간 중 외부활동이 제한된 남성의 근력 및 근 파워 감소가 유발될 수 있음을 의미한다. 본 연구의 무산소성 파워 검사에서는 평균 파워와 최대 파워 모두 통계적으로 유의한 증가가 나타났다. 이러한 결과는 COVID-19 중 온라인 HIIT가 근 감소와

비만의 위험성을 일부 해소할 것으로 판단되며, 비대면 시대의 새로운 운동 프로그램 설계와 보급에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다.

넷째, 혈중 젖산 검사는 무산소성 운동능력 평가 지표로, 최대 혐기성 훈련은 신경 근육을 향상하고 젖산 임계값을 식별하는데 유용한 도구이다(Franchini & Takito, 2019). 관련 연구를 살펴보면, 배드민턴 선수의 HIIT는 MICT 그룹에 비하여 근 피로가 빠르게 해소되었고(Ko, et al., 2021), 크로스컨트리 선수의 HIIT는 낮은 강도의 장시간 훈련 참여하는 선수에 비하여 혈중 젖산의 유의미한 개선이 나타났다(Stöggl & Björklund, 2017). 본 연구의 혈중 젖산 검사는 HIIT 집단의 5분, 10분, 15분의 젖산 수치가 빠르게 감소하였고, 집단 간 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 온라인 HIIT가 비만인의 무산소성 운동능력 향상하고, 혈중 젖산을 감소하여 피로를 예방할 수 있음을 나타낸다. 종합하면, 남성의 근력 및 근 파워 증가와 혈중 젖산의 감소는 규칙적이고 반복적인 운동수행을 가능하게 하여, 더 큰 시너지 효과를 초래할 수 있을 것이다. 따라서 앞서 언급한 온라인 HIIT 중재 시 발생할 수 있는 우려는 지도자의 감독 하에 적용되었을 때, 안전하고 유리하게 작용할 수 있다. 또한 팬데믹 시대에 HIIT를 선택하는 것은 장시간 누적된 중년 남성의 비만 문제를 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 여전히 COVID-19 중 HIIT와 비만 합병증의 효과를 검증한 국내 사례는 매우 부족한 현실이다.

Leal (2020)등 연구진은 HIIT가 고혈압 환자의 확장기 혈압을 개선하고, 노인의 심혈관 질환을 예방하며(AHA, 2020), COVID-19 환자의 손상된 심혈관 시스템을 개선할 수 있다고 하였다(Calabrese, et al., 2021). 반면, 중년 남성의 비만 합병증과 관련한 HIIT의 운동생화학적 효과 검증은 여전히 미미하여 추가 검증이 필요해 보인다. 또한 HIIT 프로토콜을 성별, 연령별, 계층별 세분화하여 적용한다면, 비대면 시대의 더 넓은 영역에서 국민 체력 증진을 위한 도구로 사용될 수 있을 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 실시간 온라인 HIIT는 비만 남성의 체중과 체지방률에서 그룹 간 유의미한 차이가 나타났고, 운동 후 유의하게 감소하였다. HIIT 집단의 하지 근력(EPTR, EPTL, FPTR, FPTL)과 무산소성 능력(MP, PP, TW)은 8주 후 비운동 집단보다 증가하였다. 마지막으로 혈중 젖산은 운동집단에서 운동 종료 5분, 10분, 15분 후에 비운동 집단과 달리 운동 후에 더 빨리 감소하였다. 결과적으로, 온라인 고강도 인터벌 트레이닝은 비만 남성의 체중을 조절하며, 근력과 무산소 운동능력을 증가시키고, 운동 후 회복 능력을 향상시키는데 효과적이다. 따라서 본 연구의 온라인 HIIT를 적극 활용한다면, 비만 문제를 해소하고 국민 의료비를 절감하는데 도움이 될 것이다.

참고문헌

- 박민혁 & 최동성. (2020). 코로나19가 여자 핸드볼 선수들의 등속성 근기능, 무산소성 운동능력 및 기초체력에 미치는 영향. *한국스포츠학회*. 18(3):1429-1439.
- 이영란. (2020). 파워강화와 코어안정화 훈련이 남자대학생 카누선수들의 신체구성, 체력, 무산소 파워 및 등속성 체간근력에 미치는 영향. *한국스포츠학회*. 18(3):1473-1482.
- 정한상 & 김성연. (2021). 대학생들의 비대면 근력운동 프로그램 수행이 신체구성, 기초체력 및 무산소성 파워에 미치는 영향. *한국스포츠학회*. 19(1):545-552.
- Ah-Hyun, Hyun & Joon-yong Cho. (2021). Effect of 8 Weeks Un-tact Pilates Home Training on Body Composition, Abdominal Obesity, Pelvic Tilt and Strength, Back Pain in Overweight Women after Childbirth. *Korean Society of Exercise Physiology*. 30(1):61-69.
- American Heart Association. (2018). American Heart Association Recommendations for Physical Activity in Adults and Kids. *American Heart Association*. <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/aha-recs-for-physical-activity-in-adults>.
- Baynaz, K., Acar, K., Çinibulak, E., Atasoy, T., Mor, A., Pehlivan, B., & Arslanoğlu, E. (2017). The effect of high intensity interval training on flexibility and anaerobic power Yüksek yoğunluklu interval antrenman ın esneklik ve anaerobik kapasite üzerine etkisi. *Journal of Human Sciences*. 14(4):4088-4096.
- Calabrese, M., Garofano, M., Palumbo, R., Di Pietro, P., Izzo, C., Damato, A., Venturini, E., Iesu, S., Virtuoso, N., Strianese, A., Ciccarelli, M., Galasso, G., Vecchione, C. (2021). Exercise Training and Cardiac Rehabilitation in COVID-19 Patients with Cardiovascular Complications: State of Art. *Life*. 11:259. <https://doi.org/10.3390/life11030259>.
- Callahan, M. J., Parr, E. B., Hawley, J. A., and Camera, D. M. (2021). Can high-intensity interval training promote skeletal muscle anabolism? *Sports Med*. 51: 405-421. doi: 10.1007/s40279-020-01397-3.
- Campbell, W., Kraus, W. Powell, K. (2019) Physical activity guidelines advisory committee*. High-intensity interval training for cardiometabolic disease prevention. *Med Sci Sports Exerc*. 51(6):1220-1226
- Caputo, E. L & Reichert, F. F. (2020). Studies of Physical Activity and COVID-19 during the Pandemic: A Scoping Review. *J. Phys. Act. Health*. 17:1275-1284.

- Cataldi, S.; Francavilla, V.C.; Bonavolontà, V.; De Florio, O.; Carvutto, R.; De Candia, M., Latino, F., Fischetti, F. (2021). Proposal for a Fitness Program in the School Setting during the COVID 19 Pandemic: Effects of an 8-Week CrossFit Program on Psychophysical Well-Being in Healthy Adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 18:3141. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063141>.
- Cynthia, M. F., Monaco, Mark. A., Tarnopolsky, Athan. G., Dial, Joshua. P. Nederveen., Irena, A. Rebalka., Maria, Nguyen., Lauren, V. Turner., Christopher, G. R. Perry., Vladimir, Ljubicic, Thomas, J. Hawke. (2020). Normal to enhanced intrinsic mitochondrial respiration in skeletal muscle of middle- to older-aged women and men with uncomplicated type 1 diabetes. *Diabetologia*. 64:2517-2533.
- Denay, K. L., Breslow, R. G., Turner, M. N., Nieman, D. C., Roberts, W. O., Best, T. M. (2020). ACSM Call to Action Statement: COVID-19 Considerations for Sports and Physical Activity. *Current sports medicine reports*. 19(8):326-8.
- Dent, E., Morley, J. E., Cruz-Jentoft, A. J., Arai, H., Kritchevsky, S. B., Guralnik, J., ... & Vellas, B. (2018). International clinical practice guidelines for sarcopenia (ICFSR): screening, diagnosis and management. *The journal of nutrition, health & aging*. 22(10):1148-1161.
- Fischetti, F., Cataldi, S., Greco, G. (2019). A combined plyometric and resistance training program improves fitness performance in 12 to 14-years-old boys. *Sport Sci. Health*. 15:615-621.
- Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Schuette, J., Tuuri, A., Doberstein, S. T., Porcari, J. P. (2015). The effects of high intensity interval training vs steady state training on aerobic and anaerobic capacity. *J. Sports Sci. Med*. 14:747-755.
- Franchini, E., Cormack, S., & Takito, M. Y. (2019). Effects of high-intensity interval training on olympic combat sports athletes' performance and physiological adaptation: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 33(1):242-252.
- Gibbs, B. B., Kline, C. E., Huber, K. A., Paley, J. L., Perera, S. (2021). COVID-19 shelter-at-home and work, lifestyle and well-being in desk workers. *Occup. Med*. 71:86-94.
- Hayes, L. D., Elliott, B. T., Yasar, Z., Bampouras, T. M., Sculthorpe, N. F., Sanal-Hayes, N. E., & Hurst, C. (2021). High intensity interval training (HIIT) as a potential countermeasure for phenotypic characteristics of sarcopenia: A scoping review. *Frontiers in physiology*. 1270.
- Howe, L. P., Read, P., Waldron, M. (2017). Muscle hypertrophy: A narrative review on training principles for increasing muscle mass. *J. Strength Cond*. 39:72-81.
- Hurst, C., Scott, J. P. R., Weston, K. L., and Weston, M. (2019). High-intensity interval training: a potential exercise countermeasure during human spaceflight. *Front Physiol*. 10:581. doi: 10.3389/fphys.2019.00581
- Hussain, A., Vasas, P., El-Hasani, S. (2020). obesity as a risk factor for greater severity of COVID-19 in patients with metabolic associated fatty liver disease. *Metabolism*. 108:e154256.
- Hyun, A. H. (2021). Effect of Real-Time Online High-Intensity Interval Training on Physiological and Physical Parameters for Abdominally Obese Women: A Randomized Pilot Study. *Applied Sciences*. 11(24):12129.
- Keiko, M., Thomas, S., Ung-il, Chung., Akiko, K. Svensson. (2021). Associations of work-related stress and total sleep time with cholesterol levels in an occupational cohort of Japanese office workers. *Journal of Occupational Health*. 63.1:e12275.
- Kim, T. H., Lee, S. H., Kim, Y. J., Kim, S. J., Kang, J. H., Kwak, H. B., Park, D. H. (2018). Effect of acute resistance exercise with different level of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness, blood lactate, CK, and oxidative stress in male adults. *Exercise Science*. 27(1):50-61.
- Kinnunen, J. V., Piitulainen, H., and Piirainen, J. M. (2017). Neuromuscular adaptations to short-term high-intensity interval training in female ice hockey players. *J. Strength Cond. Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001881.
- Ko, DH., Choi, YC., Lee, DS. (2021). The Effect of Short-Term Wingate-Based High Intensity Interval Training on Anaerobic Power and Isokinetic Muscle Function in Adolescent Badminton Players. *Children*. 8(6):458.
- Kuswari, M., Rimbawan, R., Hardinsyah, H., Dewi, M., & Gifari, N. (2021). Effect of tele-exercise versus combination of tele-exercise with tele-counselling on obese office employee' s weight loss. *ARGIPA (Arsip Gizi dan Pangan)*. 6(2):131-139.
- Leal, J. M., Galliano, L. M., Del, Vecchio, F. B. (2020). Effectiveness of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Hypertensive Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Curr. Hypertens. Rep*. 22:26.
- Monaco, C. M., Tarnopolsky, M. A., Dial, A. G., Nederveen, J. P.,

-
- Rebalka, I. A., Nguyen, M., & Hawke, T. J. (2021). Normal to enhanced intrinsic mitochondrial respiration in skeletal muscle of middle-to older-aged women and men with uncomplicated type 1 diabetes. *Diabetologia*. 64(11):2517-2533.
- Oliveira, G. H., Boutouyrie, P., Simões, C. F., Locatelli, J. C., Mendes, V. H., Reck, H. B., & Lopes, W. A. (2020). The impact of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on arterial stiffness and blood pressure in young obese women: a randomized controlled trial. *Hypertension Research*. (43):1315-1318.
- Reljic, D.; Lampe, D.; Wolf, F.; Zopf, Y.; Herrmann, H.J.; Fischer, J. (2019). Prevalence and predictors of dropout from high-intensity interval training in sedentary individuals: A meta-analysis. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 29:1288-1304.
- Schwartz, H., Har-Nir, I., Wenhoda, T., & Halperin, I. (2021). Staying physically active during the COVID-19 quarantine: exploring the feasibility of live, online, group training sessions among older adults. *Translational Behavioral Medicine*. 11(2):314-322. <https://doi.org/10.1093/tbm/ibaa141>.
- Setiawan, E., Iwandana, D. T., Festiawan, R., & Baptista, C. (2020). Improving handball athletes' physical fitness components through Tabata training during the outbreak of COVID-19. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*. 6(2): 375-389.
- Stöggl, T. L., & Björklund, G. (2017). High intensity interval training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high volume low intensity training. *Frontiers in physiology*. 8:562.
- Stöggl, T. L., & Björklund, G. (2017). High intensity interval training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high volume low intensity training. *Frontiers in physiology*. 8:562.
- Way, K. L., Vidal-Almela, S., Keast, M. L., Hans, H., Pipe, A. L., and Reed, J. L. (2020). The feasibility of implementing high-intensity interval training in cardiac rehabilitation settings: a retrospective analysis. *BMC Sports Sci. Med Rehabil*. 12:38. doi: 10.1186/s13102-020-00186-9
- Wyckelsma, V. L., Levinger, I., Murphy, R. M., Petersen, A. C., Perry, B. D., Hedges, C. P., et al. (2017). Intense interval training in healthy older adults increases skeletal muscle [3 H]ouabain-binding site content and elevates Na, K-ATPase α ++2 isoform abundance in Type II fibers. *Physiol. Rep*. doi: 10.14814/phy2.13219