



위드 코로나 시대 8주간의 온라인 고강도 인터벌 트레이닝이 과체중 남성의 신체조성, 혈중지질, 사이토카인 및 삶의 질에 미치는 영향

최동훈¹ PhD, 현아현² PhD

¹건양대학교 스포츠의학과, ²한국체육대학교 운동생화학실

The Effect of 8 Weeks of Online High-Intensity Interval Training on Body Composition, Blood Lipids, Cytokines, and Quality of Life in Overweight Men during the COVID-19 Era

Dong-Hun Choi¹ PhD, Ah-Hyun Hyun² PhD

¹Department of Sport Medicine, Kon-Yang University, Daejeon; ²Exercise Physiology Laboratory, Korea National Sports University, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study is to investigate the effect of high-intensity interval training (HIIT), using real-time video application programs, on the body composition, blood lipids, cytokines, and quality of life (QOL) of overweight men.

METHODS: The participants of this study were overweight men, aged <45 years, who voluntarily applied to the online notices for this study. The men had a body mass index (BMI) >28. Twenty people participated in this experiment and were divided into two groups: a HIIT group (n=10) and a control group (n=10). Both groups were pre-examined to determine body composition, dual-energy X-ray absorptiometry, and QOL indices and also underwent blood tests. The HIIT group underwent high-intensity interval training for 8 weeks (twice a week and 35 minutes per day) using real-time video programs. The main exercise program for HIIT was 20 seconds high-intensity (85–90% HRmax) exercise followed by 30 seconds exercise at a 60% HRmax.

RESULTS: Comparison and analysis of the effects observed before and after the exercise revealed that the real-time online HIIT group showed reduced body fat ($F=5.690, p=.028$). Results of the blood tests showed that the high-density lipoprotein cholesterol (HDL; $F=24.584, p=.001$) was increased, while the low-density lipoprotein cholesterol (LDL; $F=24.963, p=.001$), triglycerides (TG; $F=7.295, p=.015$), and total cholesterol (TC; $F=14.934, p=.001$) levels were decreased. No significant effects were observed on the insulin and c-reactive protein (CRP) levels. Finally, the QOL test results showed that the total score of the HIIT group had increased ($F=190.815, p=.001$).

CONCLUSIONS: Online HIIT is a useful method that aids in reducing fat levels in obese men and improving their blood lipid profile and QOL during the COVID-19 pandemic.

Key words: Online high-intensity interval training, HIIT, Abdominal obesity, Sedentary habits, With COVID-19 exercise

Corresponding author: Ah-Hyun Hyun Tel +82-2-410-6867 Fax +82-2-410-6945 E-mail knupe838@knsu.ac.kr

Keywords 온라인 고강도 인터벌 트레이닝, 복부비만, 좌식생활, 위드 코로나 19 운동, 비만예방

Received 16 Jan 2022 **Revised** 4 Feb 2022 **Accepted** 8 Feb 2022

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

COVID-19 팬데믹 이후 국가 봉쇄와 환경적 제한에 따른 비만 인구의 증가는 당뇨병, 심혈관계 질환, 우울증과 같은 심각한 후유증을 야기하였다[1]. 최근 비만에 의한 2차 합병증이 SARS-CoV-2 사망률과 높은 상관성이 있다고 밝혀졌고[2], World Health Organization (WHO)은 COVID-19 확산과 비만 문제를 공중 보건 비상 사태로 규정하였다[3].

비만은 인간의 건강에 위협을 주는 비정상적 또는 과도한 지방 축적으로 정의된다[4]. 발병 원인은 서양식 식습관과 과식, 운동부족, 가족력, 자율신경계 이상, 장내 비만세균 증가, 정신질환 등 다양한 요소가 복합적으로 작용한다[5]. 최근 SARS-CoV-2 변종 바이러스가 재확산됨에 따라, 강도 높은 방역 정책에 의해 사람들의 스트레스는 입계치에 도달하였다. 신체활동 감소와 함께 불안, 공포와 같은 부정 심리가 증가하면서 스트레스에 의한 잘못된 식습관은 비만 문제를 더욱 가속화시켰다[6]. 특히 많은 회사들이 재택근무로 전환하면서 남성들의 침거 시간이 길어지고 잦은 음주, 야식, 흡연 등에 의한 복부 비만이 심각한 상황이다. Yang et al. [7]에 따르면, 장시간 앉는 습관은 골반의 전방경사, 요부전만에 의한 체간 근력 상실이 유도되고, 좌식 자체가 내장지방 축적의 독립적인 위험인자라고 보고하였다. COVID-19와 관련하여 비만은 신진대사 기능 상실, 성장호르몬 및 폐환기율 감소와 같은 부작용을 초래하고, 체질량지수(BMI)가 높을수록 감염 중증도가 증가한다[8].

비만과 혈중 지질은 높은 상관성이 있고, 이상지질혈증 또한 SARS-CoV-2 사망률을 증가시킨다. Lluís et al. [9]은 중성지방(Triglyceride, TG)과 저밀도 콜레스테롤(low-density lipoprotein cholesterol, LDL cholesterol) 수치가 높을수록 COVID-19 감염률이 증가하고, 급격한 체중 증가는 Insulin, TG, LDL 수치를 상향 조절한다고 보고하였다. 또한 LDL 상승은 CRP, IL-6, TNF- α 와 같은 체내 염증 물질 생성을 촉진하며, COVID-19 중증도를 결정할 수 있다[9].

비만은 특징적으로 만성 염증 상태를 나타내는데, C 반응성단백(C-reactive protein, CRP)은 대표적인 급성기 반응 물질로 알려져 있다[10]. 높은 수준의 CRP는 심장질환 및 당뇨병의 예측 인자이며, 체지방과 양의 상관관계에 있다. COVID-19와 관련하여, 지방 조직에서 파생되는 염증이 과발현하여 인슐린 저항성과 대식세포를 활성화하고 폐부종, 빈맥, 산화 스트레스 및 조직의 활동성을 감소시킨다[10]. 이러한 문제는 비만, 당뇨병, 기저질환자의 COVID-19 상태를 심각하게 할 뿐 아니라, 사이토카인 폭풍에 의한 사망에 이르게 된다[11]. 대규모 코호트 연구에서는 바이러스가 면역세포를 공격하는 과정에서 과도한 염증이 발현되고, 비만은 사이토카인 연쇄 반응에 의해 폐 조직과 기관지 손상, 심각한 호흡 장애를 유발한다고 하였다[12]. 남성의 경우 흡연

과 고지혈증 및 고혈압과 같은 기저질환이 CRP 및 COVID-19 합병증을 증가시킬 수 있다[9]. 이와 같이, 높은 수준의 지질 프로파일과 CRP는 COVID-19 예측인자로 민감한 표사이자 더 나쁜 예후와 관련이 있지만, 현재까지 체중과 지질 개선에 대한 임상적 검증이 충분하지 않아 추가적인 연구가 필요한 시점이다.

규칙적인 신체활동은 지방 대사에 효과적이고 급성 염증 반응을 완화할 수 있다. 선행연구에 따르면, 운동은 대동맥 내피세포의 염증(IL-1 β)을 감소하는 반면, IL-10와 같은 항 염증 물질을 활성화하여 면역력을 증가시킨다[13]. Meizi et al. [14]은 신체활동의 전신 염증 관리 외에, COVID-19 관련 질환에 대한 잠재적 예방효과가 크다고 보고하였다. 최근 연구를 통하여 운동이 바이러스에 대항할 체력과 면역력을 향상시킨다는 보고가 있지만, 현재까지 진행된 대부분의 연구가 여성 또는 노인을 대상으로 실시되어 남성 비만에 대한 추가적인 검증이 필요하다. 또한 시간 및 공간적으로 제한된 환경에서 활용이 가능한 새로운 프로그램을 모색하고 적용하여 그 효과를 검증해야 한다.

이에, 세계보건기구(WHO)와 미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine, ACSM)에서는 COVID-19 중 주당 150분 이상의 중강도 또는 75분 이상의 고강도 운동을 권장하고 있으며, 온라인 운동에 참여하는 것이 비만 예방에 도움이 된다고 하였다[15,16]. 관련 연구를 살펴보면, 좌식 생활자의 운동 참여가 체지방 및 LDL 감소에 효과가 있고 전염병 환경에서 기인한 불안감을 해소하였으며, 특히 온라인 고강도 인터벌 트레이닝이 중강도의 유산소성 운동에 비하여 신체 능력이 크게 향상된 것으로 나타났다[17-19]. 이러한 결과는 비대면 방식의 운동 또한 대면 형태와 같은 효과가 나타날 수 있음을 시사하지만, 남성을 대상으로 실시한 연구는 매우 부족하다. 또한 현재 일부 지자체에서 온라인 운동 프로그램을 운영하고 있으나, 대상자가 중년 여성, 관절염 환자, 또는 임신부를 위주로 진행되어 남성을 위한 프로그램 보급이 필요해 보인다.

최근 고강도 인터벌 트레이닝(High-Intensity Interval Training, HIIT)의 체지방 감소 효과가 입증되면서 온라인 참여 인구가 증가하고 있다. 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT)은 짧은 시간 내 최대 에너지를 출력하는 트레이닝 방법으로 고강도 운동 구간과 불완전 휴식 구간을 반복 수행하여 신체 대사량 증가와 체지방 감소에 효과적이다[20]. 관련 연구를 살펴보면, Thompson et al. [21]은 운동에 의한 신체적 스트레스가 교감신경 활성화로 혈장 카테콜라민을 증가시키고, 높은 운동 강도에서 이러한 반응이 촉발된다고 하였다[21]. 젯산 역치(AT)를 초과하는 신체활동은 중강도 연속성 운동에 비하여 에피네프린과 노르에피네프린 농도 상승에 의한 체내 글리세롤과 유리 지방산 분해에 더욱 효과적이다. 또한 HIIT의 시간적 효율성은 바쁜 현대인의 만족감을 증대하여, 2020년 이후 현재까지 ACSM 피트니스 트렌드에 상위 랭크되었다[21]. HIIT가 혈중 지질 감소와 심혈관 기능을 향상하여 COV-

ID-19 시대에 적합한 운동법이라는 연구 결과를 미루어 볼 때[17,18], 실용성 측면에서 직장인 남성에게 HIIT는 비만 예방에 효과적인 대안이 될 수 있다. 하지만 온라인 매체를 활용한 고강도 운동에 대한 적정 가이드라인은 존재하지 않고, 비만 남성에 대한 운동생리학적 및 정신 건강에 미치는 효과 검증은 매우 미미하다. 따라서 본 연구의 목적은 실시간 화상 앱을 통한 고강도 인터벌 트레이닝이 과체중 남성의 신체 조성, 혈중지질, 염증 지표 및 삶의 질에 미치는 영향을 규명하는데 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 만 45세 이하, BMI 28 이상, 복부둘레 90 cm 이상의 남성 20명을 대상으로 운동집단(High Intensity interval Training, HIIT; n=10), 비교 집단(Control, CON; n=10)으로 구분하였다. 먼저 대상자들에게 본 연구를 충분히 설명한 후 자발적으로 참여하기를 희망하는 대상자들에게 동의서를 작성하였다. 실험 참가 전 피험자의 신체적 특성의 평가를 위해 체성분 분석기(DEXA; Hologic, Inc., USA)를 사용하여 피험자의 나이와 신장, 체중을 측정하였다. 본 연구는 한국 체육대학교 윤리위원회의 승인을 받은 후 진행되었으며(1263-202109-BR-018-01), 피험자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 온라인 고강도 인터벌 트레이닝 프로그램

본 연구에 사용된 HIIT 프로그램은 Wewege et al. [22]의 프로토콜을 수정하여, 최대 심박수(HRmax)의 85-90%에서 20초 동안 고강도 동작을 수행하고 HRmax 60%에서 30초간 중강도 운동을 시행하였으며 총 12회, 2 set 반복하였다. 피험자는 8주간, 주 2회, 일일 총 35분의

Table 1. Characteristics of Subjects

	Age (yr)	Hight (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
HIIT (n=10)	40.3±3.13	176.14±5.13	91.57±10.63	29.5±2.96
CON (n=10)	35.4±4.14	177.19±6.04	96.85±13.32	30.79±3.73

M±SD.

Table 2. The High Intensity Interval Training programs

Modes	Contents	Time (min)	Set and Rest	RPE
Warm-up	Breathing, Static stretching	10		10
Main exercise	Level 1: 1-2 week	20	85-90% HRmax 20 sec, 70% HRmax 30 sec × 12 Total 2 set	15-17
	Squat, Back lunge, Kneeing push-up tap, Side steps, Crunch, Spine twist, Burpee test			
	Level 2: 3-4 week			
	Lunge side kick, Down dog & Push up, Squat jump, Legs raise, Plank			
	Level 3: 5-8 week	5		11
	Wall squat, Lunge-twist, Knee up runs, Push-up, 100 Breathing, Burpee jump			
Cool down	Deep breathing, Total body stretching	5		11

운동을 수행하였다. 운동 프로그램은 준비운동 10분, 본 운동 20분, 정리운동 5분으로 구성하였고 운동 강도는 HRmax로 평가하였다. 운동 강도 평가 방법은 피험자 각자 손목에 스마트 위치를 착용한 후 운동 중간에 수시로 자신의 심박수와 HRmax를 체크하게 하였다. 지도자는 동작 시 강도를 유지할 수 있도록 고강도 동작을 수행한 직후 화면을 통하여 HRmax를 모니터링 하였다. 온라인 수업 진행은 실시간 쌍방향 소통이 가능한 화상 앱(ZOOM)을 사용하였다. 지도자는 먼저 동작에 대한 시범과 주의점을 설명한 후 대상자들을 관찰하며 조언하였다. 또한 참가자들의 컨디션을 수시로 체크하였고, 실시간으로 질의에 응답하였다. 만약 운동 중 신체적 불편감을 호소하면 동작을 중단하고 휴식을 권고하였고, 동작에 무리가 없다고 판단되면 2주마다 강도를 증가시켰다. 8주의 HIIT 증제는 총 16회로 2회 이상 결석 시 탈락으로 처리하였다. 또한 피험자들에게 매일 식단 일기를 작성하게 하여 칼로리를 제한하였으며, 매주 일요일 마다 전문 영양사가 식단을 관리하고 조언하였다. 본 연구의 고강도 인터벌 트레이닝 프로그램은 Table 2와 같다.

3. 측정도구 및 방법

1) 신체구성 및 골밀도

신체조성 및 골밀도 검사는 Lunar Prodigy (GE medical systems, Waukesha, Wisconsin, USA)를 이용하여 이중에너지 방사선 측정법(DEXA; Hologic, Inc., USA)으로 신체조성과 골밀도를 측정하였다. 신체조성 측정은 사전과 사후에 동일하게 서울시 소재 K 대학교에서 실시하였으며, 피험자들이 가벼운 옷으로 갈아입고, 착용한 금속을 모두 제거한 후 장비의 스캐닝 테이블에 누우면 숙련된 방사선사에 의해 자세를 잡은 뒤 신장, 체중 생년월일을 기록한 후 신체조성과 골밀도를 측정하였다.

2) 혈액검사

혈액검사를 위하여 전날 밤 9시부터 금식 후 오전 9시경 피험자들의 상완정맥으로부터 10 mL 혈액을 채취한 뒤 상온에서 30분간 incuba-

Table 3. Changes in body composition

	HIIT (n=10)	CON (n=10)		F	p
BMD (g/cm²)					
pre	1.26±0.07	1.3±0.07	T	0.007	.936
post	1.27±0.09	1.3±0.08	G	0.644	.433
			T×G		
Body weight (kg)					
pre	93.22±14.22	93.26±22.40	T	0.058	.813
post	91±11.08	96.49±13.07	G	0.168	.687
			T×G	1.676	.212
Percent body fat (%)					
pre	33.99±4.00	32.7±5.02	T	2.594	.125
post	32.48±4.02	32.63±5.68	G	0.077	.785
			T×G	2.154	.159
Fat free mass (kg)					
pre	59.3±10.14	60.16±14.45	T	0.419	.526
post	59.24±8.13	62.26±7.30	G	0.198	.662
			T×G	0.465	.504
Fat mass (kg)					
pre	30.54±5.86	29.75±9.38	T	0.082	.779
post	28.52±5.13	31.34±8.67	G	0.097	.759
			T×G	5.690	.028*

M±SD.

T=Time, G=Group, T×G=Time×Group.

*p<.05.

tion 하고 원심분리(3,000 rpm, 10 minutes)하여 혈청(Serum)을 분리하였다. 모든 혈액 항목에 대한 분석은 녹십자의료재단에 의뢰하였고, 검사항목은 혈중지질(Total Cholesterol, HDL Cholesterol, LDL Cholesterol, Triglyceride), Insulin 및 CRP를 분석하였다.

3) 삶의 질

본 연구의 삶의 질 측정은 Mchorney et al. [23]의 SF-36 (Medical Outcomes Study Short-Form 36-item version) 설문지를 사용하였다. 총 36개 문항으로 구성된 SF-36는 신체적 기능, 역할 제한, 통증, 일반적 건강, 감정적 역할 제한, 활력, 사회적 기능 및 정신적 건강상태의 9개 하위 영역으로 구성되어 있다. 항목에 대한 평가는 항목별 가중치로 점수화된 각 문항을 합산하여 100점 만점으로 환산하였다. 본 연구 도구의 신뢰도는 Cronbach's α=.83이다.

4. 자료처리

수집한 자료는 SPSS 24.0 프로그램을 이용하여 결과에 대한 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였으며, 집단(2)×기간(2) 간 차이를 규명하기 위해 반복측정에 의한 이원변량분석(Repeated two-way ANOVA)을 실시하였으며, 상호작용 효과가 있는 경우 주 효과 검증을 실시하였다. 집단 내 사전·사후의 변화를 검증하기 위

해 independent t-test 및 paired t-test를 실시하였고, 모든 검증의 통계적 유의한 차이는 α=.05로 설정하였다. 또한, 체지방률과 혈중지질의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관 계수(Pearson correlation coefficient)를 실시하였다.

연구 결과

1. 고강도 인터벌 트레이닝이 신체구성 및 골밀도에 미치는 영향

HIIT 집단과 CON 집단의 골밀도 및 신체조성의 변화를 비교한 결과(Table 3), 체지방량(F=5.690, p=.028)은 상호작용 효과가 나타났지만, 그 외 변인에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았다(BMD: F=.644, p=.433; Body weight: F=1.676, p=.212; 체지방률: F=2.154, p=.159; 체지방량: F=24.559, p=.001). 따라서, 체지방량의 주 효과 검증을 실시한 결과 HIIT 집단에서 시기 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(t=4.170, p=.002). 체지방률은 상호작용 효과는 나타나지 않았지만 시기 간 차이를 확인한 결과 HIIT 집단에서 시기 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(t=2.711, p=.024).

2. 고강도 인터벌 트레이닝이 혈중 지질에 미치는 영향

HIIT 집단과 CON 집단의 혈중 지질의 변화를 비교한 결과(Fig. 1),

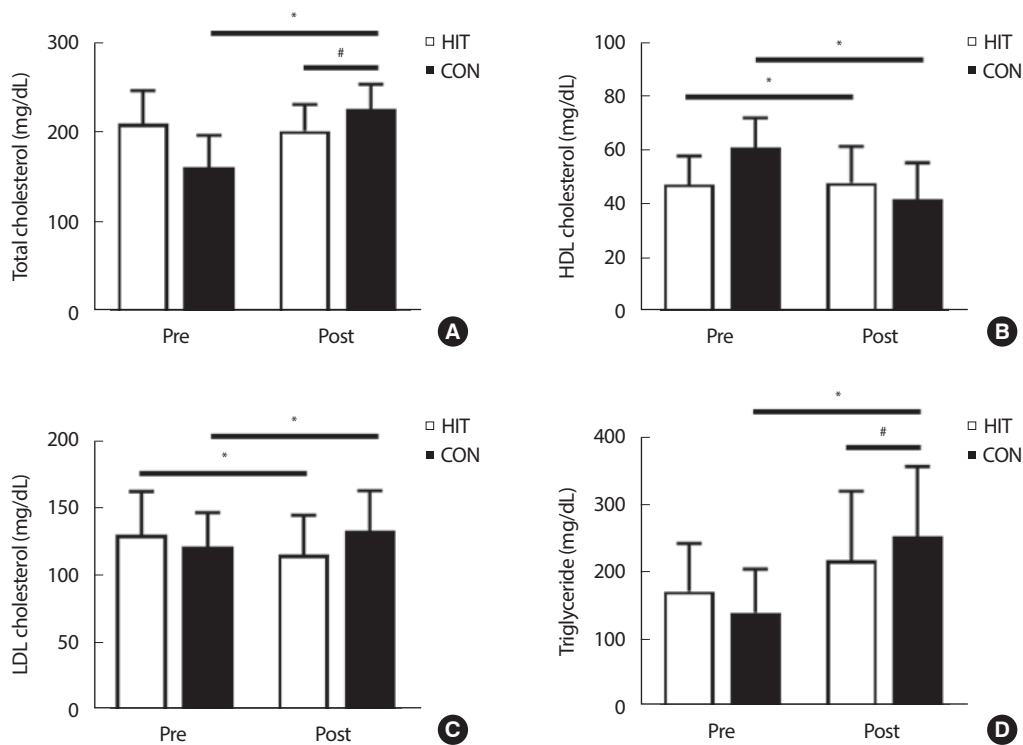


Fig. 1. The effects of high intensity interval training on blood lipids in serum of overweight men's. (A-D) Total Cholesterol, HDL Cholesterol, LDL Cholesterol and Triglyceride levels by ELISA analysis (n=ten per group). Values are mean \pm SD. * $p < .05$.

모든 변인에서 상호작용 효과가 나타났다(Total Cholesterol: $F = 14.934$, $p = .001$; HDL Cholesterol: $F = 24.584$, $p = .001$; LDL Cholesterol: $F = 24.963$, $p = .001$; Triglyceride: $F = 7.295$, $p = .015$). 따라서, 주 효과 검증을 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째, Total Cholesterol의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(post: $t = -2.452$, $p = .025$), 시기 간(CON: $t = -3.965$, $p = .003$)으로 유의한 차이가 나타났다. 둘째, HDL Cholesterol의 주 효과 검증을 실시한 결과 시기 간(HIIT: $t = -2.909$, $p = .017$; CON: $t = 4.045$, $p = .003$)으로 유의한 차이가 나타났다. 셋째, LDL Cholesterol의 주 효과 검증을 실시한 결과 시기 간(HIIT: $t = 2.441$, $p = .037$; CON: $t = -4.563$, $p = .001$)으로 유의한 차이가 나타났다. 넷째, Triglyceride의 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(post: $t = 14.998$, $p = .011$), 시기 간(CON: $t = -2.425$, $p = .038$)으로 유의한 차이가 나타났다.

3. 체지방량과 혈중 지질의 상관관계

HIIT 집단과 CON 집단의 체지방량과 혈중지질의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 2), 체지방량과 혈중지질은 높은 상관을 나타내고 있다(Total Cholesterol: $r = .803$, $p = .001$; HDL Cholesterol: $r = -.885$, $p = .001$; LDL Cholesterol: $r = .865$, $p = .001$; Triglyceride: $r = .824$, $p = .001$).

4. 고강도 인터벌 트레이닝이 혈당 및 염증에 미치는 영향

HIIT 집단과 CON 집단의 혈당 및 염증의 변화를 비교한 결과(Ta-

ble 4), 모든 변인에서 상호작용 효과가 나타나지 않았다(Insulin: $F = 3.353$, $p = .084$; CRP: $F = 1.583$, $p = .224$).

5. 고강도 인터벌 트레이닝이 삶의 질에 미치는 영향

HIIT 집단과 CON 집단의 삶의 질 변화를 비교한 결과(Fig. 3), 상호작용 효과가 나타났다($F = 190.815$, $p = .001$). 따라서, 주 효과 검증을 실시한 결과 집단 간(post: $t = 10.499$, $p = .001$), 시기 간(HIIT: $t = -15.363$, $p = .001$)으로 유의한 차이가 나타났다.

논 의

최근 가정 내 운동이 유행하고 있지만, 비만 남성을 고려한 온라인 운동의 임상적 효과 검증은 매우 미미하다. 본 연구는 실시간 온라인 HIIT가 COVID-19 중 남성의 비만 문제를 예방할 수 있다는 가설을 세우고, 그 결과로 체지방량과 혈중지질의 감소와 삶의 질이 향상되는 것을 확인하였다. 또한 각각의 지질 데이터와 삶의 질의 상관성을 분석하여 얻어진 긍정적인 결과에 대하여 다음과 같이 논의하고자 한다.

1. 고강도 인터벌 트레이닝이 신체구성에 미치는 영향

본 연구의 온라인 HIIT의 체지방량 감소는 COVID-19 기간 동안 운동 전문가의 모니터링 하에 매일 30분씩 실시한 온라인 고강도 서킷

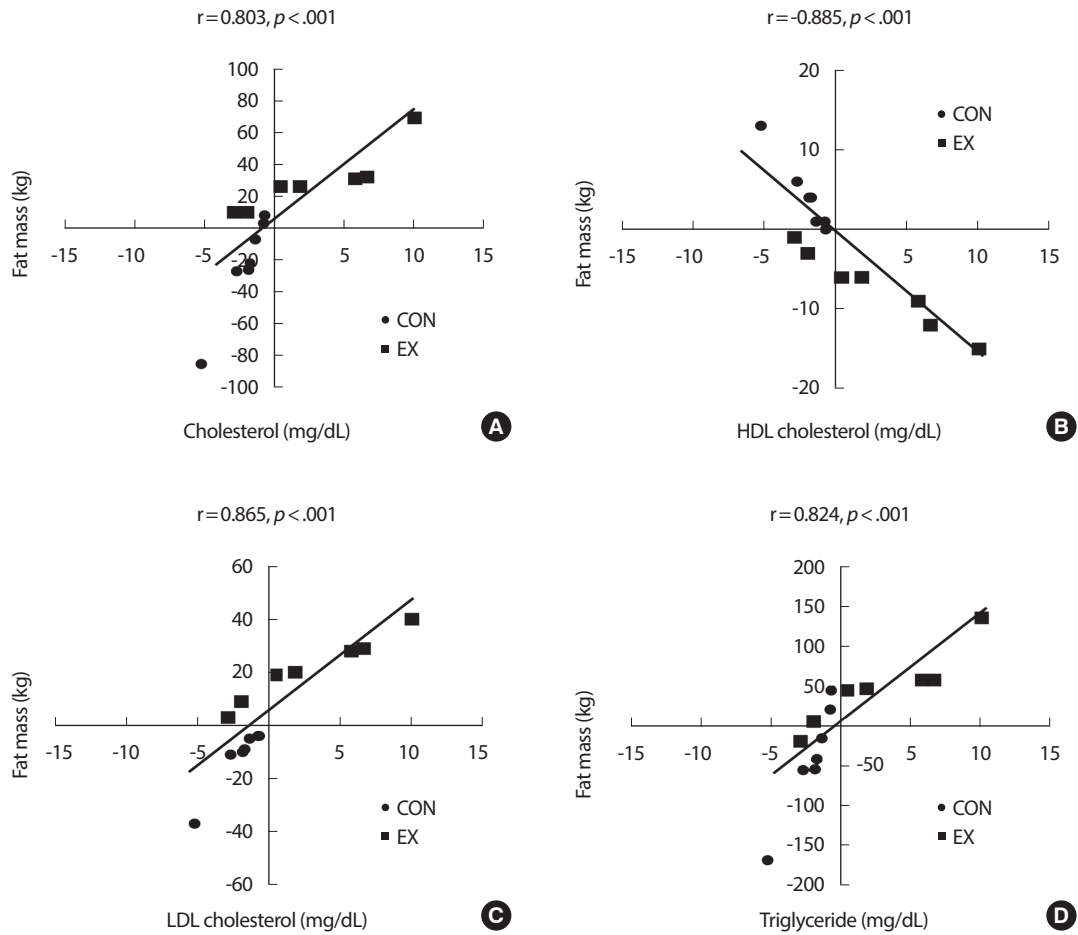


Fig. 2. Correlation between body fat mass and blood lipids.

Table 4. Changes of Insulin and CRP

	HIIT (n=10)	CON (n=10)		F	p
Insulin (μU/mL)					
pre	12.66 ± 6.83	13.89 ± 7.10	T	0.382	.544
post	11.62 ± 8.00	15.99 ± 7.72	G	0.761	.394
			T×G	3.353	.084
CRP (mg/dL)					
pre	0.35 ± 0.33	0.37 ± 0.13	T	0.080	.780
post	0.31 ± 0.31	0.42 ± 0.15	G	0.387	.542
			T×G	1.583	.224

M ± SD.

T=Time, G=Group, T×G=Time×Group.

*p < .05.

트레이닝의 체중 감량 효과와 같은 결과를 나타낸다[24]. 이것은 바이러스 환경에서 활동적인 생활방식을 유지하는 것이 체중 유지와 건강상의 많은 이점이 있다는 연구와 같은 맥락이다[25]. Linan et al. [26]은 COVID-19 환자 중 BMI 28 kg/m² 이상일 경우 합병증 위험이 85.3% 증가한다고 보고하면서, 비만 관리의 중요성을 강조하였다. HIIT 관련 메타연구에서는 COVID-19 중 HIIT 참여가 신체구성의 긍정적 효과

뿐만 아니라, VO_{2max}와 근육 산화 능력을 증가한다고 보고하였다[17]. VO_{2max}는 체지방과 부적 상관관계에 있고, HIIT에 의한 VO_{2max} 증가는 전염병 기간 중 신진대사 활성 및 면역력을 향상시킬 수 있는 가장 적절한 훈련이라고 주장하였다[17]. 따라서 본 연구에서 실시한 HIIT가 COVID-19 중 체력 향상과 합병증을 예방하는 좋은 대안이 될 수 있다. 비록 본 연구에서 VO_{2max} 효과에 대한 검증은 이루어지지 않았지

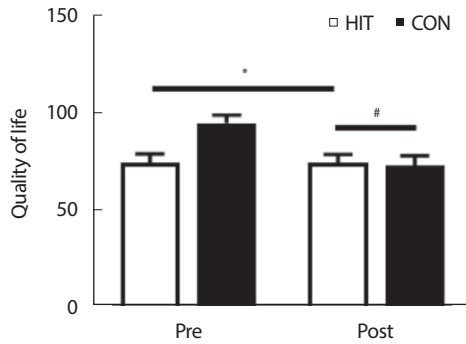


Fig. 3. The effects of high intensity interval training on quality of life of overweight men.

만, 온라인 HIIT 대한 체지방 감소 효과는 패쇄적 환경 속에서 남성의 비만 예방을 위한 하나의 방법을 제시한 데 그 의미가 있다.

2. 고강도 인터벌 트레이닝이 혈중 지질에 미치는 영향

본 연구의 Total Cholesterol (TC), HDL Cholesterol (HDL-C), LDL Cholesterol (LDL-C), Triglyceride (TG)의 유의미한 변화는 COVID-19 중 복합 운동을 실시한 노인 여성의 TC, TG, Blood glucose 감소에 효과적이고[27], 젊은 남성을 대상으로 실시한 저항성 운동이 HDL 증가 및 LDL를 유의미하게 감소한다는 연구와 일치한다[28]. 또한 비만 청소년들의 운동 중재가 TG 농도와 LDL 수치에 긍정적인 효과가 있는 반면, HDL가 증가하여 콜레스테롤 제거 및 심혈관 질환을 예방한다는 내용을 뒷받침하고 있다[29]. COVID-19 중증 환자의 경우 현저히 낮은 HDL 수치를 보이는 반면, LDL이 높게 나타나는 특징이 있으며, TG 수치가 2 mmol/L 미만일 때 심장질환 위험도와 바이러스 합병증이 감소된다[30]. 본 연구의 혈중지질과 체지방량의 상관도 분석에서 체지방량 감소에 따른 TC, TG, LDL, HDL 모든 변인이 높은 상관성을 보이면서 선행연구의 근거를 제시하고 있다. 하지만 운동과 혈중지질의 부적 상관성에도 불구하고, COVID-19 기간 중 비대면 운동에 관한 생화학적 검증은 충분하지 않은 상태이다. 따라서 추후연구에서는 다양한 온라인 운동의 대사질환 효과를 성별, 연령, 또는 COVID-19 완치 후 환자별로 구분하여 그 효과를 검증할 필요가 있다.

3. 고강도 인터벌 트레이닝이 Insulin 및 CRP에 미치는 영향

최근 SARS-CoV-2로 확인된 환자의 73.41%가 과체중 또는 비만으로 조사되었고, 고도 비만(BMI >30)이나 복부 비만이 심한 경우 당뇨, 고혈압 위험성이 증가하였다[31,32]. 비만은 염증의 비정상적 분비가 인슐린 분비 장애 및 β 세포 손상을 유도하여 면역성이 결여된다[33,34]. 이에, Meizi et al. [35]은 주당 2시간 이상 HIIT 참여가 신체 비활동에 의한 만성 염증과 대사증후군을 예방할 수 있다고 하였지만, 본 연구의 Insulin 및 CRP는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 또한 COVID-19

중 실시한 당뇨병 남성의 65-90% VO_{2max} 강도의 운동이 공복혈당 및 인슐린 저항성(HOMA-IR)을 감소하여 COVID-19 중증도를 조절할 수 있다는 결과와 상이하다[36]. 이러한 상반된 결과에 대하여, 본 연구의 작은 제한점들이 영향을 미친 것으로 보인다. 첫째, 대상자의 식단을 철저히 제어하지 못한 점이 Insulin의 유의미한 차이를 이끌어 내지 못한 것으로 생각된다. 8주 중재기간 동안 전문 영양사의 점검이 주 1회 마다 진행되었으나, 고립된 환경에서 매 끼니 식단을 철저히 통제하는 것은 남성의 스트레스를 증가시킬 수 있기 때문에 총 칼로리를 동일시하지 못하였다. 둘째, 본 연구는 만성 염증 상태의 특징을 보유한 비만인을 대상으로 실시되어 CRP 완화 효과가 나타나기에 중재 기간이 다소 짧았고, 확진자 수가 사회적 문제가 된 유럽과 미국의 연구에 비하여 본 연구의 표본 수가 적는데 한계점이 있다. 따라서 추후에는 대규모 코호트 연구를 통하여 IL-6, TNF- α , T-cell, B-cell 같은 중요 염증과 운동에 대한 효과를 검증해야 할 것이다. 마지막으로, 염증이 부정적 영향을 줄 수 있는 음주와 흡연을 철저히 통제하지 못하였다. 국내 조사에 따르면, 2020년 기준 21만 명의 COVID-19 환자 중 여성보다 남성의 발병률이 높게 조사되었다[37]. 또한 환자의 합병증은 1위 고혈압 56.6%, 2위 비만 41.7%, 3위 당뇨병 33.8%으로 나타났다[38]. 비록 혈당과 염증 지표에 유의미한 변화가 나타나지 않았지만, 본 연구에서 실시한 남성 비만인의 운동 중재는 COVID-19 합병증을 예방하기 위한 의미 있는 시도라고 생각된다. 추후 연구에서는 본 연구의 제한점을 통제하여 조금 더 큰 표본을 가지고 진행할 것이다.

4. 고강도 인터벌 트레이닝이 삶의 질에 미치는 영향

선행연구에 의하면, COVID-19 기간 동안 신체활동에 참여하는 것은 팬데믹에 의한 고립감, 외로움, 불안, 우울증 등을 완화하고 삶의 질을 향상시킨다[39,40]. 본 연구에서 나타난 HIIT 집단의 삶의 질 향상 결과는 건강 관련 삶의 질(Health-Related Quality of Life)이 신체활동과 양의 상관성에 있다는 결과와 일치하고, COVID-19 중 타바타 운동에 참여한 사무직 비만 여성의 스트레스가 감소하였다는 연구와 같은 같은 맥락이다[41,42]. 이러한 심리효과에 대하여, Ricardo et al. [43]은 운동이 IGF-1, PI3K 경로를 활성화하고 뉴런 사멸과 관련한 GSK3 β 수치를 감소시켜 신경학적 건강을 유도한다고 보고하였다. 하지만 현재와 같이 비 접촉 문화가 지속되는 것은 사람 간의 유대감을 결여시키고 정신적인 피로감이 증가하여 삶의 질을 감소시킬 수 있기 때문에, 다양한 신체활동을 통한 정서적 환기가 필요하다[44]. 따라서 본 연구의 실시한 온라인 HIIT를 적극 활용한다면, with COVID-19 시대를 살아가는 국민의 심신 안정에 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구에서 나타난 온라인 HIIT에 대한 여러 긍정적인 측면에도 불구하고 공중 보건 프로그램으로 활용이 매우 미흡한 실정이다. COVID-19 변이 바이러스 재확산이 지속된다면, 온라인 운동 문화는 지

금보다 영역이 더욱 확장될 것으로 예측된다. 따라서 추후 연구에서는 조금 더 큰 표본을 가지고 비만 합병증과 HIIT의 운동생리학적 검증을 시행하고 그 결과에 따라 활용도를 높여야 할 것이다. 또한 성별, 연령의 취향을 고려하여 프로그램을 구성한다면, 흥미 유발 및 참여를 증가시킬 수 있을 것이다.

결론

본 연구의 목적은 COVID-19 기간 중 과체중 남성의 온라인 고강도 인터벌 트레이닝이 신체조성, 혈중지질, 염증 및 삶의 질에 미치는 영향을 규명하는데 있다. 8주간의 HIIT 수행 결과, 체지방량, TC, TG, LDL 수치가 감소하였고, HDL은 증가하였다. 체지방량과 혈중지질은 모든 변인에서 상관성이 높게 나타났고, 혈당 및 염증 지표에서는 유의미한 차이가 없었다. 마지막으로 삶의 질은 HIIT 집단에서 증가하였다. 결과적으로, 실시간 온라인 HIIT는 비만 남성의 지질 감소에 효과적이고 정서적 환기에 도움이 되는 효과적인 도구로서 with COVID-19 시대에 적극 활용할 것을 제안한다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Data curation: DH Choi; Formal analysis: DH Choi; Methodology: DH Choi; Visualization: DH Choi; Writing-original draft:; Writing review & editing: DH Choi.

ORCID

Dong-Hun Choi <https://orcid.org/0000-0002-6737-6171>
Ah-Hyun Hyun <https://orcid.org/0000-0003-2311-8805>

REFERENCES

1. Simonnet A, Chetboun M, Poissy J, Raverdy V, Noulette J, et al. Lille intensive care COVID-19 and obesity study group: high prevalence of obesity in severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-

CoV-2) requiring invasive mechanical ventilation. *Obesity*. 2020; 28(7):1195-9.
2. Lighter J, Phillips M, Hochman S, Sterling S, Johnson D, et al. Obesity in patients younger than 60 years is a risk factor for covid-19 hospital admission. *Clin Infect Pract*. 2020;71(15):896-7.
3. World Health Organization. Considerations for sports federations/ sports event organizers when planning mass gatherings in the context of COVID-19: interim guidance. WHO. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/points-of-entry-and-mass-gatherings>.
4. Petrakis D, Margină D, Tsarouhas K, Tekos F, Stan M, et al. Obesity a risk factor for increased COVID 19 prevalence, severity and lethality. *Mol Med Rep*. 2020;22(1):9-19.
5. Peng J, Lei Z, Wanqi Y, Bin Y, Meijing L, et al. Impact of COVID-19 lockdown on activity patterns and weight status among youths in china: the COVID-19 impact on lifestyle change survey (COINLICS). *Int J Obes*. 2021;(45):695-9.
6. Stefan N, Birkenfeld L, Schulze B, Ludwig S. Obesity and impaired metabolic health in patients with COVID-19. *Nat Rev Endocrinol*. 2020;(16):341-2. doi: 10.1038/s41574-020-0364-6
7. Yang S, Guo B, Ao L, Yang C, Zhang L, et al. Obesity and activity patterns before and during COVID-19 lockdown among youths in china. *Clin Obes*. 2020;10(6):e12416. doi: <https://doi.org/10.1111/cob.12416>
8. Alberto S, Paolo F, Paolo M, Franco C, Ilaria T, et al. Playing around the anaerobic threshold during COVID-19 pandemic: advantages and disadvantages of adding bouts of anaerobic work to aerobic activity in physical treatment of individuals with obesity. *Acta Diabetol*. 2021; (58):1329-41.
9. Lluís M, Eudald C, Daiana I, Eva A, Juan A, et al. Low HDL and high triglycerides predict COVID-19 severity. *Sci Rep*. 2021(11):7217.
10. Chiappetta S, Sharma A, Stier C. COVID-19 and the role of chronic inflammation in patients with obesity. *Int J Obes* 2020(44):1790-2. doi: 10.1038/s41366-020-0597-4
11. Hussain A, Vasas P, El-Hasani S. Letter to the editor: obesity as a risk factor for greater severity of COVID-19 in patients with metabolic associated fatty liver disease. *Metabolism*. 2020;108:154256. doi: 10.1016/j.metabol.2020.154256
12. Giacomo G, Alberto Z, Alberto Z, Massimo A, Luca C, et al. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the lombardy region Italy. *JAMA*. 2020 (323):1574-81.

13. Salvatore C, Adolfo G, Andrea P, Matthew S, Pratush N, et al. An orally available NLRP3 inflammasome inhibitor prevents western diet-induced cardiac dysfunction in mice. *J Cardiovasc Pharmacol.* 2018; (72):303-7.
14. Meizi W, Julien B, Wenjing Q, Siqin S, Gusztáv F, et al. A preventive role of exercise across the coronavirus 2 (SARS-CoV-2) pandemic. *Front Physiol.* 2020;11:572718. doi: 10.3389/fphys.2020.572718
15. World health organization. Global action plan on physical activity 2018-2030: More active people for a healthier world. Geneva: WHO. 2018; Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272721>
16. Denay K, Breslow R, Turner M, Nieman D, Roberts W, et al. ACSM call to action statement: COVID-19 considerations for sports and physical activity. *Curr Sports Med Rep.* 2020;19(8):326-8. doi: 10.1249/JSR.0000000000000739
17. Dale G, David T, Kostas T, Petra K, Gladys L. The effects of displacing sedentary behavior with two distinct patterns of light activity on health outcomes in older adults (implications for COVID-19 quarantine). *Front Physiol.* 2020;(11). <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.574595>
18. Borrega M, Sánchez G, Fuentes G, Collado M, Villafaina S. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity training on stress, depression, anxiety, and resilience in healthy adults during coronavirus disease 2019 confinement: a randomized controlled trial. *Front Physiol.* 2021;(12):643069. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643069>
19. Zhang Y, Zhang B, Gan L, Ke L, Fu Y, et al. Effects of online body-weight high-intensity interval training intervention and health education on the mental health and cognition of sedentary young females. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(1):302. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010302>
20. Way K, Sabag A, Sultana R, Baker M, Keating S, et al. The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiovascular health outcomes in type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Int J Cardiol.* 2020;(320):148-54. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.06.019>
21. Thompson W. Worldwide survey of fitness trends for 2020. *ACSMs Health Fit J.* 2019;23(6), 10-8. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000526>
22. Wewege M, van Den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews.* 2017;18(6):635-46. <https://doi.org/10.1111/obr.12532>
23. McHorney C, Ware J, Rachel L, Cathy D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36): III. Tests of Data Quality, Scaling Assumptions, and Reliability across Diverse Patient Groups. *Medical Care.* 1994;32(1):40-66.
24. Adamakis M. Physical activity, sleep and weight management in the COVID-19 era: a case report. *Journal of Physical Education And Sport.* 2021;21(1):60-5. doi: 10.7752/jpes.2021.01008
25. Amira M, Esraa M, Alaaeldin A, Mostafa E, Ahmed A. Bee honey and exercise for improving physical performance, reducing fatigue, and promoting an active lifestyle during COVID-19. *Sports Med Health Sci.* 2021;9(3):177-80.
26. Luis L, Moacir M, Hiago L, Rhai A, João G, et al. Multicomponent exercise program for improvement of functional capacity and lipidic profile of older women with high cholesterol and high triglycerides. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(20):10731. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010731>
27. Linan M, Pinto R, Charneca S, Vasques J, Lemos M, et al. Body composition, lipid profile and mediterranean diet adherence in cardiovascular disease patients attending a long-term exercise-based cardiac rehabilitation program during COVID-19 pandemic. *Eur J Prev Cardiol.* 2021;28(1). <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwab061.187>
28. Wayne W, William E, Kenneth E, William L, Kathleen F, et al. 2018 Physical activity guidelines advisory committee. High-intensity interval training for cardiometabolic disease Prevention. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(6):1220-6. doi: 10.1249/MSS.0000000000001934
29. Kalvandi F, Azizbeigi R, Azizbeigi K. Lipid profile and C-reactive protein changes to elastic-band resistance training in young healthy men. *Comp Exerc Physiol.* 2021;17(5):485-91.
30. Kim J, Lee M. Systematic literature review and meta-analysis on the effect of exercise intervention programs on blood lipids in obese adolescents in Korea according to sex. *J Korean Soc Sch Health.* 2021;34(2):87-97.
31. Simonnet A, Chetboun M, Poissy J, Raverdy V, Noulette J, et al. High prevalence of obesity in severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) requiring invasive mechanical ventilation. *Obesity.* 2020;28(7):1195-9. doi: 10.1002/oby.22831
32. Intensive Care National Audit & Research Centre. American College of Sports Medicine [ACSM] (2017). ACSM's Exercise Testing and Prescription. New York, NY: Lippincott. ICNARC 2020. <http://www.icnarc.org> (accessed May 27, 2020).
33. Mao Z, Xiaobing W, Hui G, Yinguang F, Zichen S, et al. The cytokine profiles and immune response are increased in COVID-19 patients

- with type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes Res.* 2021;9526701. <https://doi.org/10.1155/2021/9526701>
34. Wan Z, Shandong Y, Wei W, Sumei L, Qinggang H. Clinical features of COVID-19 patients with diabetes and secondary hyperglycemia. *J Diabetes Res.* 2020;3918723. <https://doi.org/10.1155/2020/3918723>
35. Meizi W, Julien S, Wenjing Q, Siqin S, Gusztáv F, et al. A preventive role of exercise across the coronavirus 2 (SARS-CoV-2) pandemic. *Front Physiol.* 2020;11:572718. doi: 10.3389/fphys.2020.572718
36. Reza R. Aerobic versus resistance training: leptin and metabolic parameters improvement in type 2 diabetes obese men. *Res Q Exerc Sport.* 2021;(8). <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1875111>
37. Won J, Kyun H, Min K, Jin H, Gi B, et al. Effect of underlying comorbidities on the infection and severity of covid-19 in Korea: a nationwide case-control study. *J Korean Med Sci.* 2020;35:1-15.
38. Safiya R, Jamie S, Mangala N, Thomas M, Karina W. Northwell COVID-19 research consortium. presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the new york city area. *JAMA.* 2020;323(20):2052-9. doi:10.1001/jama.2020.6775
39. Beste O, Neslihan D. Effect of telerehabilitation applied during COVID-19 isolation period on physical fitness and quality of life in overweight and obese individuals. *Int J Obes.* 2021. <https://doi.org/10.1038/s41366-021-00965-5>
40. Lesser I, Nienhuis C. The impact of COVID-19 on physical activity behavior and well-being of Canadians. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11):3899.
41. Mikel M, Jon I, Begoña S, Ana R. Effect of the COVID-19 pandemic on the physical and psycho affective health of older adults in a physical exercise program. *Exp Gerontol.* 2021;155:111580.
42. Izaro E, Susana M, Iratxe D, Ana R, Iraia B. Effects of COVID-19 lockdown on physical activity and health-related quality of life in older adults who regularly exercise. *Sustainability.* 2021;13(7):3771. <https://doi.org/10.3390/su13073771>
43. Ricardo A, Alex C, Roque A, Edilamar M, Úrsula P, et al. Physical exercise effects on the brain during COVID-19 pandemic: links between mental and cardiovascular health. *Neurol. Sci.* 2021;42:1325-34.
44. Jeong K. Effects of tabata exercise on stress index and self-efficacy in white-collar women workers with obesity. *Korean Society of Sports Science.* 2020;30(1):1111-20.