



고강도 인터벌 트레이닝이 여자 중학생의 혈중지질, 스트레스 및 작업기억력에 미치는 영향

이혜윤(세종미래고등학교, 교사)·안민지*(한국교원대학교, 연구원)

국문초록

이 연구는 12주간의 고강도 인터벌 트레이닝이 여자 중학생의 혈중지질, 스트레스 및 작업기억력에 어떠한 영향을 미치는지를 규명함으로써, 최근 떠오르고 있는 고강도 인터벌 트레이닝이 학교 현장에서 혈중지질, 스트레스 및 작업기억력 향상 프로그램으로 활용되는데 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두었다. 이 연구의 목적을 달성하기 위해 S특별자치시 소재 G중학교 여자 중학생을 대상으로 운동집단 15명과 통제집단 15명을 무선 할당하여 실험을 진행하였다. 고강도 인터벌 트레이닝의 프로그램은 주 3회, 점심시간에 실시하였으며, 운동 시작 0주, 6주, 12주에 각각 혈중지질, 스트레스, 작업기억력을 측정하였다. 측정된 자료는 SPSS 20.0 프로그램을 이용하여 연구 목적에 맞게 통계 처리 하였다. 운동집단과 통제집단의 운동 전·중·후 차이를 알아보기 위하여 반복측정이원변량분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 유의한 차이가 나타날 경우 집단 간 유의성 검증을 위해 각 시기별 Bonferroni Correction을 실시하였다. 이 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다. 첫째, 12주간 HIIT 후 혈중지질의 변인인 TC, TG, HDL-C 3가지 항목 모두 집단×시기의 상호작용효과가 나타났으며, TC는 집단과 시기에서도 각각 유의한 차이가 나타났고 TG와 HDL-C는 시기에 유의한 차이가 나타났다. 둘째, 12주간 HIIT 후 누적 스트레스의 변화에서 집단×시기의 상호작용효과가 나타났으며, 시기에서도 유의한 차이가 나타났다. 셋째, 12주간 HIIT 후 작업기억력의 변화에서 집단×시기의 상호작용효과는 나타나지 않았으며, 시기에 유의한 차이가 나타났다.

한글주요어 : 고강도 인터벌 트레이닝, 여자 중학생, 혈중지질, 스트레스, 작업기억력

* 안민지, 한국교원대학교, E-mail : mingdi1112@daum.net

I. 서론

2019년 발표한 The American College of Sports Medicine(ACSM)의 자료에 따르면 2015~2019년 사이 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT; High Intensity Interval Training)의 관심이 급증하였으며, 최신 유행하는 운동 트렌드로 선정되었다(김은숙 등, 2022). 이러한 선호 양상은 HIIT가 가지는 짧은 운동시간이라는 특징으로 인해 바쁜 현대인들에게 적합한 운동으로 여겨지기 때문이다. HIIT는 저강도 운동과 고강도 운동을 반복적으로 수행하는 운동으로 심박출량, 혈관 탄성, 동맥경화도, 유산소 운동 능력의 개선에 효과적이다(유진상, 한길수, 김소희, 2018). 또한, 대사증후군 요인인 수축기 혈압, 총 콜레스테롤(TC; Total Cholesterol), 저밀도 지질 단백질(LDL/LDL-C; Low-Density Lipoprotein), 고밀도 지질 단백질(HDL/HDL-C; High-Density Lipoprotein)을 긍정적으로 변화시킴으로써(박수연, 2018) 혈중 대사 능력의 개선으로 비만을 예방할 수 있고 동맥경화와 관련된 질병을 예방하는데 효과적이다.

다양한 변화를 겪는 과정에서 정신적 스트레스를 겪을 위험이 높은 청소년기에 적절하고 규칙적인 신체활동은 건강한 라이프 스타일을 위한 대표적인 개선 전략으로 제안되어 왔다(이규일, 2021). 그러나 전체 생애주기별 신체활동 참여율 중 10대 청소년의 참여율이 가장 낮은 수치(47.9%)로 보고되고 있으며, 여학생의 경우 남학생에 비해 신체활동 실천율이 1.5~3배 낮게 나타나 청소년기 여학생들의 신체활

동 부족과 관련한 문제 해결이 시급한 실정이다(질병관리청, 2023).

청소년기 스트레스와 관련하여 최근 통계를 살펴보면 중·고등학생 10명 중 4명은 평상시 스트레스를 느끼고, 3명은 최근 1년 내 우울감을 경험하였고 응답하였다(통계청, 2020). 스트레스는 정신적, 육체적 균형과 안정을 깨트리려는 자극에 저항하는 반응으로 적절한 수준의 스트레스는 개인의 목표성취를 위한 동기부여를 기대할 수 있지만, 과도한 스트레스는 생산력과 효율성을 저하시키고 개인의 심신에 부정적인 결과를 초래하여 여러 성인 질환의 발병률을 증가시킨다(김은혜 & 이현영, 2013, 조재혁, 2019).

이러한 청소년기 스트레스의 가장 큰 원인으로는 '성적·진로에 대한 부담(36.1%)', '학업(25.9%)', '외모(10.2%)' 순으로 조사되었으며, 이와 관련하여 작업기억의 향상은 학업성취 능력의 향상으로 이어져 청소년기의 학업 스트레스를 감소시킬 수 있음이 보고되고 있다(강익원, 조원제, 2015). 신체활동은 뇌의 구조와 기능 개선에 긍정적인 영향을 미치는데, 선행 연구를 살펴보면 운동은 작업기억력에 긍정적인 영향을 미치며 작업기억력은 학업성취 능력과 밀접한 관련이 있다(조원제, 전용균, 2013). 청소년기의 체육활동은 신경 세포 생성을 자극하여 신경 세포의 활성화와 가소성을 증가시키는데, 이는 작업기억력에 영향을 미친다(전용균, 이지영, 2013).

이렇듯 청소년기 운동 중재는 성인 비만 이환율 예방을 통한 만성질환 발생을 감소시키고(Garneau et al., 2020, Weihrach-Blucher, Schwarz, Klusmann, 2019), 스트레스 관리를 통하여 학업성

취력 향상에도 기여한다. 특히 다양한 운동형태 중 HIIT는 학생들에게 있어 신체활동에 대한 흥미를 유발하여 장기적인 운동 순응도를 높이고(Malik et al., 2018), 중강도 지속훈련(Moderate-intensity Continuous Training, MICT)에 비해 신체조성 및 기타 건강 매개변수를 개선하는 데 있어 시간효율적인 장점이 있는 것으로 보고(Chuensiri, Suksom, & Tanaka, 2018)되고 있다.

이렇듯 HIIT의 경우 짧은 시간 동안 건강상의 이점을 최대한 이끌어내는 효과적인 방법이란 연구 결과와 인식 덕분에 그 관심은 계속해서 증가하고 있으며 관련 연구들도 늘어나고 있지만 아직까지도 고강도 인터벌 트레이닝에 대한 정보를 제공하는 문헌은 부족한 실정이다. 또한 비만과 성인, 동물 그리고 엘리트 선수들에 초점이 맞춰진 연구들이 있지만, 청소년을 대상으로 한 HIIT 연구는 현저히 부족한 실정이며, HIIT 운동이 가지는 이점을 고려한다면 과도한 학습 시간으로 인해 스트레스를 받으며, 신체활동 시간이 부족한 성장기 청소년들을 대상으로 학교 기반 HIIT 활용에 대한 연구가 필요하다고 여겨진다.

따라서 이 연구에서는 중학교 여학생을 대상으로 12주간의 고강도 인터벌트레이닝을 진행하여 HIIT가 혈중지질, 스트레스, 작업기억력이라는 다차원적 건강 지표를 통합적으로 분석함으로써 HIIT의 효율성을 검증하여 짧은 시간 효과적으로 청소년들의 학업 스트레스를 낮춰주고 부족한 신체활동을 해소하는데 도움이 되는 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 S특별자치시 소재 G중학교 1, 2, 3학년 여자 중학생을 대상으로 건강 설문지와 문진을 통해 과거 병력이 없고 현재 특별한 질환이 없으며 최근 3개월간 규칙적인 운동 프로그램에 참여하지 않은 여학생 30명을 선별하여, 운동 집단(고강도 인터벌 트레이닝 운동 실시집단) 15명, 통제 집단 15명으로 무선 할당하여 실험을 진행하였다. 연구가 시작되기 전 연구 목적과 절차에 대하여 설명하고, 이를 이해하고 자발적으로 참여하고자 하는 학생으로부터 검사 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 대상자가 미성년인 특성을 고려해 가정통신문을 통한 학부모 동의를 얻었다. 이 연구는 한국교원대학교 생명윤리 위원회의 승인(승인번호: KNUE-2020-H-00124)을 받아 진행하였다. 연구 참여자의 신체적 특성은 <표 1>에 제시된 바와 같다.

2. 측정항목 및 도구

이 연구에서 사용된 측정항목 및 도구는 <표 2>에 제시된 바와 같다.

표 1. 연구 참여자의 일반적 특성 (M±SD)

집단	인원 (명)	연령 (yr)	신장(cm)	체중(kg)	BMI
운동 집단	15	14.33	158.92 ±3.76	50.99 ±9.28	20.11 ±3.07
통제 집단	15	14.67	159.30 ±4.75	53.07 ±7.84	20.90 ±2.97

표 2. 측정항목 및 도구

영역	측정항목	측정도구
혈중지질	TC(총콜레스테롤), TG(중성지방), HDL-C(고밀도 지질단백질)	Qucare Multi Meter(DFI)
스트레스	누적 스트레스	uBioMacpa
작업 기역력	숫자 바로 따라 외우기, 숫자 거꾸로 따라 외우기	K-WISC-III

3. 고강도 인터벌 프로그램

1) 운동강도

이 연구에서는 Karvonen 공식을 이용하여 학생들의 목표심박수를 계산하였다. 대상이 여자 중학생임을 고려하여 고강도 버피 테스트는 여유 심박수(HRR; Heart rate reserve)의 80% 이상 강도로 목표 심박수를 설정하였으며, 20초씩 진행된 3회의 버피테스트 종료 직후 바로 심박수를 측정하여 확인하였다. 저항도 저속 걷기는 여유 심박수의 40% 이하

표 3. 고강도 인터벌 트레이닝 프로그램

기간	운동시간	운동내용	운동강도	
총 12주	5분	준비운동	HRR의 40~50%	
	주 3회	2분	저강도 저속 걷기	고강도 버피테스트
		20초	고강도 버피테스트	HRR의 80% 이상
		2분	저강도 저속 걷기	
	10분	20초	고강도 버피테스트	저강도 저속 걷기
		2분	저강도 저속 걷기	HRR의
20초		고강도 버피테스트	40% 이하	
5분	정리운동	HRR의 40% 이하		

강도로 목표심박수를 설정하였으며, 강도 안을 원으로 돌며 진행하였고 저항도 걷기 종료 전 15초를 활용하여 심박수를 확인하였다. 모든 심박수의 측정에 반영하기 위하여 실험 전 각각의 목표심박수에 따른 운동자각도를 확인한 후 그에 최대한 맞추어 진행하도록 사전 안내 및 독려하였으며, 저항도 및 고강도 동작 종료 시 매회 심박수를 확인하였다.

2) 운동빈도 및 시간

고강도 인터벌 트레이닝 프로그램은 운동 시간 20분, 주 3회로 총 12주간 진행하였다.

3) 프로그램 구성

본 연구의 운동 프로그램 구성을 위하여 고강도 인터벌 트레이닝을 적용한 선행연구(신세영, 신용민, 김종식, 2024, 고민균, 2020)를 참고하여 본 연구의 참여자 및 상황에 맞게 수정 보완하여 진행하였다. 고강도라는 운동유형의 특성 상 어지러움이나 구토 등의 위험 발생 가능성과 심박수에 따른 운동자각도의 확인을 위하여 사전에 참여자들에게 예비수행을 실시한 후 프로그램 구성에 반영하였다.

4) 자료 처리 및 분석

이 연구에서 얻어진 자료는 SPSS 21.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 운동 집단과 통계 집단의 운동 전·중·후 차이를 알아보기 위해 반복측정 변량분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 유의한 차이가 나타날 경우, 집단 간 유의성 검증을 위해 각 시기별 Bonferroni correction을 실시하였고, 집단 내 유의성 검증을 위해 반복측정 대응별

비교를 살펴보았다.

이 때, Bonferroni correction의 유의도 수준 $\alpha = .017(.05/3)$ 을 제외한 모든 통계적 유의도 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 집단 간의 동질성 검증

동질성 검증 결과 모든 변인에서 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으므로 변인들의 동질성이 검증되었다고 할 수 있다.

2. 혈중지질의 변화

1) TC의 변화

혈중지질 변인 중 TC의 반복측정이원변량분석 결

표 4. 실험 전 변인들의 동질성 검증 (M±SD)

변인	집단		t	Sig.	
	운동집단 (n=15)	통제집단 (n=15)			
TC (mg/dL)	134.47 ±22.22	136.13 ±17.27	-.229	.820	
혈중 지질	TG (mg/dL)	269.67 ±74.12	236.80 ±52.70	1.400	.173
	HDL-C (mg/dL)	49.80 ±10.22	42.67 ±12.20	1.736	.094
누적 스트레스	33.80 ±7.07	33.60 ±5.29	.088	.931	
작업 기억력	19.07 ±2.66	19.00 ±5.30	-.044	.966	

과 상호작용효과($p < .01$)가 나타났으며, 시기($p < .05$)와 집단($p < .05$)에서 모두 유의한 차이가 나타났다. 사후검증 결과, 시기별 집단 간 차이는 12주에서 운동집단이 유의하게 낮은($p < .017$) 것으로 나타났으며, 운동집단에서 0주와 12주 사이 유의한 차이($p < .01$)가 나타났다.

2) TG의 변화

혈중지질 변인 중 TG의 반복측정이원변량분석 결과 상호작용효과($p < .01$)가 나타났으며, 시기에서 유의한 차이($p < .001$)가 나타났다. 사후검증 결과, 시기별 집단 간 차이는 12주에서 운동집단이 유의하게 낮은($p < .017$) 것으로 나타났으며, 운동집단에서 0주와 12주($p < .01$), 6주와 12주($p < .01$) 사이 유의한 차이가 나타났다.

3) HDL-C의 변화

혈중지질 변인 중 HDL-C의 반복측정이원변량분석 결과 상호작용효과($p < .01$)가 나타났으며, 시기에서 유의한 차이($p < .01$)가 나타났다. 사후검증 결과, 시기별 집단 간 차이는 나타나지 않았으며, 운동집단에서 0주와 6주($p < .01$), 6주와 12주($p < .01$) 사이 유의한 차이가 나타났다.

2. 스트레스의 변화

누적 스트레스 변인의 반복측정이원변량분석 결과 상호작용효과($p < .05$)가 나타났으며, 시기에서 유의한 차이($p < .05$)가 나타났다. 사후검증 결과, 시기별 집단 간 차이는 12주에서 운동집단이 유의하게 낮은($p < .017$) 것으로 나타났으며, 운동집단에서 0주와

표 5. 혈중지질 변인의 반복측정이원변량분석 결과

(M±SD)

변인	집단	0주	6주	12주		F	Sig.
TC (mg/dL)	EG	134.47±22.22 ^a	122.27±26.29 ^{ab}	117.00±19.39 ^{b, #}	G	4.244	.049*
					T	3.757	.029*
	CG	136.13±17.27	142.13±20.03	136.67±18.34	G*T	5.590	.006**
TG (mg/dL)	EG	269.67±74.12 ^a	236.47±50.87 ^a	169.73±33.19 ^{b, #}	G	.004	.970
					T	9.813	.000***
	CG	236.80±52.70	209.60±39.52	228.07±47.12	G*T	8.614	.001**
HDL-C (mg/dL)	EG	49.80±10.22 ^a	38.27±9.94 ^b	44.07±11.27 ^a	G	.149	.702
					T	6.385	.003**
	CG	42.67±12.20	42.80±11.78	42.53±10.40	G*T	6.689	.002**

*** p<.001, ** p<.01, * p<.05: Indicates a significant difference based on the results of a two-way repeated measures ANOVA.

a, b, c: Differences between time points (pre- and post-comparison). The same superscript indicates no significant difference(p>.05).

#: Differences between groups. Indicates significant differences between groups at the same time point (p<.017).

표 6. 누적 스트레스 변인의 반복측정이원변량분석 결과

(M±SD)

변인	집단	0주	6주	12주		F	Sig.
누적 스트레스	EG	33.80±7.07 ^a	31.07±10.83 ^{ab}	24.33±7.09 ^{b, #}	G	3.394	.076
					T	4.370	.017*
	CG	33.60±5.29	33.87±8.12	33.13±7.97	G*T	3.430	.039*

*** p<.001, ** p<.01, * p<.05: Indicates a significant difference based on the results of a two-way repeated measures ANOVA.

a, b, c: Differences between time points (pre- and post-comparison). The same superscript indicates no significant difference(p>.05).

#: Differences between groups. Indicates significant differences between groups at the same time point (p<.017).

표 7. 작업기억력 변인의 반복측정이원변량분석 결과

(M±SD)

변인	집단	0주	6주	12주		F	Sig.
작업 기억력	EG	19.07±2.66 ^a	19.47±3.16 ^{ab}	21.73±3.79 ^b	G	.003	.960
					T	10.284	.000***
	CG	19.00±5.30 ^a	20.20±4.26 ^{ab}	21.27±4.33 ^b	G*T	.606	.549

*** p<.001: Indicates a significant difference based on the results of a two-way repeated measures ANOVA.

a, b, c: Differences between time points (pre- and post-comparison). The same superscript indicates no significant difference(p>.05).

12주 사이 유의한 차이($p < .01$)가 나타났다.

3. 작업기억력의 변화

작업기억력 변인의 반복측정이원변량분석 결과는 상호작용효과는 나타나지 않았으며, 시기에서 유의한 차이($p < .001$)가 나타났다. 사후검증 결과, 시기별 집단 간 차이는 나타나지 않았으며, 운동집단에서 0주와 12주($p < .01$), 통제집단에서 0주와 12주($p < .01$) 사이 유의한 차이가 나타났다.

IV. 논 의

1. 혈중지질의 변화

HIIT 선행 연구들을 보면 고강도 인터벌 트레이닝은 중강도 유산소 트레이닝에서 얻을 수 있는 이점들에 상회하는 효과를 얻을 수 있으며, 무엇보다 기존 훈련에 비해 단기간에 이루어져 효율성을 확보할 수 있다는 이점을 가졌다고 보고되었다(고민균, 2020). 또한, HIIT는 신체구성을 개선하기 위한 시간 효율적인 전략으로 복부 및 내장 지방량을 줄이는데 효과가 있으며(Maillard, Pereira & Boisseau, 2018), 체중과 상관없이 모든 어린이와 청소년을 대상으로 HIIT의 효과를 살펴본 메타연구(Eddolls et al., 2017)에서도 혈압 및 혈당, 혈중지질 등 심혈관질환 바이오마커들이 유의하게 개선되었다고 보고되고 있다.

본 연구에서도 측정된 혈중지질 변인 중 TC, TG에서 운동집단과 통제집단 사이에 통계적으로 유의

한 차이가 나타났으며, 2가지 항목 모두 운동집단 내 시기에 따른 유의한 개선 결과를 보였다. HDL-C의 경우 운동집단에서 6주차에 유의하게 감소하였다가 12주에 회복하는 결과가 나타났다.

전술한 선행연구들과 비교하였을 때 본 연구에서 중재된 회당 운동시간은 짧았지만, 총 중재한 운동기간은 12주로 선행연구들의 3주, 4주, 8주 등의 기간보다 장기적이었기 때문에 혈중지질의 개선이라는 일치된 결과가 도출된 것으로 유추한다. 혈중지질 개선을 위한 운동 중재 시 운동시간이 길수록, 운동강도가 높을수록 혈중지질 관련 변인들에 긍정적인 변화가 나타났다는 연구(김범준, 박원범, 이만균, 2022)는 이러한 결과를 뒷받침한다.

이와 관련하여 보편적으로 고강도 인터벌 운동의 경우 많은 고강도 운동 bout를 중재하기 때문에 적용 대상자에 따른 부상의 위험과 운동중단이 초래될 수 있음을 고려해볼 때 low-volume 고강도 인터벌 운동의 효과에 대한 연구들(Burgomaster et al., 2013; Matsuo et al., 2014)도 함께 검토해 볼 필요성이 있다. 본 연구에서도 참여자가 최근 규칙적인 신체활동을 하지 않은 여중생이며, 학교 현장에서 정규수업시간이 아닌 자투리 시간을 활용하였기 때문에 HIIT의 효과를 살펴본 다른 연구들(김기진, 2020)에 비해 3bout 총 20분으로 짧게 구성하였으나 혈중지질의 개선 효과가 나타난 결과는 12주라는 전체 운동기간과 중재된 운동강도가 혈중지질의 2가지 항목에서 유의한 개선을 유도하기에 적절하였다고 볼 수 있다. 이는 김은숙 등(2022)의 연구에서 3bout 총 18분의 low-volume 고강도 인터벌 운동을 적용하여 혈중지질의 일부 구성요인에 개선 효과

가 나타났다는 결과와 맥을 같이 한다.

본 연구에서 HDL-C 수치가 중재 초기 6주차에서 유의하게 감소하였다가 12주에 다시 회복한 결과는 짧은 시간 고강도를 요구하는 HIIT의 특성과 연구 참여자의 특성, 즉 최근 규칙적인 신체활동을 하지 않은 여중생이라는 점을 고려할 때 운동 초기 단계의 일시적 대사 스트레스와 신체 적응 과정의 일부로 사료된다. 이에 대하여 신체활동 자체가 혈중지질 개선 효과는 있으나 상대적으로 장기적이고 강도가 높은 신체활동이 혈중 지질 개선 효과가 더욱 클 가능성이 제안되고 있다(Mosteoru, Gaiță, L. & Gaiță, D., 2023). Suchánek 등(2021)의 연구에서도 다른 지질 변인과 달리 HDL-C의 경우 신체활동 중재 초기 2주에 유의미한 감소를 보였으며 이후 천천히 기준값으로 돌아갔으나 10주 간 중재에도 기준치에 도달하지 못하였음을 보고하면서 HDL-C의 신체활동 효과를 확인하기 위해서는 보다 오랜 기간 중재가 필요함을 제안하였다. 이를 본 연구의 12주 중재와 함께 살펴 보았을 때 신체활동에 대한 혈중지질의 충분한 효과를 확인하기 위해서는 12주 이상의 장기간 중재가 필요할 것으로 판단된다.

이와 더불어 학교 현장의 특성 상 제한된 시간, 제한된 공간에서 제한된 신체활동 프로그램을 제공 하되 신체적·생리적으로 다양한 학생들의 개별성을 한번에 모두 고려해야 한다는 점을 생각해볼 때, 고강도 인터벌 트레이닝의 시간적 효율성이라는 장점을 최대한 살리면서 학교 현장에 맞는 프로토콜 정립에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 스트레스의 변화

본 연구에서는 측정된 맥파로부터 심박 변이를 추출하여 신체에 누적된 스트레스를 분석하였다. 심박 변이도는 자율신경계 활동 평가와 스트레스 분석에 응용되고, 스트레스 저항도와 지수, 피로도를 측정하는데 활용된다(김진웅, 신항식, 2020; 이은경 등, 2018).

본 연구에서 누적 스트레스는 운동집단과 통제집단 사이에 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 특히 통제집단의 누적 스트레스 수치가 12주간 비슷한 값을 유지하는 반면, 운동집단의 누적 스트레스 수치는 기간이 지남에 따라 지속적으로 감소하여 0주와 12주 간에 유의한 차이가 나타난 것은 HIIT에 참여하는 기간이 길어질수록 스트레스의 감소가 유지될 수 있음을 의미한다.

Huang 등(2019)의 연구에 의하면 HIIT의 중재는 참여자들의 좌심실 질량을 증가시켰으며, 초기 이완기 전파 속도를 증가시켰다고 보고하였다. 이는 심근의 수축력을 향상시킴으로써 운동에 따른 중요한 순환 적응 중 하나인 맥박을 긍정적으로 개선한 것에서 기인한 것으로 보았는데, 이를 미루어 볼 때 본 연구에서도 12주간의 HIIT 중재는 누적 스트레스를 구성하는 변인인 맥박에 긍정적인 영향을 주어 스트레스 개선 효과를 보인 것으로 사료된다.

본 연구에서 HIIT 중재에 따른 누적 스트레스의 지속적 감소 결과는 운동의 지속성과도 연관지어 살펴볼 수 있는데, 모든 종속변인을 통틀어 신체활동 혹은 운동이 가시적인 효과를 나타내기 위해서는 '지속성'이 전제되어야 하며 신체활동의 지속성을 유지

하기 위해서는 신체활동의 동기가 다시 전제 조건이 된다(배명훈, 2022). 특히 청소년기는 급격한 신체 변화와 사회성의 발달로 스스로의 외적인 요소에 많은 영향을 받지만 여중생의 경우 사춘기의 심리적 불안정으로 인하여 신체활동을 포함한 건강증진 행위를 유지하는 것이 어렵다(류정림, 백수미, 2021).

전통적인 운동처방의 접근 방식에서 신체활동 순응을 위한 권고사항은 중강도 지속 운동(moderate-intensity continuous exercise; MICE)을 장기간 유지하는 것이다(Decker, & Ekkekakis, 2017). 그러나 10대 청소년들의 신체활동 참여 중단(84.0%) 및 신체활동 비참여(67.0%) 이유를 살펴보면 '시간 부족'이 압도적으로 많은 비율을 차지하고 있으며, HIIT는 이러한 시간적 측면에서의 효율적인 방법으로 제시되고 있는 대표적인 운동방법이다(Vella, Taylor, & Drummer, 2017).

비활동적인 여성을 대상으로 고강도 인터벌 운동과 중강도 지속적 운동을 각각 중재하였을 때, 1회성 중재에서는 중강도 지속적 운동에 대해서는 긍정적 반응이, 고강도 인터벌 운동에서는 부정적 반응이 평가되었으나, 3회 중재 후에는 중강도 지속적 운동에 대해서는 부정적 반응이, 고강도 인터벌 운동에서는 긍정적 반응이 평가되어, HIIT 특성이 운동수행 시 지루함과 같은 부정적 요인을 상대적으로 낮추고 있음을 보고하였다(최재일, 2019).

이와 같은 연구결과와 더불어 신체활동이 serotonin, dopamine과 같은 신경전달물질을 증가시켜 보상 심리 및 고양된 기분을 느끼게 하고 운동지속에 대한 조절에도 영향을 준다고 보고한 여러 선행 연구들(Coqueiro et al., 2018, Heijnen, Hommel,

Kibele, & Colzato, 2016)로 미루어 보았을 때, 본 연구에서 12주 동안의 HIIT 중재는 여중생들의 운동지속을 유도시킬 수 있었으며, 정서적·감정적 측면에 긍정적인 영향을 주어 결과적으로 누적 스트레스를 감소시킨 것으로 유추해 볼 수 있다.

3. 작업기억력의 변화

작업기억은 '암산'과 같은 대표적인 예는 물론이고 추론, 언어이해, 공간적 정보처리, 계획 등의 여러 인지 과정에 폭넓게 관여하며, 주의를 통제하고 정보를 처리하는 주요 인지적 기제로서 언어 처리 과정에 가장 관련이 깊은 요소는 작업기억력이다(Parong et al., 2022). 본 연구에서는 연구 참여 학생들의 작업기억력을 측정하기 위해 웨슬러 아동용 지능검사 3판(K-WISC-III)의 소검사 중 숫자 외우기 검사를 사용하였다. 검사 결과 운동집단과 통제집단의 집단, 집단×시기의 상호작용효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 시기에 따른 작업기억력의 유의한 차이가 나타났다.

작업기억력에 대한 운동의 긍정적인 효과를 다룬 선행 연구들에서는 교육과 건강은 모두 사회의 미래 복지를 결정하기 때문에 공공 정책의 중요한 주제로 현재 여러 연구에서 신체 활동이 어린이의 뇌 건강에 도움이 된다는 사실을 인정하고 있다(Solis-Urra et al., 2019). Tottori 등(2019)에 의하면 HIIT를 시행한 그룹에서 작업기억력과 같은 핵심 실행 기능에 긍정적인 변화가 나타났다. 그리고 Mekari 등(2020)은 HIIT는 stroop 작업의 실행 구성 요소의 전체 반응 시간을 개선한다고 보고하였고, Drigny 등(2014) 역시 단기 및 언어 기억과 주의력 및 처리 속도를 포

합하는 인지기능이 HIIT 이후 크게 향상되었다고 보고하였다.

그러나 운동이 인지기능 향상에 도움을 주지 못하는 선행연구도 있다. Nicolini 등(2019)의 연구에서는 6주간 18회의 HIIT를 좌업성 건강한 젊은 남성에게 시행하였으나 BDNF의 용량에는 변화가 없었다고 보고하였다. 또한, Venckunas 등(2016)의 연구에서도 7주간 인터벌 러닝 트레이닝을 한 실험 그룹에서 단기 및 작업 기억력의 변화가 관찰되지 않았다고 보고 하였다.

본 연구에서 작업기억력 변인은 시기에서만 유의한 차이가 나타났고, 두 집단에서 모두 0주와 12주간 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이는 두 집단 학생들 모두 측정을 반복하며 동형 검사에 적응하여 점차 실력이 향상되었다는 것을 의미한다.

이 연구와 선행 연구의 결과를 비교해보면, 운동이 작업기억력 변화에 영향을 미치지 못한다는 선행 연구들의 결과와 일치한다. 그러나 통제집단의 경우 0주와 6주, 6주와 12주 간 증가량이 선형적으로 나타난 반면, 운동집단은 0주와 6주에 비하여 6주와 12주 사이에 급격히 증가하여 두 집단간 교차점이 나타났다. 이는 운동기간 12주 내 유의한 차이는 나타나지 않았지만 12주 이후 두 집단의 차이가 커질 수 있다는 가능성을 시사한다.

V. 결 론

본 연구는 여자 중학생을 대상으로 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT)을 12주간 실시하였다. 운동 전(0주)·중(6주)·후(12주) 3차례에 걸쳐 혈중지질(TC, TG, HDL-C), 스트레스, 작업기억력을 측정하여 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 12주간 HIIT 후 혈중지질의 변인인 TC, TG, HDL-C 3가지 항목 모두 집단×시기의 상호작용효과가 나타났으며, TC는 집단과 시기에서도 각각 유의한 차이가 나타났고 TG와 HDL-C는 시기에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 12주간 HIIT 후 누적 스트레스의 변화에서 집단×시기의 상호작용효과가 나타났으며, 시기에서도 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 12주간 HIIT 후 작업기억력의 변화에서 집단×시기의 상호작용효과는 나타나지 않았으며, 시기에서 유의한 차이가 나타났다.

이상의 연구 결과를 종합하면 12주간의 고강도 인터벌 트레이닝은 여자 중학생의 혈중지질의 향상, 스트레스 감소, 작업기억력의 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 고강도 인터벌 트레이닝이 학교 현장에서 학생들의 혈중지질, 스트레스 및 작업기억력 향상을 위한 효과적인 운동 프로그램으로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

참고문헌

- 강익원, 조원제(2015). 고강도 유산소 운동에 따른 청소년의 최대산소섭취량 성장 관련 호르몬 세로토닌과 작업기억의 관련성. **한국체육과학회지**, **24**(1), 1051-1063.
- 고민균(2020). 인터벌 트레이닝과 유산소운동이 젊은 비만 남자의 체성분과 체력에 미치는 효과. **한국컴퓨터정보학회논문지**, **25**(11), 187-193.
- 김기진(2020). 건강증진을 위한 고강도 인터벌 트레이닝의 과학적 분석. **코칭능력개발지**, **22**(2), 90-99.
- 김범준, 박원범, 이만균(2022). 10 주간의 타바타 운동이 비만 여성의 신체구성, 체력 및 생활습관병 지표에 미치는 영향. **한국체육학회지**, **61**(2), 65-78.
- 김은숙, 김도현, 김다애, 김지웅, 최재영(2022). 8주간의 low-volume 고강도 인터벌 운동이 비만 성인 남성의 leptin, 혈중지질 및 안정시대사량에 미치는 영향. **한국체육학회지**, **61**(5), 135-147.
- 김은혜, 이현영(2013). 직장 여성들의 운동 실천 수준에 따른 직무 스트레스 및 사회 심리적 건강. **운동학 학술지**, **15**(3), 49-59.
- 김진웅, 신항식(2020). 운동 후 회복 조건에서 초단기 심박변이도 활용 가능성 연구. **전기학회논문지**, **69**(1), 114-119.
- 류정립, 백수미(2021). 여중생의 신체이미지와 건강증진행위와의 관계 : 건강자기효능감과 활동역량의 매개효과를 중심으로. **한국학교지역보건교육학회지**, **22**(4), 11-24.
- 박수연(2018). 8주간의 고강도 간헐적 운동이 중년 여성의 건강 체력과 대사증후군 인자에 미치는 영향. **한국엘니스학회지**, **13**(3), 539-547.
- 배명훈(2022). 초등학생의 체육활동 참여 동기, 신체활동 지속 및 회복탄력성의 구조적 관계. **한국체육학회지**, **61**(2), 271-284.
- 신세영, 신용민, 김종식(2024). 좌업생활 여성의 고강도 인터벌 트레이닝이 신체조성, 젖산 그리고 무산소성 체력에 미치는 영향. **한국스포츠학회지**, **22**(3), 411-422.
- 유진상, 한길수, 김소희(2018). 8주간 운동 형태의 차이가 대학생의 신체 구성에 미치는 영향. **한국스포츠학회지**, **16**(2), 515-524.
- 이규일(2021). 코로나 19 시대 청소년 신체활동의 필요성과 학교체육의 역할과 과제. **한국스포츠교육학회지**, **28**(1), 175-198.
- 이은경, 정세희, 김민경, 백유림, 기은솔, 유하은, 전소영, 정현철(2018). 유발된 스트레스 상황에서 당분이 스트레스 지수, 저항도, 피로도, 혈압 및 맥박에 미치는 영향. **예술인문사회융합멀티미디어논문지**, **8**(2), 815-824.
- 이현주(2012). 미혼모의 스트레스-대처-적응 모형 검증 및 아기 장래 결정에 따른 집단 간 비교 연구

- 구. 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
- 전용균, 이지영(2013). 유산소 운동 강도에 따른 청소년의 신경 세포 생성과 작업기억 능력에 미치는 영향. **한국웰니스학회지**, 8(3), 239-247.
- 조원제, 전용균(2013). 유산소 운동이 중학생의 뇌 신경 가소성 관련 인자와 작업기억력에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 52(3), 463-473.
- 조재혁(2019). 운동과 스트레스 호르몬. **한국스포츠학회지**, 17(3), 529-538.
- 질병관리청(2023). **2023 국민생활체육조사**.
- 최재일(2019). 비활동성 여성의 고강도 인터벌 운동과, 중강도 지속적 운동이 감정적 반응과 신경 전달물질에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 58(4), 447-459.
- 통계청(2020). 2020 청소년 통계. <https://eiec.kdi.re.kr/policy/materialView.do?num=199976&topic>
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol*, 2012(63), 1-29.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2013). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(1), 151-160.
- Chuensiri, N., Suksom, D., & Tanaka, H. (2018). Effects of high-intensity intermittent training on vascular function in obese preadolescent boys. *Child Obes*, 14(1), 41-49.
- Coqueiro, A., Raizel, R., Bonvini, A., Hypólito, T., Godois, A., Pereira, J., & Tirapegui, J. (2018). Effects of glutamine and alanine supplementation on central fatigue markers in rats submitted to resistance training. *Nutrients*, 10(2), 119.
- Decker, E. S., & Ekkekakis, P. (2017). More efficient, perhaps, but at what price? Pleasure and enjoyment responses to highintensity interval exercise in low-active women with obesity. *Psychology of Sport and Exercise*, 28, 1-10.
- Drigny, J., Gremeaux, V., Dupuy, O., Gayda, M., Bherer, L., Juneau, M., & Nigam, A. (2014). Effect of interval training on cognitive functioning and cerebral oxygenation in obese patients: a pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46(10), 1050-1054.
- Garneau, L., Parsons, S. A., Smith, S. R., Mulvihill, E. E., Sparks, L. M., & Aguer, C. (2020). Plasma myokine concentrations after acute exercise in non-obese and obese sedentary women. *Frontiers in Physiology*, 11, 18.
- Heijnen, S., Hommel, B., Kibele, A., & Colzato,

- L. S. (2016). Neuromodulation of aerobic exercise—a review. *Frontiers in Psychology*, 6, 1890.
- Huang, Y. C., Tsai, H. H., Fu, T. C., Hsu, C. C., & Wang, J. S. (2019). High-Intensity Interval Training Improves Left Ventricular Contractile Function. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(7), 1420-1428.
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(1), 118-125.
- Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 269-288.
- Malik, A. A., Williams, C. A., Weston, K. L., & Barker, A. R. (2018). Perceptual responses to high- and moderate-intensity interval exercise in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 50(5), 1021-1030.
- Matsuo, T. (2015). Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac mass. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 46(1), 1.
- Mekari, S., Earle, M., Martins, R., Drisdelle, S., Killen, M., Bouffard-Levasseur, V., & Dupuy, O. (2020). Effect of High Intensity Interval Training Compared to Continuous Training on Cognitive Performance in Young Healthy Adults: A Pilot Study. *Brain Sciences*, 10(2), 81.
- Mosteoru, S., Gaiță, L., & Gaiță, D. (2023). Sport as Medicine for Dyslipidemia (and Other Risk Factors). *Curr Atheroscler Rep*, 25(9), 613-617.
- Nicolini, C., Toepp, S., Harasym, D., Michalski, B., Fahnstock, M., Gibala, M. J., & Nelson, A. J. (2019). No changes in corticospinal excitability, biochemical markers, and working memory after six weeks of high-intensity interval training in sedentary males. *Physiological Reports*, 7(11), e14140.
- Parong, J., Seitz, A. R., Jaeggi, S. M., & Green, C. S. (2022). Expectation effects in working memory training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(37), e2209308119.
- Solis-Urra, P., Olivares-Arancibia, J., Suarez-Cadenas, E., Sanchez-Martinez, J., ... Cristi-Montero, C. (2019). Study protocol and rationale of the “Cogni-action

- project” a cross-sectional and randomized controlled trial about physical activity, brain health, cognition, and educational achievement in schoolchildren. *BMC pediatrics*, 19(1), 260.
- Suchánek, P., Lánská, V., Stávek, P., & Hubáček, J. A. (2021). Short-term trajectories of exercise-induced plasma lipid changes in overweight females, with a focus on HDL-cholesterol. *Adv Clin Exp Med*, 30(3), 239-243.
- Tottori, N., Morita, N., Ueta, K., & Fujita, S. (2019). Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4127.
- Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. (2017). High-intensity interval and moderate intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *European Journal of Sport Science*, 17(9), 1203-1211.
- Venckunas, T., Snieckus, A., Trinkunas, E., Baranauskiene, N., Solianik, R., Juodsnukis, A., Streckis, V., & Kamandulis, S. (2016). Interval Running Training Improves Cognitive Flexibility and Aerobic Power of Young Healthy Adults. *Journal of strength and conditioning research*, 30(8), 2114-2121.
- Weihrauch-Blüher, S., Schwarz, P., & Klusmann, J. H. (2019). Childhood obesity: increased risk for cardiometabolic disease and cancer in adulthood. *Metab Clin Exp*, 92, 147-152.
- Eddolls, W. T. B., McNarry, M. A., Stratton, G., Winn, C. O. N., & Mackintosh, K. A. (2017). High-Intensity Interval Training Interventions in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sports Med*, 47(11), 2363-2374.

Effects of High Intensity Interval Training(HIIT) on Blood Lipids, Stress and Working Memory in Middle School Female Students

Hye-Yun Lee(Sejong Mirae High School, teacher) ·
Min-Ji An(Korea National University of Education, researcher)

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify how the 12-week HIIT would effect middle school girls' blood lipids, stress, and working memory. In order to accomplish the purpose of this study was subjected to middle school girls from G Middle School located in S City and random allocation of 15 girls of the exercise group and 15 girls of the control group. The HIIT program was conducted in the assembly 3 times a week at lunchtime. Each blood lipids, stress, and working memory was measured in before exercise, after 6 weeks and after 12 weeks of exercise(pre-mid-post). The data obtained from this study were analyzed using the SPSS 21.0 statistical program and two-way repeated ANOVA was used. When a significant differences appeared, Bonferroni Correction was conducted for each period to verify the significance between groups. The results acquired from this study are as follows; First, among blood lipid variables, there was a statistically significant difference in TC and TG between the exercise group and the control group, and all three items of TC, TG, and HDL-C showed significant improvement over time within the exercise group. Second, there was a statistically significant difference in cumulative stress between the exercise group and the control group, and the cumulative stress level of the exercise group continuously decreased over time, showing a significant difference between weeks 0 and 12. Third, there was no statistically significant difference in working memory variables between the exercise group and the control group, and both groups showed a significant increase between weeks 0 and 12.

Key words: High intensity interval training, Middle school girls, Blood lipids, Stress, Working memory

논문 접수일 : 2024. 10. 30

논문 승인일 : 2024. 12. 18

논문 게재일 : 2024. 12. 31