Effects of 60% VO_2R Intensity Equicaloric Intermittent and Continuous Exercise on EPOC and Fat Oxidation

Sung-Sik Ko^{1*}, Keun-Ok An^{1*}, Sang-Hyoun Lee^{1**}

¹Korea National University of Transportation, Chungju, Korea

ABSTRACT

Received: May 2, 2018

Accepted: June 30, 2018

Published online: July 31, 2018

Keywords:

Continuous exercise
Energy expenditure
Excess post-exercise oxygen consumption
Fat oxidation
Intermittent exercise

ORCID

Keun-Ok An

<http://orcid.org/0000-0001-6792-3617>

OBJECTIVES The purpose of this study was to compare excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) and energy expenditure during (30min) and following (60min) exercise for a 30min continuous bouts of treadmill exercise at 60% VO_2R compared to three 10min bouts of intermittent treadmill exercise at the same intensity.

METHODS Seventeen fit college-aged males ($n=7$) and females ($n=10$) volunteered to participate. Treadmill exercise bouts were separated by 48h and performed in a randomized counter-balanced order. The 30min continuous bout of exercise included a 60min recovery and each of the three 10min bouts included 20min of recovery.

RESULTS During the rest and exercise, oxygen uptake (VO_2) and exercise expenditure (EE) were not significant difference between the intermittent and continuous trails. But during the recovery, VO_2 and EE were significantly higher intermittent than continuous trails in male and female ($p<.001$, $p<.001$), respectively. During the 30min exercise, VO_2 and EE were not significant difference between the intermittent and continuous trails. However, during the 60min recovery, VO_2 and EE were significantly higher intermittent than continuous trails in male and female ($p<.001$, $p<.001$), respectively. Total VO_2 and EE were significantly higher intermittent than continuous trails in male and female ($p<.001$, $p<.029$), respectively. Finally, during the 30min exercise, fat oxidation rate was significantly higher intermittent than continuous trails. However, during the 60min recovery, fat oxidation rate was significantly higher continuous than intermittent trails in male and female ($p<.001$, $p<.001$), respectively.

CONCLUSIONS These results suggest that the moderate intensity intermittent exercise can contribute to greater EPOC and exercise-induced energy expenditure compared with a equicaloric continuous exercise.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

운동의 효과를 객관적으로 파악하기 위해서는 운동강도나 운동량의 조건뿐만 아니라 운동중과 운동후 회복기를 포함시켜 규명하는 것이 중요하다[1]. 운동후 초과산소소비량(excess post-exercise oxygen consumption; EPOC)의

개념이 소개된 이래, 여러 선행연구에서는 운동강도가 높을수록, 운동시간이 길수록, 운동량이 많을수록, 저항운동 유형에서 EPOC가 높게 나타났다는 견해를 제시하였다[2-5]. 그러나 최근에는 운동강도나 운동방법이 달라도 총운동량이 같으면 운동의 효과가 비슷하다는 용량-반응관계(dose-response relationship) 이론에 근거하여[6] 동일한 운동량의 조건에서 운동방법에 따른 EPOC의 차이를 규명하고 있다. 왜냐 하면, EPOC는 운동에서 총에너지소비량에 영향을 미치게 되며, 지속적 및 간헐적인 운동방법에 따라 차이가 있을 가능성을 시사하므로 중요한 의미

*These two authors contributed equally to this work.

**Correspondence: Sang-Hyoun Lee, Korea National University of Transportation, 50 Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk 27469, Republic of Korea

E-mail: lshskh@naver.com

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가 있다.

동일한 운동량과 운동시간의 조건에서, 고강도의 간헐적(또는 인터벌) 운동은 중강도의 지속적인 운동보다 운동중의 산소소비량과 EPOC를 높인다고 하였다[7]. VO_2R 의 75% 강도에서 동일한 400kcal를 소비시킬 때, 간헐적인 운동조건에서 EPOC가 높았음을 보고하였다[8]. 반면, 동일한 운동량의 조건에서, 고강도의 간헐적 운동과 중강도의 지속적인 운동을 비교했을 때, EPOC의 차이는 없었으며 전체 에너지소비량에 미치는 영향도 매우 미미했다고 보고하였다[9]. 20대 남성을 대상으로 VO_{2max} 의 70% 강도에서 간헐적 및 지속적인 운동 후의 EPOC가 비슷하였고[10], 운동강도와 운동시간이 동일한 조건에서, 두 운동방법에 따른 에너지소비량은 차이를 보이지 않았다고 하였다[11]. 한편 동일한 운동량의 지속적 및 간헐적 운동에서 운동중과 운동후 회복기의 지방대사에 대한 상이한 보고도 있다. 중강도에서 두 운동방법 간의 운동중 지방대사가 비슷하였지만[12], 간헐적 운동에서 운동후 회복기 지방산화가 더 활성화되었다고 보고하였다[13].

이와 같이 동일한 칼로리소비량 조건에서 간헐적인 운동과 지속적인 운동에 따른 EPOC, 칼로리소비량 및 지방산화율은 아직까지 이견을 보이고 있고, 두 운동의 이점이 같은지에 대한 문제도 제기되고 있다. 더욱이 동일한 운동량의 조건에서 운동방법에 따른 EPOC를 비교한 몇몇 연구가 최근 시도되고 있지만, 동일한 운동량과 운동시간의 조건은 물론 동일한 운동강도의 조건을 포함한 운동방법에 따른 EPOC를 규명한 연구는 논문검색에서 거의 발견되지 않았다. 또한 이들 연구에서 EPOC, 에너지소비량 및 지방산화가 상이하게 보고되고 있는 요인은 회복기의 시간과 변인들의 측정시점의 차이에서 기인되는 것으로 보여 진다. 선행연구의 실례로 동일한 운동강도와 운동시간의 조건에서, 간헐적 운동의 경우 10분간 운동세션 후 15분간 회복기를 측정하고 곧바로 다음 세션의 운동을 실시하도록 하였으므로 회복시간이 짧아 후속되는 운동세션에 영향을 미쳤을 것으로 보인다[5].

본 연구는 이를 보완한 후속연구로서, 회복시간을 늘려 회복기에 안정시 수준으로 산소소비량이 낮아진 후에 다음 세션의 운동을 실시함으로써 운동량의 모든 조건이 가장 비슷한 상태에서 두 운동조건에 따른 EPOC의 차이를 비교하고자 하였다. 뿐만 아니라 최대지방연소 운동강도는 성별에 따라 유의한 차이를 보이며[14], 기본적으로 지방산화는 남자보다 여자에게 낮게 나타난다는 연구에

근거하여[15] 성별에 따른 측면도 포함시켜 보다 포괄적인 측면에서 규명하고자 하였다.

따라서 본 연구는 남녀 대학생을 대상으로 동일한 운동강도(60% VO_{2R}), 운동시간(30분) 및 회복시간(60분)의 조건에서 지속적 운동(30분×1회)회복(60분×1회)과 간헐적 운동(10분×3회)회복(20분×3회)의 두 운동방법에 따른 운동중과 운동후 회복기의 산소소비량, 에너지소비량 및 지방산화에 미치는 차이를 규명하는데 목적을 두었다.

연구 방법

연구대상

본 연구에서는 연구대상자 선정을 위해 G-power 3.1.3 프로그램을 이용하였으며, effect size=.25, α =.05, power=.95, 반복측정 간의 상관관계(r =.80) 조건에서 16명이 요구되었다. 따라서 K 대학교의 체육전공자를 대상으로 실험의 목적, 검사의 내용과 방법에 관한 자세한 내용을 공고를 통해 안내하였으며, 자발적으로 참여의사를 밝히고 참가동의서에 서명한 남학생 8명과 여학생 10명의 총 18명을 선정하였다. 그 중 남학생 1명은 실험과정 중에 포기하여 17명의 자료를 분석의 대상으로 삼았다. 이들은 의학적으로 이상이 없고 건강하였으며, 사전에 본 실험에 대한 운동검사의 내용과 방법 및 피험자 숙지사항을 충분히 이해하였다. 피험자들의 신체적 특성은 (Table 1)과 같다.

실험설계 및 절차

Table 1. Physical characteristic of subjects

	male	female
age (yr)	22.5±1.4	21.2±1.2
height (cm)	173.0±3.9	160.3±3.9
weight (kg)	67.2±4.8	55.0±6.2
BMI	22.4±1.3	21.4±1.9
body fat (%)	14.3±4.2	30.0±4.2
VO_{2max} (ml/kg/min)	55.0±6.6	42.8±3.1
VO_{2R} (ml/kg/min)	51.5±6.6	39.3±3.1
60% VO_{2R} (ml/kg/min)	30.9±3.9	23.5±2.8
treadmill speed (km/h)	7.1±0.3	5.8±0.3

Data were presented as mean±SD

모든 피험자들은 기초검사로써 신장과 체성분검사(InBody 4.0, Korea)를 실시하였다. 또한 사전검사로써 최대운동부하검사를 실시하여 VO_{2max} 와 VO_{2R} 을 측정하였고, 그 결과에 근거하여 60% VO_{2R} 의 강도에 해당하는 생리학적인 강도와 그에 부합되는 물리적인 강도(3% 경사도에서의 속도)를 결정하였고, 그 결과에 근거하여 60% VO_{2R} 의 강도에 해당하는 속도를 결정하였다(Table 1). 이후 48시간 이상 경과한 시점에서 간헐적 및 지속적인 트레드밀 운동조건에 무선적으로 교차 배치 되도록 설계하여 각각의 조건에서 운동을 수행하도록 하였다. 두 운동조건 간에는 48시간 이상 간격을 두어 운동을 실시하였고[16] 안정시, 운동중 및 운동후 회복기에 에너지 대사변인을 측정하여 10분 단위로 분석하였다.

모든 실험은 식후 2시간 이상 경과한 조건에서 실험실에 도착하도록 하였으며, 20-30분간 안정을 취한 후에 실시하였다. 피험자들은 실험 전날 24시간 이상 과도한 운동을 피하고 알코올 섭취를 제한하도록 하였으며, 충분한 수면을 취하도록 교육하였다. 실험실의 온도는 19-21°C로 유지시켰고 최대한 동일한 시간대에 측정이 실시되도록 진행하였다.

측정항목 및 방법

VO_{2max} VO_{2max} 은 Bruce 프로토콜로 트레드밀 최대운동부하검사 중에 자동가스분석기(quark series, USA)로 분석하였으며, 매회 피험자 측정 전에는 16% 혼합가스(High Cal. O₂ 16%, CO₂ 5%)와 가스용적측정기(3ℓ)를 이용하여 영점조절을 하였다. VO_{2max} 의 결정은 호흡교환율이 1.15 이상이거나, 운동강도가 증가함에도 불구하고 산소소비량이 고원을 이루거나, 심박수가 예측된 최대심박수의 90%이상 도달되었거나 혹은 피험자가 중지를 요구한 시점 중 두 가지 이상 만족했을 때의 VO_{2peak} 를 VO_{2max} 로 결정하였다.

대사변인 안정시의 산소소비량, 칼로리소비량 및 지방산화율은 20~30분간 앉은 자세에서 휴식을 취하는 중에 지속적 및 간헐적인 두 조건에서 운동을 실시하기 전에 각각 측정하였으며, 가장 낮게 측정된 10분간의 평균값으로 결정하였다. 이후 VO_{2R} 의 60% 강도에서 지속적이거나 혹은 간헐적인 운동중과 회복기의 대사변인을 각각 측정하였다. 운동강도는 대학생들의 최대지방연소 운동강도가 VO_{2R} 의 60% 정도라는 선행연구를 참고하여 결정하였다[5].

먼저 지속적인 운동조건에서는 VO_{2R} 의 60% 강도가 유지되도록 속도를 맞춘 다음 트레드밀에서 30분간 운동중과 운동직후부터 앉은 자세로 60분간 회복기 대사변인을 측정하였다. 간헐적인 운동에서는 지속적인 운동과 동일한 강도에서 10분간의 운동과 40분간 앉은 자세에서의 회복을 3회 반복하도록 하였다. 간헐적인 반복운동 시간은 선행연구에서 권장하고 있는 최소시간인 10분을 참고하였고[17], 회복시간을 40분으로 결정한 이유는 예비실험(pilot study)을 통해 산소소비량이 안정시 수준으로 낮아지는 시간에 근거하였으며, 그 이후에 새로운 10분간의 운동세션을 안정시 수준에서 시작하고자 하는 의도이었다. 따라서 간헐적 운동조건에서는 운동중 대사변인 30분(10분×3회)과 회복기 대사변인 60분(총 회복시간 40분 중 분석을 적용한 초기 20분×3회)을 분석함으로써 두 운동조건에서 운동강도는 물론 안정시(10분), 운동중(30분) 및 회복기(60분)까지 모두 동일한 조건에서 비교하였다(Figure 1).

자료처리

본 연구의 자료는 SPSS(Ver 20.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 먼저 Run 검증을 통해 표집의 무작위성과 Kolmogorow-Smirnov와 Shapiro-Wilk의 검증을 통해 정규성을 확인하였다. 성별(2)과 간헐적 및 지속적 운동조건(2)에 따른 안정시, 운동중 및 회복기의 산소소비량, 칼

rest (10 min)	exercise (30 min)		recovery (60 min)			
intermittent exercise (min)						
rest (10 min)	exercise (10 min)	recovery (40 min)# [20 min]*	exercise (10min)	recovery (40min)# [20 min]*	exercise (10 min)	recovery (40 min)# [20 min]*
# = recovery time, * = recovery measurement time						

Figure 1. Intermittent exercise

Table 2. Results of two-way ANOVA for VO₂, RER, Kcal, and fat oxidation rate (Mean±SD)

variables	source	exercise type			F	p	η ²	
		continuous	intermittent					
VO ₂	rest (ml/kg/min)	male	6.25±0.47	6.29±0.46	gender (G)	2.969	.105	.165
		female	5.98±0.31	5.89±0.35	type (T)	.058	.813	.004
				(G)×(T)	.372	.551	.024	
	exercise (ml/kg/min)	male	30.97±3.44	30.67±3.02	gender (G)	20.051	<.001	.572
		female	24.13±3.07	23.73±3.09	type (T)	3.213	.093	.176
				(G)×(T)	.066	.801	.004	
	recovery (ml/kg/min)	male	6.80±0.32	7.79±0.37	gender (G)	4.815	.044	.243
		female	6.23±0.74	6.87±0.83	type (T)	38.707	<.001	.721
				(G)×(T)	1.739	.207	.104	
	30min exercise ① (L/30min)	male	62.28±6.46	62.00±5.84	gender (G)	84.709	<.001	.850
		female	39.54±4.15	38.89±4.23	type (T)	2.907	.109	.162
				(G)×(T)	.009	.926	.001	
	60min recovery* ② (L/60min)	male	27.44±2.53	31.44±3.16	gender (G)	38.610	<.001	.720
		female	20.43±2.08	22.54±3.13	type (T)	48.449	<.001	.764
				(G)×(T)	4.644	.048	.236	
	total (①+②) (L/90min)	male	89.73±7.79	93.13±7.32	gender (G)	83.088	<.001	.847
		female	59.98±5.86	61.43±7.11	type (T)	15.337	.001	.506
				(G)×(T)	2.491	.135	.142	
Kcal	rest (Kcal/min)	male	2.03±0.28	2.01±0.21	gender (G)	15.034	.001	.501
		female	1.59±0.21	1.59±0.22	type (T)	.211	.653	.014
				(G)×(T)	.151	.703	.010	
	exercise (Kcal/min)	male	10.18±0.79	10.07±0.58	gender (G)	129.045	<.001	.896
		female	6.41±0.67	6.38±0.63	type (T)	2.610	.127	.148
				(G)×(T)	.903	.357	.057	
	recovery (Kcal/min)	male	2.25±0.19	2.55±0.27	gender (G)	48.735	<.001	.765
		female	1.62±0.16	1.82±0.22	type (T)	40.262	<.001	.729
				(G)×(T)	1.614	.223	.097	
	30min exercise ① (Kcal/30min)	male	305.61±23.74	301.14±17.49	gender (G)	129.045	<.001	.896
		female	192.51±20.21	191.61±19.47	type (T)	2.610	.127	.148
				(G)×(T)	.903	.357	.057	
	60min recovery ② (Kcal/60min)	male	135.17±11.78	153.00±16.24	gender (G)	48.735	<.001	.765
		female	97.56±10.62	109.44±13.34	type (T)	40.262	<.001	.729
				(G)×(T)	1.614	.223	.097	
	total (①+②)	male	440.78±29.74	455.14±30.45	gender (G)	114.801	<.001	.884
		female	290.07±27.69	301.05±29.99	type (T)	22.497	<.001	.600
				(G)×(T)	.399	.537	.026	
FOR#	rest	male	57.91±11.54	56.90±16.27	gender (G)	3.042	.102	.169
		female	48.31±13.02	45.92±14.69	type (T)	.326	.577	.021
				(G)×(T)	.053	.821	.004	
	exercise ①	male	33.17±10.93	41.61±12.91	gender (G)	.040	.844	.003
		female	35.76±11.87	41.00±10.69	type (T)	15.364	.001	.506
				(G)×(T)	.842	.373	.053	
	recovery ②	male	41.60±13.37	30.25±11.44	gender (G)	2.554	.131	.146
		female	45.95±10.95	35.43±12.66	type (T)	53.526	<.001	.781
				(G)×(T)	.022	.732	.008	
	total (①+②)	male	37.38±10.09	35.93±11.64	gender (G)	1.050	.322	.065
		female	40.85±10.49	38.22±10.91	type (T)	4.098	.061	.215
				(G)×(T)	.160	.695	.011	

* EPOC(including resting VO₂)

fat oxidation rate

로리소비량 및 지방산화율은 혼합설계 two-way ANOVA로 검증하였고, 효과의 크기를 제시하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 결정하였다.

결과

(Table 2)는 성별과 운동방법에 따른 안정시, 운동중 및 회복기에 측정된 산소소비량, 칼로리소비량 및 지방대사율을 검증한 결과이다. 먼저 산소소비량에서, 안정시의 산소소비량은 성별과 운동방법 모두 통계적인 차이를 보이지 않았다. 운동중의 분당산소소비량과 30분간의 산소소비량은 남학생이 여학생들보다 유의하게 높았지만($p<.001$) 운동방법과 두 요인의 상호작용효과는 통계적인 유의성이 없었다. 회복기의 분당산소소비량과 60분간의 산소소비량(EPOC)은 남학생이 여학생보다 각각 유의하게 높았으며($p=.044$, $p<.001$), 남녀 모두 간헐적 운동이 지속적 운동보다 통계적으로 유의하게 높았다($p<.001$, $p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다. 운동중과 회복기를 포함한 90분간의 총산소소비량은 남학생이 여학생보다 유의하게 높았으며($p<.001$), 남녀 모두 간헐적 운동이 지속적 운동보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다.

칼로리소비량의 경우, 안정시의 칼로리소비량은 남학생이 여학생보다 유의하게 높았지만($p<.001$), 운동방법과 상호작용효과는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 운동중의 분당칼로리소비량과 30분간의 칼로리소비량은 남학생이 여학생들보다 유의하게 높았지만($p<.001$) 운동방법과 두 요인의 상호작용효과는 통계적인 유의성이 없었다. 회복기의 칼로리소비량과 60분간의 칼로리소비량은 남학생이 여학생보다 각각 유의하게 높았으며($p<.001$, $p<.001$), 남녀 모두 간헐적 운동이 지속적 운동보다 통계적으로 유의하게 높았다($p<.001$, $p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다. 운동중과 회복기를 포함한 90분간의 칼로리소비량은 남학생이 여학생보다 유의하게 높았으며($p<.001$), 남녀 모두 간헐적 운동이 지속적 운동보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다.

다음으로 지방산화율에서, 안정시의 칼로리소비량은 성별과 운동방법 모두 통계적인 차이를 보이지 않았다. 운동중 30분간의 지방산화율은 성별간에 차이를 보이지 않았으나 남녀 모두 간헐적 운동이 지속적 운동보다 통계

적으로 유의하게 높았다($p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다. 회복기 60분간의 지방산화율은 성별간에 차이를 보이지 않았으나 남녀 모두 지속적 운동이 간헐적 운동보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<.001$). 상호작용효과는 유의성이 없었다. 운동중과 회복기를 포함한 90분간의 지방산화율은 성별과 운동방법 상호작용효과 모두 통계적으로 유의차를 보이지 않았다.

논의

본 연구는 동일한 운동강도와 운동시간의 조건에서 간헐적인 운동과 지속적인 운동에 따른 운동중과 운동후 회복기의 산소소비량, 칼로리소비량 및 지방산화율의 차이를 규명하고자 하였다. 먼저 안정시를 제외한 운동중과 회복기의 산소소비량은 남학생이 여학생보다 모두 높게 나타나 선행연구와 일치된 결과를 보였으며[10], 이는 성별의 차이에서 기인되는 당연한 결과로 보여 진다. 반면 간헐적 및 지속적인 조건에서 운동중의 분당산소소비량과 30분간의 총산소소비량은 남녀 모두 두 조건에서 비슷하였다. 선행연구에서 동일한 운동량 조건에서 남녀 모두 두 운동방법 간에 산소소비량이 차이가 없었고[18], 동일한 운동량과 운동시간의 조건에서 지속적인 운동이 간헐적인 운동보다 약간 높은 경향을 보였지만 유의한 차이는 아니었음을 밝힌 바 있다[12]. 본 연구도 이들 연구와 비슷하였으며, 전체 운동시간이 같다면 지속적 및 간헐적 운동중의 에너지대사의 유사성은 연령, 성별, 체력수준에 걸쳐 일관된 경향을 보인다는 견해에 동의되었다[12].

한편, 본 연구에서 운동후 회복기의 분당산소소비량과 60분간의 총산소소비량(EPOC)은 간헐적 운동이 지속적 운동보다 남녀 각각 14.5%와 10.3% 높게 나타나 간헐적 운동에서 EPOC가 높았다는 연구 결과와 비슷하였다[19, 20]. 그에 반해 20대 남성을 대상으로 동일한 강도에서 30분간 지속적 운동과 15분씩 2회의 운동후 회복기 40분간 측정된 EPOC가 비슷하다고 하여 본 연구 결과와 상이하였다[21]. 이러한 차이는 간헐적 운동후 회복기의 측정방법이 달랐기 때문으로 설명된다. 즉, EPOC는 운동직후 회복기 10분까지는 지속적 운동보다 간헐적 운동후에 높게 나타나게 되는데[22], 다른 연구에서는 간헐적 운동 조건에서 15분간 2회의 운동세션을 모두 마친 다음에 회복기 40분간 EPOC를 측정하였다[21]. 그러나 본 연구에서는 간헐적 운동조건에서 3회의 운동세션마다 각 운동

세션 회복직후부터 20분까지 3회의 회복기를 합산하여 산출하였다. 따라서 간헐적 운동조건에서는 운동직후 10분까지의 EPOC가 높은 국면이 3회 포함되었으므로 지속적인 운동조건보다 높게 나타난 것으로 볼 수 있다. 동일한 운동량과 운동시간의 조건에서 간헐적 운동이 지속적인 운동보다 EPOC가 높다고 함으로서 본 연구를 지지하였고[7], 또한 본 연구의 결과에 비추어 본다면, 운동중과 회복기를 포함한 90분간의 총산소소비량이 남녀 모두 간헐적 운동조건에서 높게 나타난 것은 운동중보다는 운동후 회복기의 산소소비량(EPOC)의 차이에서 기인되는 것으로 해석된다.

본 연구에서 안정시와 운동중 및 회복기의 칼로리소비량은 남학생이 여학생보다 모두 높았는데, 이는 EPOC의 결과와 같은 맥락에서 이해된다[9]. 반면 간헐적 및 지속적인 운동중의 분당칼로리소비량과 30분간의 총칼로리소비량은 남녀 모두 두 조건에서 비슷하였다. 중년 여성을 대상으로 30분간 지속적인 걷기와 10분간 3회의 간헐적인 걷기를 비교했을 때 지속운동이 간헐적인 운동보다 유의성은 없었지만 약간 높은 경향을 보였다[23]. 체력수준이 높은 남자 대학생들을 대상으로 VO_{2max} 의 70% 강도에서 운동시간을 동일하게 설계하였을 경우 두 운동조건 간에 에너지소비량은 차이가 없었다고 하였다[11]. 본 연구의 결과도 지속적인 운동이 간헐적인 운동보다 약간 높게 나타는 추세를 보였지만 유의한 차이는 아니었다. 이는 현재까지 총 운동시간이 같다면 지속적인 운동과 간헐적인 운동조건 간에 에너지소비량이 거의 비슷하다는 견해에 동의된다[11].

반면, 운동후 회복기의 분당칼로리소비량과 60분간의 총칼로리소비량은 20분씩 3회 측정된 간헐적 운동조건이 지속적 운동조건보다 남녀 각각 15Kcal와 11Kcal 정도 높게 나타나 간헐적 운동에서 칼로리소비량이 높았다는 연구와 맥을 같이 하였다[4,20]. 그러나 다른 선행연구에서는 운동강도와 운동시간이 동일한 두 운동조건에서 회복기의 에너지소비량이 차이가 없었음을 보고하였다[11]. 이는 본 연구와 상이한 결과이며, 이러한 차이가 피험자의 특성 등에 따른 변화인지는 향후 반복연구를 통해 확인할 필요가 있다고 보여진다. 그럼에도 불구하고 여러 선행연구와 본 연구의 결과에 근거한다면, 간헐적 운동방법은 운동후 회복기 동안의 에너지소비량을 증가시킨다는 견해에 동의되며[7], 지속적 운동방법보다 총칼로리소비량을 높인다는 주장이 설득력이 있다고 보여진다[20].

따라서 본 연구의 결과로 미루어 볼 때, 동일한 운동강도와 운동시간의 조건에서 운동중과 회복기를 포함한 90분간의 총에너지소비량은 EPOC의 변화 양상과 동일한 기전으로, 간헐적 운동방법이 지속적 운동방법보다 에너지소비량을 높이는 이점이 있다고 보여지며, 또한 보다 장기적인 측면에서 본다면 간헐적인 운동이 갖는 이점이 더 커질 것으로 예측된다[24]. 본 연구에서 안정시의 지방산화율(FOR)은 성별과 운동조건 간에 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 지방산화는 남자가 여자보다 높게 나타난다고 하였는데[15], 이는 본 연구의 결과와 상이한 결과이다. 그렇지만 이러한 차이는 운동이 포함된 24시간 동안의 지방대사에 대한 규명을 통해 밝혀야 할 것으로 보여진다. 반면 운동중의 지방산화율은 남녀 모두 간헐적 운동조건에서 높았고, 회복기에는 운동중과 반대로 지속적 운동조건에서 높게 나타났다. 또한 60% VO_{2max} 강도에서 30분간 1회 지속적 운동과 10분간 3회 운동, 10분간 휴식 2회의 간헐적 운동을 비교한 결과 운동중(30분)과 회복기(180분) 모두 간헐적 운동에서 지방대사가 높았다고 하였다[25]. 반면에 60% VO_{2R} 의 동일한 강도에서 운동중(30분)의 지방산화율은 간헐적 운동이 지속적 운동보다 높은 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었고, 회복기(60분)에는 간헐적 운동보다 지속적 운동에서 높았음을 보고하였다[5]. 지속적 및 간헐적 운동에서 운동중의 지방대사가 비슷하였다고 하였다[12]. 본 연구에서는 운동중의 경우 간헐적 운동에서, 회복기에는 지속적 운동에서 지방산화율이 높게 나타나 운동중과 회복기의 지방산화율은 선행연구들 간에 또한 본 연구의 결과와도 상이한 부분이 있었다. 이는 운동중 지방산화율에 대한 전체 변량 중 피험자의 트레이닝 상태, 식이조건, 성별, 지방체중 등을 모두 고려하더라도 34% 정도만 설명되며, 운동에 따른 개인간 지방대사의 변이성이 상당 수준으로 존재하고 있다는 견해에 동의된다[26]. 따라서 동일한 강도에서 운동방법에 따른 지방대사는 후속연구를 통해 보다 명확하게 밝힐 필요성을 시사하였다.

반면에 회복기의 지방산화율은 지속적 운동에서 높게 나타나 선행 연구와 맥을 같이 하고 있으나[27], 운동후 회복기 지방대사율이 간헐적인 운동에서 높았다는 연구와는 상반된 결과를 보였다[25]. 이러한 본 연구와 선행연구와의 차이는 주로 회복기의 측정방법과 밀접한 관련이 있다고 보여진다[28]. 즉, 간헐적 운동조건에서 10분씩 2회의 휴식시간이 자료분석에서 제외되었고 마지막 운동세

선 이후부터 회복기를 측정하였음을 발견하였다[25]. 본 연구에서는 지속적 운동조건의 경우 운동후 회복기 60분간 전체 평균 지방산화율을 산출하였지만, 간헐적 조건에서는 각 운동세션 직후 회복기 20분간 3회를 합산(60분)한 평균이므로, 운동직후부터 10($\pm$ 5)분간 지방산화율이 매우 낮은 3회 시기의 측정치가 모두 반영되었다. 따라서 회복기 지속적 조건에서 지방산화율이 낮게 나타난 것은, 역설적이지만, 당연한 결과라고 볼 수 있다. 선행연구에서 회복기 20분까지는 지방산화율이 낮게 유지되다가 20분 이후부터 높아진다고 하였는데[5,12,29], 이들 연구는 본 연구결과를 지지하는 것으로 판단된다. 따라서 에너지 공헌도의 측면에서 본다면, 남녀 모두 운동중(30분)과 회복기(60분)를 포함한 총지방산화율은 남녀 모두 지속적 및 간헐적 운동조건에서 비슷한 것으로 보여 진다.

결론

결론 도출을 위한 이연구의 결과를 요약하면, 안정시와 운동중의 산소소비량과 칼로리소비량은 간헐적 및 지속적인 두 운동방법 간에 차이가 없었지만 회복기에는 남녀 모두 간헐적 운동에서 높았고, 운동중과 회복기를 합한 총산소소비량과 총에너지소비량도 남녀 모두 간헐적 운동에서 유의하게 높았다($p<.001$, $p<.029$). 지방산화율은 성별에 따라 차이를 보이지 않았으며, 운동중의 경우 간헐적 운동에서, 회복기에는 지속적 운동에서 남녀 모두 유의하게 낮았다($p=.001$, $p=.001$). 결론적으로, 60%VO_{2R}의 동일한 운동강도에서 간헐적인 운동방법은 동일한 운동시간과 운동량의 지속적인 운동방법보다 EPOC를 증가시켜 전체 칼로리소비량을 높이는데 효과적이었다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Alizadeh Z, Kordi R, Rostami M, Mansourmia MA, Hosseinzadeh, SMJ, Fallah J. Comparison between the effects of continuous and intermittent aerobic exercise on weight loss and body fat percentage in overweight and obese women: A randomized controlled trial. *Int J Prev Med*. 2013; 4(8):881-888.
2. Smith J, Mc Naughton L. The effects of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1993; 67(5):420-425.
3. Murphy MH, Blair SN, Murtagh EM. Accumulated versus continuous exercise for health benefit: a review of empirical studies. *Sports Med*. 2009; 39(1):29-43.
4. Greer BK, Sirithienthad P, Moffatt RJ, Marcello RT, Panton LB. EPOC comparison between isocaloric bouts of steady-state aerobic, intermittent aerobic, and resistance training. *Res Q Exerc Sport*. 2015; 86(2):190-195.
5. Ko SS. Effects of Exercise Intensity and Duration on Fat Oxidation Rate during Exercise and Recovery in College Students. *Kinesiology*. 2015; 17(1):29-38.
6. Iellamo F, Manzi V, Caminiti G, Vitale C, Castagna C, Massaro M, Franchini A, Rosano G, Volterrani, M. Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *Int J Cardiol*. 2013; 167(6):2561-2565.
7. Mitchell J. Intermittent interval walking's impact on during- and post-exercise oxygen consumption. The University of Alabama Institutional Repository. Theses and Dissertations-Department of kinesiology. <http://ir.ua.edu/handle/123456789/2973> (Accessed 2015)
8. Cunha FA, Mldgley AW, McNaughton LR, Farinatti PTV. Effect of continuous and intermittent bouts of isocaloric cycling and running exercise on excess postexercise oxygen consumption. *J Sci Med Sport*. 2016; 19:187-192.
9. Simmons RL. The effects of fitness level and sex on EPOC following high intensity interval and moderate intensity aerobic exercise. *Human Movement Sciences Theses & Dissertations*, Spring. 2016.
10. Peterson MJ, Palmer DR, Laubach LL. Comparison of caloric expenditure in intermittent and continuous walking bouts. *J Strength Cond Res*. 2004; 18(2):373-

- 376.
11. Darling JL, Linderman JK, Laubach LL. Energy expenditure of continuous and intermittent exercise in college-aged males. *J Exerc Physiol Online*. 2005; 8(4):1-8.
12. Gayda M, Normandin M, Meyer P, Juneau M, Nigam A. Comparison of carbohydrate and lipid oxidation during continuous and intermittent exercise in patients with chronic heart failure. *Can J Cardiol*. 2013; 29(8):990-992.
13. Goto K, Ishii N, Mizuno A, Takamatsu K. Enhancement of fat metabolism by repeated bouts of moderate endurance exercise. *J Appl Physiol*. 2007; 102(6):2158-2164.
14. Lee, YS, Lee SH. Comparison of the maximal Fat Oxidation Exercise Intensity by Fat Percent. *The Korean Society of Sports Science*. 2000; 9(1):521-528.
15. Blaak E. Gender differences in fat metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001; 4(6):499-502.
16. Collings N, Cusack R. A repeated measures, randomised cross-over trial, comparing the acute exercise response between passive and active sitting in critically ill patients. *BMC Anesthesiol*. 2015; 15:1.
17. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription(9th eds.). Lipponcott Williams and Wilkins. 2013, p174-177.
18. Karstoft K, Wallis GA, Pedersen BK, Solomon TPJ. The effects of interval- vs. continuous exercise on excess post-exercise oxygen consumption and substrate oxidation rates in subjects with type 2 diabete. *Metabolism*. 2016; 65(9):1316-1325.
19. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011; 2011:868305.
20. Tucker WJ, Angadi SS, Gaesser GA. Excess postexercise oxygen consumption after high-intensity and sprint interval exercise and continuous steady-state exercise. *J Strength Cond Res*. 2016; 30(11):3090-3097.
21. Almuzaini KS, Potteiger JA, Green SB. Effects of split exercise on EPOC and resting metabolic rate. *Can J Appl Physiol*. 1998; 23(5):433-443.
22. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*. 2001; 31(1):1-11.
23. Fulton JE, Masse LC, Tortolero SR. Field evaluation of energy expenditure from continuous and intermittent walking in women. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33:163-170.
24. Jakicic JM, Wing RR, Buter BA, Robertson RJ. Prescribing exercise in multiple short bouts versus one continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory fitness, and weight loss in overweight women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1995; 19(12):893-901.
25. Goto K, Tanaka K, Ishii N, Uchida S, Takamatsu K. A single versus multiple bouts of moderate-intensity exercise for fat metabolism. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2011; 31(3):215-220.
26. Achten VJ, Jeukendrup AF. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol*. 2005; 98:160-167.
27. Ko SS, Byeon JM. Effects of Moderate Intermittent Exercise and Continuous Exercise on Energy Metabolism during Exercise and Recovery. *Kinesiology*. 2014; 16(1):1-8.
28. Glave AP, Didier JJ, Oden GL, Wagner MC. Caloric expenditure estimation differences between an elliptical machine and indirect calorimetry. *Exerc Med*. 2018; 2:8
29. Lee YS. The Effects of Exercise Intensity and Feeding on Excessive Post-Exercise Oxygen Consumption. *The Korean Journal of Physical Education*, 1997; 36(1):266-275.