

# 점증운동부하 검사 동안 걷기와 달리기 형태별 국가대표 경보선수들의 심폐기능평가 비교

성봉주<sup>1</sup> PhD, 이민호<sup>2</sup> MS, 이광규<sup>3</sup> PhD

<sup>1</sup>한국스포츠정책과학원 스포츠과학실, <sup>2</sup>경기도육상연맹 경기부, <sup>3</sup>충청대학교 스포츠재활과

## Comparing Cardiopulmonary Functions of National Race Walkers by Walking and Running during Graded Exercise Testing

Bong-Ju Sung<sup>1</sup> PhD, Min-Ho Lee<sup>2</sup> MS, Kwang-Kyu Lee<sup>3</sup> PhD

<sup>1</sup>Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul; <sup>2</sup>Department of Sports Performance, Gyeonggido Association of Athletics Federations, Suwon; <sup>3</sup>Department of Sports Rehabilitation, Chungcheong University, Cheongju, Korea

**PURPOSE:** This study aimed to identify a sport-specific assessment for elite race-walking athletes by comparing physiological responses between walking and running graded exercise test (GXT) protocols.

**METHODS:** Six elite race-walking athletes completed both walking and running protocols in a randomized crossover design with 1 week interval between trials. Maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ), ventilation (VE), and heart rate (HR) were measured throughout and after each trial, and blood lactate levels were collected during the recovery period.

**RESULTS:** There were significant differences in  $VO_{2max}$ , VE, and HR values between the walking and running protocols ( $p < .001$ ). During the recovery period,  $VO_{2max}$ , VE, HR, and blood lactate levels were significantly different in each measurement ( $p < .001$ ); however, there was no difference between the walking and running protocols.

**CONCLUSIONS:** Based on these results, both the walking and running GXT protocols were inappropriate for assessing elite race-walking athletes. This study suggests that a supplement GXT protocol is required to specifically assess elite race-walking athletes.

**Key words:** Graded exercise test, Race walker, Physiological factor

## 서론

스포츠 현장에서는 훈련 프로그램 구성 및 선수들의 체력 변화를 관찰하기 위해 다양한 측정을 실시하고 있으며, 이는 종목 특성에 맞는 선수 구축 및 발굴에도 중요한 지표로 활용되고 있다[1,2]. 이러한 측정은 여러 형태로 이루어지고 있으며, 대표적으로 지속적인 운동 능력을 관찰하기 위한 심폐지구력[3,4], 근 길이 변화에 따른 장력을 평가하는 최대근력[5,6], 체내 지방 및 제지방의 양적 비율을 비교하는 체

구성기를 기초로 선수 선발 및 프로그램 구성이 이루어지고 있다. 이중 심폐지구력은 장시간·지속적인 중·고강도의 운동을 수행할 수 있는 능력을 평가하는 방법으로 사이클 또는 트레드밀을 이용한 운동부하 검사(Graded Exercise Test, GXT)가 실시되고 있다[8]. 점증운동부하 검사는 점증적 부하 방식을 통한 운동강도와 산소섭취량의 유동적 관련성을 입증하기 위한 방법으로 호기 시 발생하는 산소와 이산화탄소를 분석하여 피험자의 대사적 요인들의 변화를 관찰하기 위한 측정이 다[9]. Barnes & Kilding [10]은 운동부하검사가 선수들의 최대산소섭

**Corresponding author:** Kwang-Kyu Lee **Tel** +82-43-230-2403 **Fax** +82-43-230-2409 **E-mail** kwangkyu78@hanmail.net

**Keywords** 운동부하검사, 경보선수, 생리학적 변인

**Received** 11 May 2022 **Revised** 12 Jul 2022 **Accepted** 3 Aug 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.

**Table 1.** Subject characteristics

Variables	Age (yr)	Career (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	SMM (kg)	Fat (%)
Mean±SD	24.8±5.08	10.5±4.86	177.1±4.03	64.9±5.55	50.8±2.78	10.3±4.68

SMM, skeletal muscle mass.

취량( $VO_2max$ ), 환기역치 및 근육의 에너지 대사 능력에 대한 효율성을 확인하기 위한 방법으로 그 필요성을 제시하였으며, Maunder et al. [11]은 고강도 지구성 운동 중 지방 및 탄수화물 대사의 임계치 변화를 관찰하기 위한 방법으로 운동부하검사의 중요성을 거론하였다. 또한, 과호흡 및 센서의 오염으로 인하여 결과 값의 신뢰 검증이 어려운 경우 젓산을 검출·비교함으로써 높은 신뢰성을 확보할 수 있으며, 부수적으로 운동강도에 따른 심박수 변화를 관찰할 수 있어 엘리트 선수들의 체력 평가에 많이 활용되고 있다. 그러므로 선수 및 일반인을 대상으로 체력 평가 및 훈련 프로그램 평가 시 점증운동부하 검사는 타당성과 신뢰성이 검증된 측정임을 알 수 있다.

경보는 장거리 육상 종목으로 마라톤과 달리 양발이 교차로 지면과 접지되어 있는 상태에서 전진이 이루어져야 하며, 접지된 다리의 슬관절은 신전된 상태를 유지한 채 움직임이 이루어져야 높은 보행속도를 유지할 수 있는 종목이다[12,13]. 20-50 km의 거리를 빠른 걸음으로 완주해야 하는 만큼 유산소 대사를 통한 에너지 동원이 가장 중요하며, 경기 시 중도 탈락률이 34-51%에 이를 만큼 체력 소모가 많은 종목으로 경기력 향상 및 페이스 유지를 위해 선수들의 정확한 체력 측정 및 평가가 필요하다[12]. 또한 훈련 프로그램의 구성을 위해 종목 특성을 고려한 체력측정이 필요하지만[14,15], 국내에서는 경보와 관련된 연구는 매우 부족한 실정이며, 해외에서도 12 km/h 속도로 3시간 동안의 체력변화[16] 또는 호흡교환율의 단순 변화만을 관찰한 연구[17]이기에 종목 특성이 고려된 다양하고 정확한 측정이 이루어 졌다고 보기엔 어려움이 있다. 또한 심폐지구력을 검사하기 위한 방법으로 트레드밀 달리기 검사는 경보 종목에서 요구되는 역학적 구조와 상이한 차이가 존재하기 때문에 검사의 타당성 및 신뢰성 확보에 어려움이 있을 것으로 여겨진다[18,19]. 일반적으로 경보와 달리기와의 차이는 신체의 전방 이동 시 두 다리가 동시에 공중에 떠있는 순간이 존재할 때 달리기이며, 경보는 한 발을 축으로 신체가 움직여야 하므로 한쪽은 반드시 지면에 접지되어 있어야 한다. 현재까지 경보선수를 대상으로 이러한 제한점을 고려한 검증된 점증운동부하 검사 연구는 매우 부족한 실정이며, 현재 사용되고 있는 달리기 형태의 점증운동부하 검사 프로토콜이 경보선수의 체력 평가를 위한 방법으로 타당한지에 대한 연구 또한 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 현재 국내에서 국가대표 선수들을 대상으로 활용되고 있는 KISS 프로토콜을 달리기 및 걷기 형태로 측정하여 동일 선수의 생리학적 변화를 관찰하고 이를 비교·분석하여 종목 특성에 부합

하는 프로토콜 개발에 필요한 기초자료를 수집하는 데 그 목적이 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 국가대표 남자 경보 선수들로 구성되었다. 측정 전 모든 참가자들에게 연구 목적 및 절차에 대해 설명하였으며, 참여를 원하는 선수들에 한하여 참가동의서를 받았다. 총 참가인원은 6명이었으며, 선수들의 신체적 특징은 Table 1과 같다.

### 2. 연구절차

#### 1) 연구과정

본 연구는 국가대표 남자 경보선수 전체(n=6)를 대상으로 2가지 형태의 점증운동부하 검사를 적용한 후 나타나는 생리적 반응을 비교·관찰하였다. 선행연구에서는 단일집단으로 구성된 반복측정(repeated measures) 또는 교차(cross-over designs) 연구가 실험 및 대조군으로 구성된 연구설계보다 통계적 검증력이 높으며, 실험 참가자가 5명 이상일 때 90% 이상의 통계적 검증력이 있는 것으로 제시하였다[20]. 그러므로 본 연구에서는 처치에 따른 생리학적 변화를 관찰하기 위해 일정 간격을 두고 단일집단을 대상으로 운동부하검사를 진행하였다.

검사는 1주일 간격으로 총 2회에 걸쳐 진행되었으며, 사전 검사를 포함하면 총 2주 동안 진행되었다. 측정 하루 전 및 훈련은 오전만 실시하였으며, 일과 후 활동은 최소화 할 수 있도록 권고하였다. 선수촌에서 제공되는 정구식 이외에는 간식 및 보충제 섭취를 금지시켰으며, 빠른 속면을 유도할 수 있도록 컴퓨터 및 핸드폰 사용을 자제시켰다. 검사 전 참가자들에게 측정에 대한 주의사항을 전달하였으며, 준비운동으로 선수들에게 평소 개별적으로 실시하는 스트레칭과 가벼운 조깅을 10-15분 실시시켰다. 실험참여는 피험자 및 연구자가 처치를 임의적으로 선택할 수 없도록 무작위 교차방식(randomized cross-over design)을 통하여 정하였다. 연구절차는 Fig. 1과 같다.

#### 2) 연구방법 및 장비

본 연구에서는 처치에 따른 생리학적 변화를 관찰하기 위해 달리기와 걷기를 이용한 점증운동부하 검사를 실시하였다. 연구에 적용된 점증운동부하 검사 프로토콜은 KISS protocol을 이용하여 진행하였다. KISS protocol은 한국스포츠정책과학원에서 개발된 심폐체력 검사

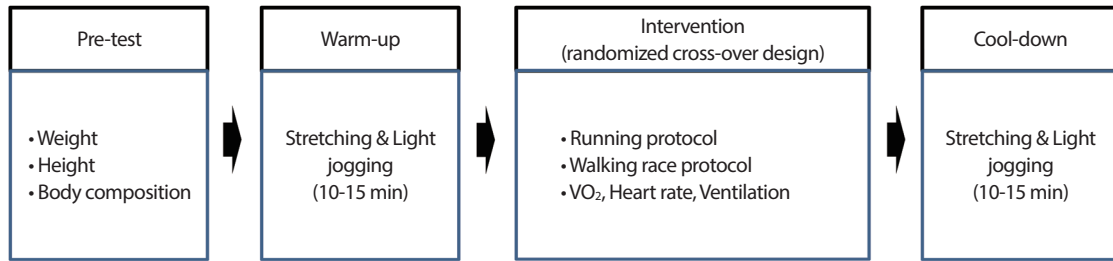


Fig. 1. Study process.

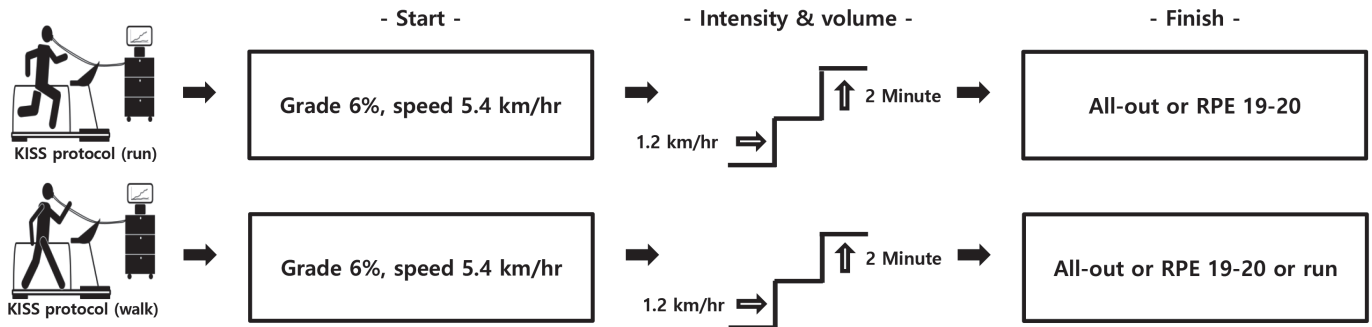


Fig. 2. Test process.

방법으로 경사도를 남자 6%, 여자 5%로 고정한 상태에서 5.4 km/hr의 속도로 시작하여 매 2분마다 1.2 km/hr의 속도를 증가시키게 된다[21]. 검사 중단 조건으로는 선수들이 더 이상 진행에 어려움(all-out)이 있거나 RPE가 19-20일 경우 중지하였다.

걷기 점증운동부하 검사 또한 달리기와 동일하게 KISS protocol을 적용하였다. 달리기 검사와 동일하게 경사와 속도를 설정하였으며, 검사 중단 조건으로 진행에 어려움(all-out), RPE가 19-20일 경우 또는 양발이 지면에서 떨어졌을 때 중지시켰다. 측정 중 양발이 지면에서 떨어졌는지에 대한 평가는 현재 활동 중인 경보 지도자 2명과 실험진행을 총괄한 연구위원 1명의 의견으로 결정되었다(Fig. 2).

검사 장비의 경우 달리기 또는 걷기 검사를 측정하기 위해 트레드밀(T170DE, Cosmed, Italy)을 활용하였으며, 호흡변인의 경우 가스분석기(Quark CPET, Cosmed, Italy)를 이용하여 최대산소섭취량( $VO_2max$ )과 환기량(VE)을 관찰하였다. 심박수는 무선심박수측정기(FT2, Polar, Finland)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 자료처리방법

본 연구의 모든 자료는 SPSS version 25를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 두 가지 점증운동부하 검사(Run & Walking)에서 측정된 결과들을 비교·분석하였으며, 처치에 따른 차이는 표본의 크기가 작아 정규성 만족에 어려움이 있어 만-휘트니 U검증(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 시점 간 차이는 반복측정 분산분석(repeated

Table 2. Test record & Reason for ceasing (Mean±SD)

Sort	Record (sec)		RC	
	Run	Walking	Run	Walking
A	1,160	878	AO	AO
B	1,243	997	AO	AO
C	1,290	1,075	AO	FOG
D	1,235	913	AO	AO
E	1,230	927	AO	AO
F	1,197	961	AO	AO
Average	1,226±40.16	959±64.04	-	-

A-F, subjects; RC, reason for ceasing; AO, all-out; FOG, feet off the ground.

measures ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 polynomial 검사를 통하여 변화의 양상을 알아보았다. 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 5%로 설정하였다.

## 연구 결과

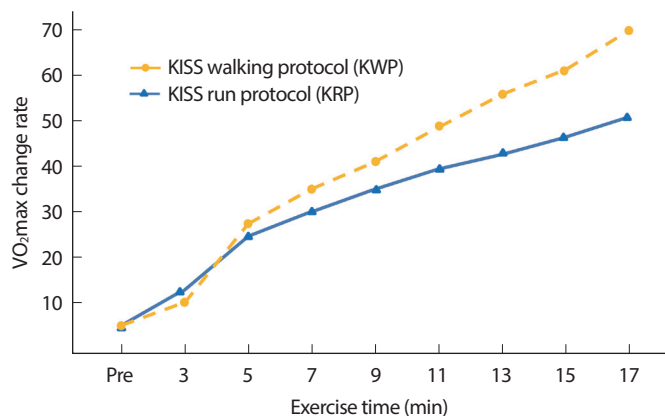
### 1. 점증운동부하 검사 기록 및 중단 사유

걷기 또는 달리기를 적용한 점증운동부하 검사 시 기록 및 중단 사유에 대해 Table 2에 제시하였다. 걷기와 달리기에 대한 기록 비교 시 달리기 기록이 평균 267초(약 22%)가 더 길게 진행되었으며, 가장 큰 차이는 322초(약 26%)에서 작은 것은 215초(약 16%)로 다양하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 검사 중단 사유에서 달리기는 참가자 모두

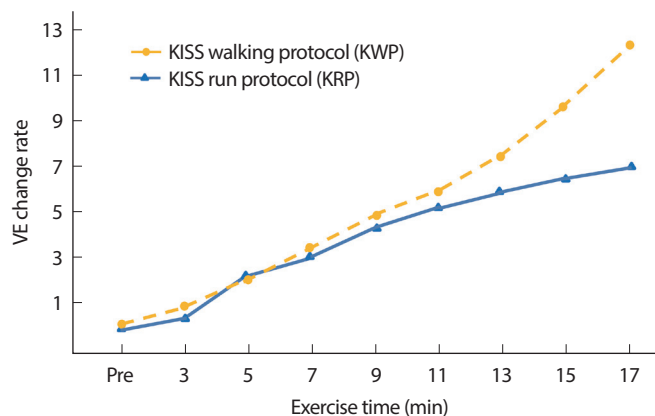
**Table 3.** The comparison of VO<sub>2</sub>, VE, HR during each graded exercise test between run and walking

Variable	Int	Tests								
		Pre	3 min	5 min	7 min	9 min	11 min	13 min	15 min	17 min
VO <sub>2</sub>	Run	6.53±0.92	7.19±1.39	24.1±1.23	30.8±3.42	36.4±3.95	41.59±1.46	45.67±1.53	50.31±1.13	54.99±1.35
	Walking	5.47±1.70	9.32±3.63	22.27±2.73	30.1±2.07	37.0±2.55	44.58±1.66	50.64±1.61	58.03±1.64	63.28±3.08
	Z (p)	-0.722 (0.485)	-1.441 (0.180)	-1.281 (0.240)	-0.480 (0.699)	-0.480 (0.699)	-2.562 (0.009)	-2.882 (0.002)	-2.882 (0.002)	-2.882 (0.002)
VE	Run	12.3±2.61	16.4±2.94	34.2±5.66	46.2±4.00	59.7±8.86	71.3±12.1	78.3±11.1	85.6±13.3	91.2±18.6
	Walking	11.5±2.98	18.6±5.31	31.8±5.28	46.1±7.68	58.8±7.13	73.7±9.10	89.5±9.93	114.1±11.6	142.0±16.7
	Z (p)	-0.401 (0.669)	-1.363 (0.180)	-0.961 (0.394)	-0.321 (0.818)	-0.320 (0.818)	-0.561 (0.589)	-1.601 (0.132)	-2.722 (0.004)	-2.882 (0.002)
HR	Run	60.0±7.77	72.8±8.75	93.0±9.96	104.7±12.0	119.0±13.0	130.3±15.9	141.8±14.8	153.0±14.9	162.5±13.9
	Walking	58.8±10.1	80.0±17.0	94.2±12.6	107.8±13.1	124.5±15.0	139.3±16.9	157.0±15.4	169.2±13.2	177.5±10.7
	Z (p)	-0.320 (0.818)	-0.402 (0.699)	-0.321 (0.818)	-0.722 (0.485)	-0.884 (0.394)	-0.961 (0.394)	-1.601 (0.132)	-1.761 (0.093)	-1.922 (0.065)

Int, Intervention; VE, ventilation; HR, heart rate.



**Fig. 3.** The comparison of change rate of VO<sub>2</sub>. Significant increase over time for all trials ( $p < .01$ ).



**Fig. 4.** The comparison of change rate of VE. Significant increase over time for all trials ( $p < .01$ ).

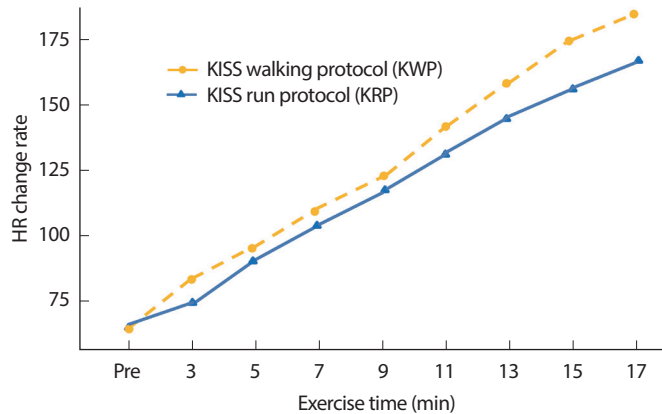
all-out의 형태로 중단되었으며, 걷기 검사의 경우 1명을 제외한 나머지 선수들 또한 all-out의 형태로 검사가 종료되었다.

**2. 걷기와 달리기형태별 최대운동부하검사 중 산소섭취량, 환기량 및 심박수 변화**

걷기 또는 달리를 적용한 최대운동부하검사 중 나타난 변화는 Table 3에 제시하였다. 통계 결과 최대산소섭취량이 11-17분까지 처치 간( $p < .01$ ) 유의한 차이가 있으며, 두 처치 모두 운동 강도가 증가함에 따라 최대산소섭취량이 지속적으로 상승하는 것으로 나타났다 ( $p < .01$ ) (Fig. 3).

환기량의 경우 운동강도가 증가함에 따라 두 처치 모두 환기량의 지속적인 증가가 나타났다( $p < .01$ ). 처치 간 차이에서는 15분과 17분 ( $p < .01$ )에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 4).

심박수의 경우 처치 간 차이는 확인할 수 없었으나 두 처치 모두 운동 강도가 증가함에 따라 심박수가 점증적으로 증가하는 것으로 나타났다( $p < .01$ ) (Fig. 5).



**Fig. 5.** The comparison of change rate of HR. Significant increase over time for all trials ( $p < .01$ ).

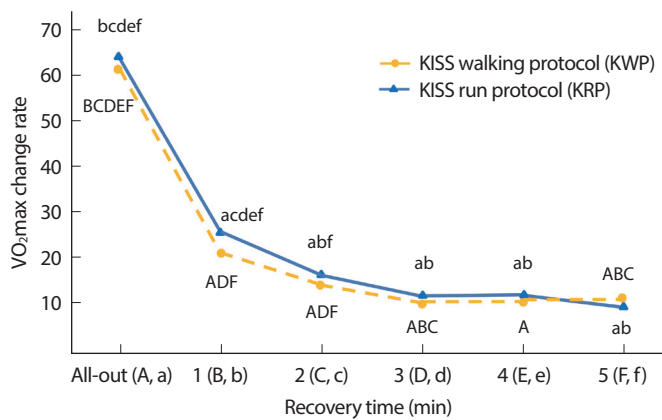
**3. 걷기와 달리기형태별 점증운동부하 검사 후 최대산소섭취량, 환기량 및 심박수 변화**

걷기 또는 달리를 적용 후 회복기의 최대산소섭취량의 변화는 Table 4에 제시하였다. 최대산소섭취량의 처치 간 차이는 없는 것으로

**Table 4.** The comparison of VO<sub>2</sub>, VE, HR after each graded exercise test between run and walking

Variable	Int	Tests					
		All-out (A)	1 min (B)	2 min (C)	3 min (D)	4 min (E)	5 min (F)
VO <sub>2</sub>	Run	62.8±4.45	25.1±6.75	15.6±1.57	11.2±2.34	11.5±1.20	9.6±1.50
	Walking	61.1±5.94	23.4±3.59	14.2±2.03	12.0±2.39	11.7±0.57	10.2±1.59
	Z (p)	0.000 (1.000)	-0.962 (0.394)	-1.121 (0.310)	-1.121 (0.310)	-0.320 (0.818)	-0.321 (0.818)
VE	Run	143.5±41.54	76.0±21.14	52.4±9.33	36.6±10.19	37.7±5.44	29.3±8.18
	Walking	146.3±24.66	75.8±14.00	47.1±9.32	39.1±7.38	39.3±7.24	35.2±7.59
	Z (p)	-0.160 (0.937)	0.000 (1.000)	-1.043 (0.310)	-0.480 (0.699)	-0.480 (0.699)	-1.363 (0.180)
HR	Run	180.0±21.34	138.5±23.72	113.7±11.43	98.8±10.76	97.2±7.31	93.3±8.96
	Walking	176.5±13.34	139.7±18.32	113.8±12.42	101.7±13.52	99.7±11.52	96.8±11.37
	Z (p)	-0.643 (0.589)	-0.241 (0.818)	-0.160 (0.937)	-0.402 (0.699)	-0.321 (0.818)	-0.563 (0.589)

Int, Intervention; VE, ventilation; HR, heart rate.



**Fig. 6.** The comparison of the recovery rate of VO<sub>2</sub>max. Upper case: The rate of change in KISS walking protocol ( $p < .01$ ), Lower case: The rate of change in KISS run protocol ( $p < .01$ ).

나타났으며, 시기 간 차이는 Fig. 6에 제시하였다. 두 처치 모두 회복기의 최대산소섭취량이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

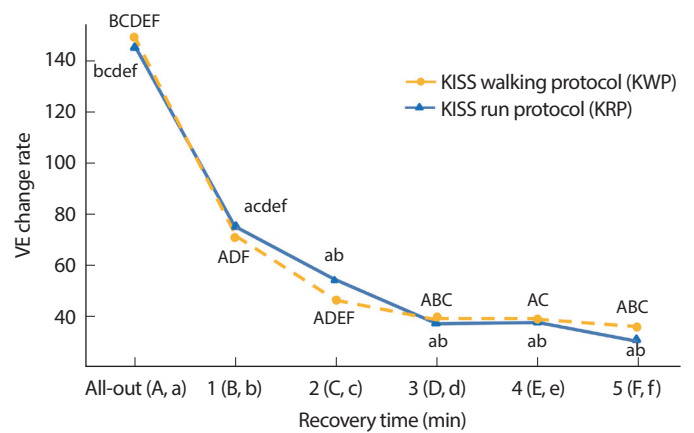
환기량의 경우 회복기에서는 처치 간 차이는 없는 것으로 나타났으며, 시기 간 차이는 Fig. 7에 제시하였다. 두 처치 모두 회복기의 환기량이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

심박수의 경우 회복기에서는 처치 간 차이가 없는 것으로 나타났으며, 시기 간 차이는 Fig. 8에 제시하였다. 두 처치 모두 회복기 심박수가 지속적인 감소가 있는 것으로 나타났다.

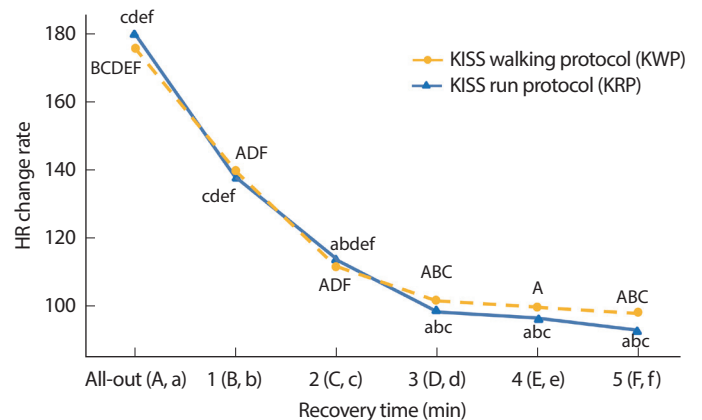
#### 4. 걷기와 달리기형태별 점증운동부하 검사 후 젖산 및

##### 젖산회복률 변화

검사 후 젖산의 회복률 변화는 Table 5에 제시하였다. 처치에 따른 젖산 변화는 운동 직후, 1분, 2분을 제외한 나머지 구간에서 시기 간 유의차가 있는 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), 이는 Fig. 9에 제시하였다. 처치 간 차이는 없는 것으로 나타났다.



**Fig. 7.** The comparison of the recovery rate of VE. Upper case: The rate of change in KISS walking protocol ( $p < .01$ ), Lower case: The rate of change in KISS run protocol ( $p < .01$ ).



**Fig. 8.** The comparison of the recovery rate of HR. Upper case: The rate of change in KISS walking protocol ( $p < .01$ ), Lower case: The rate of change in KISS run protocol ( $p < .01$ ).

## 논 의

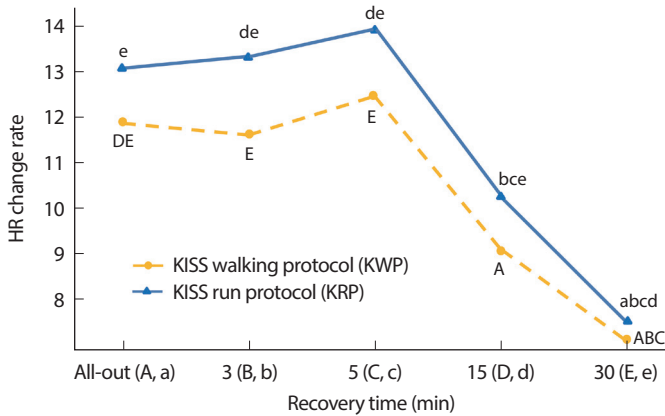
심폐체력검사는 점진적 또는 고강도 스트레스 자극에 대한 골격근



**Table 5.** The comparison of Lactic acid after each graded exercise test between run and walking

Variable	Int	Tests						15 min RR (%)	30 min RR (%)
		Rest	All-out (A,a)	3 min (B,b)	5 min (C,c)	15 min (D,d)	30 min (E,e)		
Lactate	Run	2.28±0.33	13.05±2.08	13.12±2.84	13.81±3.54	10.23±2.57	7.54±1.37	26	51
	Walking	2.05±0.49	11.77±1.57	11.25±1.48	12.55±2.98	8.90±1.76	6.29±1.73	30	56
	Z (p)	-1.203 (0.240)	-1.043 (0.310)	-1.922 (0.065)	-0.801 (0.485)	-1.601 (0.132)	-1.441 (0.180)		

Int, Intervention; RR, recovery rate, recovery rate =  $\{(15 \text{ min or } 30 \text{ min} - \text{rest}) / (\text{Allout} - \text{rest}) - 1\} \times 100$ .



**Fig. 9.** The comparison of the recovery rate of Lactic acid. Upper case: The rate of change in KISS walking protocol ( $p < .01$ ), Lower case: The rate of change in KISS run protocol ( $p < .01$ ).

의 산소 대사능력을 확인하는 측정방법으로 지도자 및 트레이너는 이를 활용하여 선수들의 체력 평가뿐만 아니라 다양한 변인들의 지속적인 변화를 관찰하기 위해 주기적으로 측정하고 있다. 이는 체력 향상도 평가뿐 아니라 체력 프로그램 구성 시 근거자료로 활용되며, 특히 기존 프로그램의 구조적 문제점을 파악하기 위한 기초자료로 활용되기도 한다. 그러나 고강도 유산소 체력 종목인 경보의 경우 종목 특성이 고려된 체력 연구는 매우 제한적이며, 현재 국내에서 사용되고 있는 운동부하검사 프로토콜이 경보 선수들의 체력평가에 적절한지에 대한 연구 또한 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 국가대표 선수들의 체력 측정 시 활용되는 KISS 프로토콜이 경보선수의 체력 평가에 적절한 검사방법인지를 확인하고자 하였다. 또한 달리기 측정이 걷기보다 평균적으로 4분 27초(약 22%) 더 진행되었지만 동일한 시점에서 나타나는 생리적 반응을 평가하기 위해 대부분의 선수들에서 걷기측정이 종료되는 17분 시점에서의 체력 변화를 기초로 비교·분석하였다.

**1. 최대운동부하검사 방법에 따른 산소섭취량, 환기량 및 심박수 비교**

최대산소섭취량, 환기량 및 심박수는 심폐체력 및 유산소적 대사 능

력에 있어 가장 타당성 있고 신뢰할 수 있는 평가 지표로서 최대 또는 최대하 운동 중 산소소비량 및 심박수 변화를 통하여 운동 수행 능력 뿐 아니라 병리학적 평가에도 활용되고 있다[14]. 특히 최대산소섭취량의 경우 고강도·지구성 운동 시 산화적 인산화과정을 통해 생산된 유기화합물인 adenosine triphosphate (ATP)는 미토콘드리아로의 최대 산소 이동의 제한으로 생산의 한계가 있기에 강도가 지속적으로 증가 되더라도 일정시간이 경과되면 더 이상 변화가 나타나지 않는다 [22,23]. 이를 기초로 심폐체력뿐 아니라 선수들의 젖산내성 능력 및 전문체력 평가에도 활용되며 측정 형태로는 걷기, 달리기, 사이클 및 스텝테스트와 같은 방법으로 다양한 종목의 선수들의 체력 평가에 사용되고 있다[24]. 그러므로 본 연구에서도 두 측정 방법에 대한 산소 소비량 및 운동 강도에 따른 생리학적 변화를 관찰하기 위해 3가지 변인을 비교·평가하였다.

모든 변인의 시점 간 변화는 강도가 증가됨에 따라 유의한 차이 ( $p < .001$ )가 있는 것으로 나타났다. 처치 간 변화에서 산소섭취량은 운동 시작 9분까지 유의차가 없는 것으로 나타났지만 이후 11분부터 17분까지 통계적 차이가 있는 것으로 나타났다. 환기량의 경우 운동 시작 13분까지는 차이가 나타나지 않았지만 이후 15분, 17분 시점에서 통계적 유의차가 있는 것으로 나타났으며, 심박수의 경우에서만 처치 간 차이는 없는 것으로 나타났다. 경보는 달리기와 다르게 탄성을 이용하거나 상체의 협응성을 충분히 활용할 수 없으며, 오직 빠른 걸음으로만 전진해야 하므로 에너지 소비량이 상대적으로 높을 수 있다[14,15]. McArdle et al. [25]의 연구에서는 80 kg의 성인이 1,600 m의 거리를 1.41 m/sec의 속도로 걷게 되면 118 kcal를 소모하며, 2.82 m/sec의 속도로 달리게 되면 145 kcal를 소모한다고 보고하였다. 이는 달리의 에너지 소비가 높은 것으로 보이나 달리기 강도와 유사한 속도로 걷기를 실시하게 된다면 달리기 이상의 에너지 소비가 일어날 수도 있을 것으로 여겨진다. Menier & Pugh [26]의 연구에서 8 km/hr의 동일한 속도로 달리기와 걷기 비교 시 걷기에서 에너지 소비량이 비선형적으로 증가되는 것으로 보고하였으며, Greiwe & Kohrt [27]는 8 km/hr 이상의 속도에서는 달리와 비교하여 걷기 시 에너지 효율성이 감소되는 것으로 제시하였다. 본 연구에서도 강도가 증가함에 따라 산소소비량은 11분, 환기량은 15분부터 급격하게 증가되는 것을 알 수 있다. 이는 대부분

이 유산소 대사를 통하여 에너지 공급이 이루어져야 하는 점증운동 부하 검사에서 중반 이후 무산소 에너지 대사로의 급격한 변화가 나타나기 때문에 KISS 프로토콜을 이용한 경보 선수들의 정확한 체력 평가는 어려움이 있을 것으로 여겨진다. 심박수의 경우 처치 간 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 13분부터 17분까지 평균적으로 약 9.3% 높은 것으로 나타났으며, 이를 기초로 걷기 형태의 측정이 동일한 강도에서 에너지 소비가 높았음을 알 수 있다. 운동 직후에 대한 생리학적 변화는 모든 변인에서 시점 간 변화가 있는 것으로 나타났으나 ( $p < .001$ ), 처치 간 차이는 나타나지 않았다. 이는 두 측정 모두 심폐 체력 변화가 동일하게 나타난 것을 알 수 있지만, 달리기 측정이 걷기보다 진행 시간이 더 길었던 것을 감안한다면 동일한 강도에서 걷기 측정이 달리기 측정보다 고강도였으며, 빠른 무산소성 대사가 나타났음을 알 수 있다.

## 2. 최대운동부하검사 방법에 따른 회복기 젖산 비교

현재까지 활동을 통한 젖산 증가는 운동 강도와 비례하여 발생하는 것으로 알려져 왔다. 특히 젖산의 발현은 ATP 생성 시 유산소 및 무산소 대사의 비율적 변화를 확인할 수 있는 척도로 최대산소섭취량보다 신뢰성이 높은 것으로 나타났다[28]. 최대하 운동 중 산소소비와 혈중 젖산 농도의 변화 없이 최대산소섭취량을 유지할 수 있는 능력은 지구성 운동선수들의 체력 평가에 유용한 지표로 활용되고 있다[29]. Yoshida et al. [30]은 경보선수의 경기력 관찰에 있어 젖산은 매우 중요한 지표이며, 최대스피드 발현 전까지 과도한 젖산 축적을 예방해야 좋은 경기를 펼칠 수 있을 것으로 보고하였다. 그러므로 본 연구에서도 두 측정 방법에 대한 생리학적 반응을 관찰하기 위해 운동에 따른 젖산의 변화를 비교·평가하였다.

본 연구에서 젖산의 시점 간 변화는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났지만 ( $p < .05$ ), 처치 간 차이는 나타나지 않았다. 통계적 유의차는 발생되지 않았지만 젖산의 발현이 운동 직후 달리기 측정에서 9.8% 높은 것으로 나타났으며, 이는 걷기 검사 시 나타난 검사 중단은 완전 탈진에 도달 전 국부적 근피로에 의해 발생된 것임을 알 수 있다. 5명의 피험자(경보선수 4명, 마라톤 선수 1명)를 대상으로 진행된 연구에서도 동일한 속도에서 걷기운동이 달리기 운동보다 높은 에너지 소비가 일어나며, 이는 높은 최대산소섭취량과 과도한 젖산의 발현이 원인으로 작용되었음을 제시하고 있다[26]. Yoon et al. [31]의 연구에서도 6명과 4명으로 구성된 2그룹을 대상으로 걷기와 달리기를 적용하여 내측광근, 대퇴직근 및 외측광근에서 근피로를 관찰한 결과 상대적으로 걷기 운동 시 근피로가 높았다고 보고하였다. 본 연구에서는 선행연구와 상반된 결과가 제시되었는데 선행연구에서는 일정한 속도에서 연구가 진행된 반면 본 연구에서는 지속적인 속도 증가에서 관찰된 변화였으며, 운동 강도가 높아짐에 따라 혈중 젖산 농도가 증가한

다는 선행연구[32,33]와 같이 본 연구에서는 걷기 측정과 비교하여 달리기 측정이 장시간 이루어졌기 때문임을 알 수 있다. Yoshida et al. [34]의 연구에서도 12명의 장거리 선수와 5명의 경보선수를 대상으로 운동부하검사 시 달리기 측정과 비교하여 경보 측정에서 시작속도 및 증가속도를 각각 39%, 49% 낮게 설정하였음에도 측정이 진행됨에 따라 젖산 발현에서 유의한 차이가 없었으며, 오히려 걷기 측정이 약간 높게 나타났다. 이는 경보 측정 시 기존의 운동부하검사 프로토콜보다 강도를 낮게 설정하여야 함을 알 수 있으며, 국부적 근피로에 의한 중단이 아닌 전신 탈진을 유도할 수 있는 측정 방법의 도입이 선수 체력 평가 시 신뢰할 수 있는 결과를 도출할 수 있을 것임을 알 수 있다. 그러므로 달리기 측정에서 발현된 혈중 젖산 농도와 유사한 걷기 측정 방법의 도입이 필요함을 알 수 있다.

## 결론

본 연구는 국가대표 성인 경보선수를 대상으로 2가지 형태의 점증운동부하 검사를 적용하여 나타나는 생리적 반응(최대산소섭취량, 환기량, 심박수, 젖산)의 차이를 관찰하고자 진행되었다. 본 연구에서 도출된 결과를 기초로 다음과 같은 결론을 제시하였다.

첫째, 2가지 형태의 점증운동부하 검사 시 최대산소섭취량, 환기량 및 심박수의 차이는 시기에서는 모두 유의차( $p < .01$ )가 있었지만, 처치 간에서는 최대산소섭취량과 환기량에서만 부분적으로 유의차( $p < .01$ ) 있는 것으로 나타났다.

둘째, 2가지 형태의 점증운동부하 검사 후 회복 시 최대산소섭취량, 환기량 및 심박수의 차이는 시기에서 통계적 유의차( $p < .05$ )가 있었으나, 처치 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

셋째, 2가지 형태의 점증운동부하 검사 후 젖산 변화는 시기에서 부분적으로 통계적 유의차( $p < .05$ )가 있었으나, 처치 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

결론적으로, 경보선수를 대상으로 일반적인 점증운동부하 검사 프로토콜을 활용한 걷기 형태의 측정은 국부 피로에 의한 조기 탈진을 유도하여 선수의 정확한 체력 검증에 어려움이 있는 것으로 나타났다. 추후 연구에서는 여자 선수를 포함하여 경보선수의 정확한 심폐지구력을 확인할 수 있는 경보선수 전용 점증운동부하 검사 프로토콜의 개발 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 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

Conceptualization: B Sung, K Lee; Data curation: B Sung, K Lee; Formal analysis: S Hong; Methodology: B Sung, M Lee; Project administration: B Sung, K Lee; Visualization: K Lee; Writing-original draft: B Sung, K Lee; Writing-review & editing: M Lee.

## ORCID

Bong-Ju Sung <https://orcid.org/0000-0002-7506-1006>  
Min-Ho Lee <https://orcid.org/0000-0003-1416-4367>  
Kwang-Kyu Lee <https://orcid.org/0000-0003-1169-6368>

## REFERENCES

1. Malina RM. Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clin Sports Med.* 2007;26(1):37-68.
2. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(3):709-31.
3. Brun JF, Varlet-Marie E, Cassan D, Raynaud de Mauverger E. Blood rheology and body composition as determinants of exercise performance in female rugby players. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2012;49(1-4):207-14.
4. Hogstrom GM, Pietila T, Nordstrom P, Nordstrom A. Body composition and performance: influence of sport and gender among adolescents. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1799-804.
5. Granados C, Izquierdo M, Ibanez J, Ruesta M, Gorostiaga EM. Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(2):351-61.
6. Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB. Body composition and power changes in elite judo athletes. *Int J Sports Med.* 2021;31(10):737-41.
7. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan, RJ, Meyer, N. L., et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 2012;42(3):227-49.
8. Beltz NM, Gibson AL, Janot JM, Kravitz L, Mermier CM, et al. Graded exercise testing protocols for the determination of VO<sub>2</sub> max: Historical perspectives, progress, and future considerations. *J Sports Med.* 2006. doi: 10.1155/2016/3968393.
9. Pettitt RW, Clark IE, Ebner SM, Sedgeman DT, Murray SR. Gas exchange threshold and VO<sub>2</sub>max testing for athletes: an update. *J Strength Cond Res.* 2013;27(2):549-55.
10. Barnes KR, Kilding AE. Strategies to improve running economy. *Sports Med.* 2005;45(1):37-56.
11. Maunder E, Plews DJ, Kilding AE. Contextualising maximal fat oxidation during exercise: determinants and normative values. *Front Physiol.* 2018;9:599.
12. Hanley B. An Analysis of pacing profiles of World-Class racewalker. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(4):435-41.
13. Yoo DS. Skill levels and control modalities in varsity race walkers. *Korean J Sport Sci.* 2011;9(2); 227-35.
14. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Baltimore: Lipincot Williams & Wilkins 2006.
15. Bompa TO. Periodization training for sports. USA: Human Kinetics 1999.
16. Brisswalter J, Fougeron B, Legros P. Variability in energy cost and walking gait during race walking in competitive race walkers. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(9):1451-5.
17. Farley GR, Hamley EJ. Progressive changes in energy cost during a three hour race walk exercise. *Br J Sports Med.* 1978;12(4):176-8.
18. Knicker A, Loch M. Race walking technique and judging—the final report to the International Athletic Foundation research project. *New Stud Athl.* 1990;5: 25-38.
19. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. Champaign: Human Kinetics 2004.
20. Batterham AM, Atkinson G. How big does my sample need to be? a primer on the murky world of sample size estimation. *Phys Ther Sport.* 2005;6(3):153-63.
21. Ko SH, Kim TH, Jekal YS. Comparative analysis of protocols through a treadmill exercise test. *Korean J Sport Sci.* 2016;22:53-62.
22. Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *An Int J Med.* 1923;16(62):135-71.
23. Shephard RJ, Allen C, Benade AJ, Davies CT, Di Prampero PE, et al. The maximum oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory fitness. *Bull World Health Organ.* 1968;38(5):757-64.
24. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 meter shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6(2):93-101.
25. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy Nutri-



- tion, and Human Performance. Baltimore, MD: Wil-liams & Wilkins 2001.
26. Menier DR, Pugh LG. The relation of oxygen intake and velocity of walking and running, in competition walkers. *J Physiol.* 1968;197(3): 717-21.
  27. Greiwe JS, Kohrt WM. Energy expenditure during walking and jogging. *J Sports Med Phys Fit.* 2000;40(4):297-302.
  28. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they?. *Sports Med.* 2009;39(6):469-90.
  29. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004;34(7): 465-85.
  30. Yoshida T, Udo M, Iwai K, Muraoka I, Tamaki K, et al. Physiological determinants of race walking performance in female race walker. *Br J Sports Med.* 1989;23(4):250-4.
  31. Yoon JH, Kim YH, Lee HH. Analysis of energy expenditure and muscle fatigue during walking and running in obese women. *J Sport Leis Stud.* 2002;18(2):1257-69.
  32. Donovan CM, Brooks GA. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol Cell Physiol.* 1983;244(1): 83-92.
  33. Song YK, Jeon JY, Suh SH. Understanding of lactate. *Korean J Sport Sci.* 2017;28(1):1-10.
  34. Yoshida T, Udo M, Chida M, Ichioka M, Makiguchi K, et al. Specificity physiological adaptation to endurance training in distance runners and competitive walkers. *Eur J Appl Physiol.* 1990;61:197-201.