복합경기에서 근대 5종 선수들의 생리학적 변인 분석

윤재량¹⁾ · 허 선^{2)*}

1) 한국체육대학교 2) 강원대학교

ABSTRACT

Jae-Ryang Yoon · Sun Hur. Analysis of Physiological Parameters for New Combined Event in Modern Pentathletes. *The Journal of Kinesiology*, 2017, 19(1): 11-16. **[PURPOSE]** The aim of this study was to evaluate the physiological variables during the new combined event in modern pentathletes. **[METHODS]** 16 Korea's elite male modern pentathletes were divided into two trials: 9 high level athletes and 7 low level athletes depending on performance level, and was analyzed by measuring the heart rate (HR), expiratory flow (VE) and oxygen uptake (VO₂) for running phases performed new combined event wearing portable wireless gas analyzer and heart rate equipment in the chest. **[RESULTS]** First, running time each phases was faster high level athletes than low level athletes, the fastest running time showed in 1, 4 phases and the slowest showed in 2, 3 phases. Second, there were not differences between the high level and low level athletes in HR, VE, and VO₂ of each phases. Looking at each phases, HR and VE was low in 1, 2 phases and was high 3, 4 phases, the VO₂ was the lowest in 1 phase and was high in the 4, 3, 2 phases. **[CONCLUSIONS]** It was confirmed that high level athletes had a relatively faster speed and physical ability to continue at a higher intensity. It was considered that the training program for improving the high anaerobic capacity while reducing the effects of fatigue was necessary for low level athletes.

Key words : modern pentathletes, new combined event, heart rate, expiratory flow, oxygen uptake

주요어 : 근대 5종 선수들, 복합경기, 심박수, 환기량, 산소섭취량

서론

근대 5종 경기는 2009년 이전 사격, 펜싱, 수영, 승마, 육상 순이었으나 2009년 국제 근대 5종 연맹이 복합경기 규정을 도입하여 펜싱, 수영, 승마, 복합경기(사격 5발+육상 1,000m×3회)로 변경되었으며 다시 개정된 근대 5종의 규정에서는 근대 5종 선수만의 특수성이 잘 반영된 형태의 복합경기(사격 5발+육상 800m×4회)로 바뀌었다(Kelm, 2010; Yoon, 2010).

복합경기는 동계스포츠 종목인 바이애슬론과 비슷하며 육상과 사격의 두 종목에서 연결되는 조화가 경기력 결정요인에 중요한 역할을 한다(Kim et al., 2016; Manfredini et al., 2009). Le Meur et al.(2010)은 육상과 사격의 복합적인 능력이 성공의 중요한 결정요인으로서 페이스 전략이 중요한 관심 요인이므로 월드컵 대회 당시 최상위 근대 5종 선수들이 복합경기의 마지막 단계에서 스피드를 증가시키는 “negative-split”(Abbiss

& Laursen, 2008)를 채택하였다고 하였다.

최근 개정된 육상과 사격의 복합경기에서는 경기력의 주된 요인인 근력과 심폐지구력뿐만 아니라 순간적인 운동강도 차이에 따른 스피드 증가 또는 감소에 따른 심박수의 조절이 경기력을 결정하는 유용한 지표로서 사용되고 있다. 즉, 바이애슬론과 마찬가지로 빠른 속도로 사격대에 들어온 후에 높아진 심박수의 빠른 감소와 함께 정확한 사격이 곧 복합경기를 결정짓는 요소가 되는 것이다(Lakie, 2010).

Grebot et al.(2003)은 10명의 바이애슬론 선수를 대상으로 스키 경기력과 사격의 슈팅 관계를 연구한 결과 스키의 경기 수준이 높을수록 사격의 경기력은 감소된다고 하였으며, Manfredini et al.(2009)은 바이애슬론 선수 83명을 대상으로 일반선수 46명과 우수선수 37명으로 분류하여 혈액학적 지표를 분석한 결과 우수선수와 일반선수 간에 헤모글로빈 농도에 차이는 있었지만 경기력과의 관련성은 없다고 하였다.

* 교신저자: letssunny@kangwon.ac.kr

복합경기에서 육상의 거리는 3,200m이다. 이러한 운동지속시간 동안의 근육 수축에 요구되는 에너지의 많은 양은 유산소적 에너지 생산으로부터 제공되기 때문에 높은 수준의 유산소 운동능력에 이르기 위해서는 선수 개인별 체력 수준과 한계의 범위를 평가하는 것이 우선되어야 하며 이를 위해서는 선수 개인별로 나타나는 생리학적 변화를 구체적으로 비교하고 분석한 트레이닝이 적용되어야 한다고 생각된다.

현재까지 근대 5종의 복합경기와 유사한 바이애슬론 및 트라이애슬론에 대한 연구들(Baca & Kornfeind, 2012; Hausswirth et al., 2010; Taylor & Smith, 2013)은 비교적 많이 보고되고 있지만, 근대 5종의 복합경기 수행이 경기력에 미치는 영향을 살펴본 연구(Kim et al., 2016; Yoon, 2010)는 많지 않다.

또한 1,000m 주행을 3회 반복하던 경기에서 800m 주행을 4회 반복하는 경기방식으로 새롭게 바뀐 이후의 생리적인 변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 지금까지 국내에서 근대 5종 선수들을 대상으로 필드에서 복합경기에 대한 연구가 수행되지 못한 상황에 있으며, 주로 실험실에서 운동부하검사 장비를 이용한 연구들(Kim, 2001; Jang et al., 2002)이 이루어졌다.

따라서 본 연구에서는 근대 5종 선수들을 대상으로 복합경기 수행동안 심박수, 환기량 및 산소섭취량을 평가하여 경기력 향상을 위한 훈련프로그램 적용의 기초자료로 제공하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상자는 K대학교 재학 중인 19~21세의 엘리트 근대 5종 선수 16명이었다. 경기수준은 선수들 간의 경기력을 고려하고 감독 코치와 상의하여 상위 선수(국제대회에 입상 경험이 있는 선수) 9명, 하위선수(전국대회 이상의 시합에 출전 경험이 있는 선수) 7명으로 구분하였다. 실험 시작 전에 실험의 목적과 절차에 대하여 설명하였고 자발적으로 참여하고자 하는 자에 한하여 실험동의서를 작성 후 참여하도록 하였

다. 연구대상자의 특성은 <Table 1>과 같으며 나이, 신장, 체중, 경력에 차이는 없었다.

Table 1. Characteristic of subjects

Variables	High level (n=9)	Low level (n=7)	t
age (yr)	20.4±.9	21.4±2.3	-1.186
height (cm)	176.0±5.2	177.0±5.9	-.361
weight (kg)	66.7±4.8	69.0±5.7	-.893
career (yr)	8.6±1.7	9.9±2.3	-1.302

Values are mean ±SD

실험절차

실험은 K대학교 운동장에서 아침 09:30에 실시하였다. 근대 5종의 복합경기는 사격 5발을 명중시킨 뒤 800m를 뛰어와서 다시 사격을 하며 이를 4회 반복하였다. 사격 5발을 명중시키기 전까지는 출발하지 못하며 50초 동안의 무제한 사격이다(Kim et al., 2016).

측정항목 및 방법

측정 전 대상자는 생체전기저항분석기(Bioelectrical impedance analysis; X-Scan plus, Jawon Medical, Korea)를 이용하여 신장 및 체중을 측정하였다.

복합경기 실시 전 휴대용 무선가스분석기(CosMed K4b², Rome, Italy)와 심박수 원격측정장치(RS800sd, Polar Electro, Kempele, Finland)를 가슴에 착용하고 가스분석기와 연결된 마스크를 얼굴에 부착한 상태에서 3~5분 동안 의자에 앉아 안정을 취하였다. 휴대용 무선 가스분석기인 K4b²는 다양한 운동강도에서 산소섭취량을 측정하는데 적합함이 입증되었다(Koh & Jeong, 2007).

복합경기동안 구간별(0~800m, 800~1,600m, 1,600~2,400m, 2,400~3,200m)로 심박수(heart rate; HR), 환기량(expiratory flow; VE) 및 산소섭취량(oxygen uptake; VO₂)을 측정하였다.

자료처리

본 연구를 통해 얻은 모든 자료는 SPSS PC⁺ for Windows(version 23.0)로 분석하였다. 모든 종속변인의 기술통계량을 평균(mean)과 표준편차(standard deviation;

SD)로 제시하였다. 경기수준 간 구간별 변인들의 차이를 검증하기 위해 two-way ANOVA을 실시하였다. 경기수준의 주효과, 구간별 주효과 또는 경기력 수준과 구간별 상호작용이 유의한 경우 사후검증을 실시하였다. 모든 통계분석의 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

결과

육상시간에서 경기수준과 구간별 상호작용이 유의하게 나타나지 않았으나, 경기수준과 구간별 주효과가 유의하게 나타났다. 상위선수가 하위선수보다 유의하게 빠르게 나타났으며, 1, 4구간이 2, 3구간보다 빠른 것으로 나타났다<Table 2>.

심박수, 환기량 및 산소섭취량에서 경기수준과 구간별 상호작용 및 경기수준의 주효과가 유의하게 나타나지 않았으나, 구간별 주효과가 유의하게 나타났다. 특히 심박수와 환기량은 1, 2구간이 낮았고 3, 4구간이 높은 것으로 나타났으며, 산소섭취량은 1구간이 가장 낮았고 4, 3, 2구간이 모두 높은 것으로 나타났다<Table 3>.

논의

근대 5종 경기 중 복합경기는 육상과 사격이 연속적으로 이루어지는 종목으로 심폐지구력 및 근지구력이 요구된다(Dadswell et al., 2016; Kim et al., 2016).

운동강도는 운동시간과 더불어 운동 중 동원되는 에너지의 유형과 양을 결정하는 중요한 요인이다(Losnegard et al., 2012). 운동강도를 평가하는 지표로서 산소섭취량은 에너지 대사과정 중 젖산시스템의 동원능력을 나타내주는 지표이다(Losnegard et al., 2012). 산소섭취량은 선수들의 운동능력을 나타내는 대표적인 지표이며 운동능력이 좋을수록 훈련이 잘된 선수일수록 산소섭취량이 높다(Seifert et al., 2007). 이는 산소섭취량이 경기력과 직결된다는 것을 의미한다(Losnegard et al., 2012). 간헐적인 고강도 단시간 운동 사이에 주어지는 회복시간 동안에 일어나는 산소운반의 활성화 효과는 심폐기능이 우수할수록 더욱 현저하게 나타나며 이어지는 운동수행을 원활하게 수행하는데 도움을 줄 수 있다.

심박수는 심폐기능, 운동강도 및 선수의 훈련정도 등을 측정 또는 평가하는 생리적 지표로 자주 이용되고 있다. 또한 심박수는 심장혈관계의 기능을 알아보

Table 2. Running time during the four running phases in the new combined event

Variable		1	2	3	4	F			Duncan
						P	R	P×R	
Running time (sec)	High level	164.7±6.3	170.8±6.1	175.0±8.4	165.9±8.7				
	Low level	172.7±8.7	178.7±7.0	180.9±9.8	174.4±8.9	14.197***	4.424**	.087	1,4<2,3
	t	-2.151#	-2.412#	-1.289	-1.932				

Values are mean ±SD

** $p<.01$, *** $p<.001$ (by two-way ANOVA), # $p<.05$ (by independent sample t-test). P; performance level, R; running phase.

Table 3. HR, VE and VO₂ during the four running phases in the new combined event

Variables		1	2	3	4	F			Duncan
						P	R	P×R	
HR (beats · min ⁻¹)	High level	165.9±11.5	173.8±9.8	180.0±10.3	184.1±10.9				
	Low level	174.6±11.7	179.4±9.3	182.6±9.6	190.4±10.9	4.765	7.360***	.224	1,2<3,4
	t	-1.489	-1.170	-.508	-1.148				
VE (L · min ⁻¹)	High level	120.7±24.3	135.5±15.3	139.5±17.1	151.7±15.8				
	Low level	121.0±18.0	122.6±21.7	131.6±21.1	140.1±19.9	2.729	4.754**	.378	1,2<3,4
	t	-.032	1.403	.831	1.296				
VO ₂ (mL · min ⁻¹ · kg ⁻¹)	High level	45.3±4.5	55.4±4.3	53.8±3.4	54.4±4.4				
	Low level	48.0±6.4	51.6±4.8	52.8±6.0	51.1±3.5	1.321	7.749***	1.588	1<4,3,2
	t	-1.000	1.666	.440	1.630				

Values are mean ±SD

** $p<.01$, *** $p<.001$ (by two-way ANOVA). P; performance level, R; running phase.

는 간단하고도 도움이 되는 매개체 중 하나이다 (Seifert et al., 2007).

본 연구에서는 엘리트 근대 5종 선수들을 대상으로 복합경기동안 육상시간, 구간별 심박수, 환기량과 산소섭취량을 통해 두 집단이 가지고 있는 운동강도의 특징을 비교하였다.

구간별 육상시간은 상위선수들과 하위선수들 간에 차이가 있었으며, 구간별로도 차이가 있었다. 상위선수들이 하위선수들보다 1구간은 8.04초, 2구간은 7.93초 더 빨랐으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 3구간과 4구간은 상위선수들이 하위선수들보다 각각 5.86초, 8.54초 더 빨랐으나 유의한 차이는 없었다.

현재까지 근대 5종과 관련된 선행연구에서 복합경기 중 선수들의 이동거리를 분석한 연구들이 거의 없지만 몇몇 다른 스포츠 종목에서 선수들의 활동량을 분석하여 트레이닝 방법을 적용한 사례들을 보고하였다. Köklü et al.(2015)의 연구에 의하면 18세 이하 국가대표선수와 비국가대표선수의 활동량을 비교한 결과 총 활동량과 시간당 활동량이 국가대표선수에게서 높게 나타났으며 이는 우수한 선수일수록 높은 활동량을 견딜 수 있는 체력을 소유하고 있다고 하였다. 뿐만 아니라 Manchado López et al.(2013)은 이동거리와 움직임의 형태 및 최대산소섭취량을 측정한 결과 이동거리가 길수록 최대산소섭취량이 높게 나타났다고 보고하였으며 기량이 좋은 선수일수록 높은 유산소 능력을 보유하고 있으며 이러한 능력은 선수 개인의 성적과 직결된다고 하였다. 본 연구 또한 이러한 선행연구와 같은 양상을 나타냈다. 상위선수의 육상시간과 구간별 육상시간이 하위선수보다 빠른 것으로 나타났다. 이는 선행연구가 제시했던 것과 마찬가지로 경기력이 높은 선수일수록 그에 따른 체력 또한 높은 수준이어야 한다고 볼 수 있다.

한편 심박수, 환기량 및 산소섭취량에서는 상위선수들과 하위선수들 간에 차이가 없었다. 집단 간의 훈련량과 시간에 따른 육상속도는 육상시간의 결과로 작용한다. 선행연구를 바탕으로 본 연구의 결과와 비교해 볼 때 우수한 선수일수록 높은 심박수, 환기량과 산소섭취량을 보일 것으로 파악할 수 있으나 사격과 육상의 복합경기 특성 상 사격 동작에 대한 세부적인 분석은 추후 과제로 남아있다.

비록 경기수준의 주효과가 유의하게 나타나지 않았지만 상위선수들에서 구간별 심박수가 하위선수들보다 낮았는데 이는 상위선수들이 800m 도착 전에 충분한 심박수의 안정을 유지함으로써 다시 사격에서 육상으로의 전환 시 꾸준한 속도를 유지할 수 있도록 적용되었음을 의미한다. 장기간 지구력 훈련을 한 선수의 경우 낮은 안정 시 심박수를 나타내며 최대심박수에서 안정 시로의 회복력 또한 빠르다. 이러한 경향은 Yoon(2010)이 연구한 근대 5종 선수들의 복합경기에서도 나타났으며, Coote(2010) 및 Lakie(2010)는 뛰다보면 심박수가 올라가 사격이 힘들어지기 때문에 정확한 사격을 위해서는 안정적인 심박수의 조절이 필요하다고 하여 본 연구의 결과를 입증하였다. 즉, 빠른 속도로 사격대에 들어온 후에 높아진 심박수의 빠른 감소와 함께 정확한 사격이 곧 복합경기를 결정짓는 잣대가 되는 것이다.

구간별 심박수, 환기량 및 산소섭취량에서는 유의한 차이가 나타났다. 본 연구결과에서 심박수와 환기량은 1, 2구간보다 3, 4구간에서 점점 높아지는 운동강도를 나타냈으며, 산소섭취량은 1구간보다 4, 3, 2구간이 높게 나타났다. Le Meur et al.(2012)은 복합경기 중 육상에서 사격으로의 전환 시 약간의 지연이 발생할 때 산소섭취량 수치가 최대산소섭취량에 가깝게 도달할 수 있도록 유지할 필요가 있다고 하였다.

한편 Le Meur et al.(2012)의 연구에서는 복합경기 시 빠른 스타팅 전략이 2,000m 후반까지 심박수, 환기량 및 산소섭취량에 부정적인 영향을 미치지 않았다고 하였다. 이러한 결과는 복합경기 시 엘리트 근대 5종 선수들에게 높은 무산소성 능력이 요구되며 이는 경기력 향상의 주요 요인이 될 수 있음을 의미한다.

근대 5종 선수들이 복합경기 시 극한의 강도로 달리고 있음은 엘리트 육상선수(Billat et al., 2001) 그리고 트라이애슬론 선수를 대상으로 한 연구에서 이미 밝혀진 바 있다. Le Meur et al.(2012)의 연구에서 세계적 수준인 근대 5종 선수들의 최대산소섭취량은 $72 \pm 5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 로 나타났다. 같은 기량의 엘리트 육상선수와 트라이애슬론 선수들에 비해 최대산소섭취량이 유의하게 낮음을 고려할 때 다른 지구력 선수들보다 근대 5종 선수들이 비경제적인 달리기를 하고 있음을 보여준다(Le Meur et al., 2012). 이는 아마

도 근대 5종 종목의 다양성으로 인해 육상에 초점을 맞춘 구체적인 트레이닝이 상대적으로 부족한 때문으로 볼 수 있을 것이다.

본 연구결과 육상기록이 우수한 몇몇 상위선수를 제외하고 대다수의 선수들에서 최대산소섭취량 및 최대 환기량이 세계적인 선수들과 차이가 있음을 알 수 있었다. 본 실험의 복합경기 중 육상종목은 운동장 트랙에서 실시하였다. 실제 복합경기는 steady-state 형태의 지구성 운동과는 달리 지형적인 영향으로 운동 강도가 계속 변화하기 때문에 본 연구결과에서 나타난 산소섭취량보다 더욱 힘들게 느낄 것이며, 모의경기가 아닌 실제 경기상황이었다면 심리적 및 체력적 부담감은 더욱 클 것이라는 것을 예측해 볼 수 있다. 또한 실험을 실시한 당일의 경기 환경이 매우 추운 날씨에서 진행되었으므로 이 같은 경기력의 저하로 나타난 것으로 생각된다.

오늘날 중장거리의 개념은 단거리 훈련과 크게 다르지 않다. 지속적으로 속도를 유지하며 지치지 않고 힘을 발휘하기 위해서는 체력훈련이 무엇보다도 선행적으로 이루어져야 한다. 선수들이 경기력 극대화를 발휘하기 위해서는 종일 참가해야 하는 대회기간 동안 정상적인 컨디션을 유지할 수 있는 강인한 심폐체력이 요구된다. 특히, 세계적 최고수준의 선수들과 경쟁하기 위해서는 복합경기 종목의 경기력 향상을 위해 심폐지구력과 젖산 내성훈련을 향상시키기 위한 인터벌 훈련의 중요성이 요구된다고 하겠다.

결론

상위선수들은 상대적으로 빠른 속도와 높은 강도에서 유지할 수 있는 심폐체력 능력을 지닌 것을 확인하였다. 우수한 선수가 되기 위해서는 피로의 영향을 줄이면서 높은 운동강도를 견딜 수 있는 체력과 회복력을 향상시킬 수 있는 개별화된 체력향상 프로그램이 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 연구대상자의 수가 충분하지 않았던 것에 결과 분석의 한계가 있다고 생각된다. 그러나 근대 5종 선수를 대상으로 실험실이 아닌 필드에서 실

제 복합경기를 수행하여 생리학적 변인을 평가하였다는 데 중요한 의미를 갖는다. 차후 연구를 통해 육상과 사격 종목에 따른 운동 중 및 회복 중에 나타나는 생리적인 특성들의 변화에 대해 좀 더 체계적으로 밝혀져야 할 것이다.

참고문헌

- Abbis, C. R., & Laursen, P. B. (2008). Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*, 38(3): 239-252.
- Baca, A., & Kornfeind, P. (2012). Stability analysis of motion patterns in biathlon shooting. *Human Movement Science*, 31: 295-302.
- Billat, V. L., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M., & Koralsztein, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33: 2089-2097.
- Coote, J. H. (2010). Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Experimental Physiology*, 95(3): 431-440.
- Dadswell, C., Payton, C., Holmes, P., & Burden, A. (2016). The effect of time constraints and running phases on combined event pistol shooting performance. *Journal of Sports Sciences*, 34(11): 1044-1050.
- Grebot, C., Gros Lambert, A., Pernin, J. N., Burtheret, A., & Rouillon, J. D. (2003). Effects of exercise on perceptual estimation and short-term recall of shooting performance in a biathlon. *Perceptual and Motor Skills*, 97: 1107-1114.
- Hauswirth, C., Le Meur, Y., Bieuzen, F., Brisswalter, J., & Bernard, T. (2010). Pacing strategy during the initial phase of the run in triathlon: influence on overall performance. *European Journal of Applied Physiology*, 108: 1115-1123.
- Jang, K. T., Lee, S. H., & Kim, Y. S. (2002). Effects of interval training on aerobic capacity and

- running performance during reduced training in modern pentathlons. *The Korean Journal of Education*, 41(1): 363-372.
- Kelm, J. (2010). Modern pentathlon. In: Caine, D. J., Harmer, P. A., & Schiff, M. A., editors. *Epidemiology of injury in olympic sports*. Oxford: Wiley-Blackwell, 176-180.
- Kim, K. J. (2001). Comparisons of aerobic capacity and exercise-induced responses of blood lactate and ammonia concentration according to the different exercise types between modern pentathlon and taekwondo athletes. *The Korean Journal of Education*, 40(1): 481-489.
- Kim, Y. S., Yoon, J. R., & Hur, S. (2016). Comparison of new combined event performance by performance level in modern pentathlon athletes. *Exercise Science*, 25(4): 282-287.
- Koh, Y. S., & Jeong, I. G. (2007). Portable metabolic measurement system accurately measure metabolic variables during sub-and maximal exercise. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 31: 833-842.
- Köklü, Y., Alemdaroglu, U., Dellal, A., Wong, D. P. (2015). Effect of different recovery durations between bouts in 3-a-side games on youth soccer player's physiological responses and technical activities. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5): 430-438.
- Lakie, M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental Physiology*, 95(3): 441-450.
- Le Meur, Y., Hausswirth, C., Abbiss, C., Baup, Y., & Dorel, S. (2010). Performance factors in the new combined event of modern pentathlon. *Journal of Sports Sciences*, 28(10): 1111-1116.
- Le Meur, Y., Hausswirth, C., Abbiss, C., Baup, Y., & Dorel, S. (2012). Physiological demand and pacing strategy during the new combined event in elite pentathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112: 2583-2593.
- Losnegard, T., Myklebust, H., & Hallén, J. (2012). Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(4): 673-681.
- Manchado López, MDC, Pers, J., Navarro, F., Han, A., Sung, E., & Platen P. (2013). Time-motion analysis in women's team handball: importance of aerobic performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2): 376-390.
- Manfredini, F., Malagoni, A. M., Litmanen, H., Zhukovskaja, L., Jeannier, P., DalFollo, D., Felisatti, M., Mandini, S., & Carrabre, J. E. (2009). Blood parameters and biathlon performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(2): 208-213.
- Seifert, J., Kröll, J., & Müller, E. (2007). The relationship of heart rate and lactate to cumulative muscle fatigue during recreational alpine skiing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3): 698-704.
- Taylor, D., & Smith, M. F. (2013). Scalar-linear increases in perceived exertion are dissociated from residual physiological responses during sprint-distance triathlon. *Physiology & Behavior*, 118: 178-184.
- Yoon, I. M. (2010). *Effects of fartrek training on combined performance in modern pentathletes*. Department of Physical Education Graduate School, Korea National Sport University.