

The Effect of Safeguard Devices Wearing on Blood Physiological Parameters and Energy Substrates during Kumdo Training

Young-Hee Son, Sung-Hoon Hur, Yang-Bae Park, Yun-Mi Kim & Jong-Sam Lee*

Research Center for Exercise and Sports Sciences, Daegu Univ.

The purpose of this study was to investigate the effect of wearing of safeguard devices on various blood ions (i.e., Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) concentrations, gas parameters (PO_2 , PCO_2 , hematocrit [Hct], hemoglobin [Hb], Saturated [Sat] O_2), and energy substrates (i.e., glucose, free fatty acid [FFA], lactate) concentrations during Kumdo training. Research scope extended to examine the heart rate changes during each exercise sessions. In order to achieve the research goal, 10 male elite Kumdo players, who play for G city in Gyeongsangbuk-do, were participated, and their mean maximum oxygen uptake level was $51.2(\pm 6.1)\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. All subjects undertook Kumdo training sessions twice, which carefully pre-planned and consisted of routinely carrying out exercise program. Training period for each session was 80 min long including 10 min each for warm-up and warm-down period, but the conditions with wearing body protection devices were different following either with wearing complete set of safeguard devices or without wearing any safeguard devices except general training cloth. Heart rate was measured by every minute interval. K^+ and Ca^{2+} showed interaction effect between the conditions with wearing safeguard devices and conditions with time of Kumdo training. Hct and Hb level significantly increased after 60 min Kumdo exercise regardless of wearing safeguard devices. Kumdo training induced dropping of blood pH independently with wearing safeguard device conditions, however the values and/or concentrations of PO_2 , Na^+ , glucose, lactate, SatO_2 were significantly increased. Heart rate was maintained marginally higher values throughout exercise period when safeguard devices were worn. Based on these results, it was concluded that wearing the safeguard devices could possibly be causing a physiological metabolic changes, and this may be drawn by increased body fluid loss and energy expenditure. Further study should be undertaken to examine the effects of wearing safeguard devices on hitting intensity and hormone secretion and concentrations, that closely associated with body fluid and ion balance during Kumdo exercise and/or training.

Key words: Kumdo, Safeguard devices, Blood ion, Blood Gas components, Heart rate 

서론

검도(劍道)는 수련 시 정신 수양, 신체 단련, 기술 연

마를 강조하는 무도이다. 검도 경기는 5~6kg 무게의 호구를 착용한 상태로 치러지므로 많은 땀을 흘리게 되고 동시에 Na^+ , K^+ , Cl^- 과 같은 전해질의 소실을 유발해낸다(Cho & Han, 2002).

검도 호구는 경기 시 인체와 환경이 접하는 경계로서 인체의 에너지 소비량과 혈중 생리적 대사 변인들에 영향을 미칠 수 있는 주요한 요인이라 할 수 있으며, 체내 에너지 소비량과 혈중 대사 관련 인자의 변화는 경기 시의 타격 강도, 호흡과 심박수의 변화 및 활동량의 변화

논문 투고일 : 2016. 05. 26.

논문 수정일 : 2016. 06. 29.

게재 확정일 : 2016. 08. 19.

* 저자 연락처 : 이종삼(jlee@daegu.ac.kr).

* 이 논문은 2015학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

를 야기해 낼 수 있다(Ha, 2012). 검도 호구는 여타의 스포츠웨어와 마찬가지로 경기 환경과 활동에 맞는 열과 체온 변화 등을 적절히 조절할 수 있는 기능이 고려될 필요가 있으며 무게를 줄일 수 있는 신소재의 개발과 함께 호구 제작 과정을 간소화시키는 기술개발을 통해 궁극적으로 경기력의 향상을 기할 수 있는 방안이 마련될 수 있을 것으로 생각된다. 검도 운동 시 호구 착용이 생리적 그리고 심리적 요인 등 체내 의미 있는 다양한 변화를 나타낼 수 있으므로 호구 착용의 효과를 체계적으로 밝힐 수 있는 연구가 필요한 실정이다.

이제껏 검도 운동과 관련되어 수행된 대부분의 연구들은 검도 동작시의 역학적인 분석(Min, 2001)을 실시하는데 그치고 있을 뿐 대사적 역동성의 이해를 위한 생리적 변화를 다룬 연구 결과는 찾아보기 힘든 실정이며 생리적 변인에 대한 관찰을 시도했다라도 실제 운동 시의 변화를 살피기보다는 트레드밀 운동(Lee, 2000a), 신체와 심혈관 및 호흡역량의 변화(Yang, 2002), 검도 경기 시 운동 강도의 변화(Lee, 2000b) 등을 살피는 수준에 머물러 있었다. 이와 함께 호구의 경량화가 경기력에 직접적인 영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 이제껏 검도 운동 시 사용되는 장비와 관련해 착용의 유무에 따른 체내 포도당과 유리지방산을 포함하는 에너지 기질 농도, 대사산물, 및 생리 조절자로서의 이온과 가스 농도의 변화를 체계적으로 살핀 연구 결과는 보고된 바 없으며, 특히 실제 검도 훈련 혹은 운동을 연구에 적용해 심박수 등 경기 현장에서 활용할 수 있는 자료를 제시한 연구 결과는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 엘리트 검도 선수들을 대상으로 실제 검도 훈련 시 호구의 착용 여부에 따라 나타나는 혈중 가스 성분 및 대사 관련 변인들의 변화를 살피고자 수행되었다. 본 연구를 통해 수집된 자료는 실제적이고 과학적인 훈련과 교육 프로그램의 개발과 신소재를 활용한 호구 개발의 기반을 제공함으로써 검도 경기력의 향상에 긍정적으로 기여할 것으로 기대된다.

연구방법

연구대상

본 연구를 위해 경상북도 K시 D대학에 재학 중인 현

역 학생 검도 선수 10명이 자발적으로 실험에 참여하였으며 피험자는 전국대회 입상 경험과 함께 평균 10년 이상의 운동 참여 경력을 지니고 있었다. 피험자의 신체적 특성은 <Table 1>에 나타난 바와 같다.

Table 1. The Characteristics of Subject

Age (yr)	Height (cm)	Body mass (kg)	BMI (kg·m ²)	VO2max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
21.2	177.0	76.5	23.4	51.2
(1.0)	(7.9)	(10.8)	(2.4)	(6.1)

Mean(Standard deviation), BMI: body mass index

측정절차

실험자는 실험절차에 대해 상세히 설명한 후 자발적으로 실험에 참여 의사를 밝힌 피험자들만을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험 참가 전 모든 피험자들로부터 실험참가 동의서에 서명을 받았다. 모든 피험자들은 총 2회(호구착용 vs. 호구미착용)에 걸쳐 실험에 참가했으며 각각의 실험에 참가하기 전 최소 24시간동안 심한 운동의 수행을 삼갔으며 흡연, 음주 및 실험에 영향을 미칠 수 있는 카페인의 섭취도 제한하였다. 8시간 이상의 충분한 수면을 취한 후 실험에 참여하도록 통제하였으며 운동 실시의 시간과 순서가 동일하게 적용되어 수행될 수 있도록 통제하였다. 실험 시 채택한 세부 운동 프로토콜을 <Table 2>에 나타내고 있다. 실험 참여 전날 밤 10시 이후 금식을 실시해 오전 7시에 실험실에 도착하도록 하였으며 무선 심박수계(polar S610; Polar Electro Oy, Finland)를 착용한 상태에서 휴식을 취하게 해 안정 시 심박수(≤분당 75회)에 도달한 것을 확인한 후 안정 시 채혈을 실시하였다. 전문 운동선수들의 식단이 편성되어 운영되는 식당에서 오전 8시에 조식을 한 후 휴식을 취하게 하였으며 오전 11시에 검도 전용 체육관에서 정해진 운동 프로그램에 따라 총 80분간(준비운동 10분, 본 운동 60분, 정리운동 10분) 운동을 실시하도록 하였다. 본 운동 종료와 동시에 채혈을 실시하였으며 이후 10분간의 가벼운 정리운동과 20분의 휴식 후 회복기 채혈을 실시하였다.

Table 2. Training Protocol

Warm-up	Main exercise			Cool-down
	Movement type	Repetition	Set	
Stretching, High-low swing 30 times, Fast forehead strike 30 times	Continuous hitting on left and right side of the head	2	10	Stretching, Calisthenics
	Large motion to the head	4	10	
	Small motion to the head	4	5	
	Small motion to the wrist	4	5	
	Small motion to the head and wrist	4	5	
	Small motion to the wrist and head	4	5	
	Pick to the head	4	5	
	Hitting the head with stepping backward	4	5	
	Hitting the wrist with stepping backward	4	5	
	Hitting the waist with stepping backward	4	5	
	Practice for attacking	4	20	
10 minutes	60 minutes		10 minutes	

측정도구

운동 중 심박수 변화를 관찰하기 위해 10명의 심박수 측정이 동시에 가능한 무선 심박 측정 장비(FT-6700, DAC, Korea)를 이용하였다. 측정된 심박수는 매분 평균을 산출해 비교하였으며 안정 시와 60분간의 본 운동기간 중 평균 심박수 및 회복기 30분간의 평균 심박수를 산출했다.

최대산소섭취량을 측정하기 위해 PAR O medics gas analyzer(Sandy, Utah, U.S.A)를 이용하였다. Bruce protocol을 이용하여 측정하였으며 피험자가 탈진상태에 도달했음을 확인 후 테스트를 종료하였다. 최대산소섭취량에 도달했음의 판정은 아래 제시하는 세 가지의 조건 중 두 가지 이상을 충족하는 경우로 설정하였다(McMiken & Daniels, 1976; Williams et al., 1986). 운동 강도의 증가에도 불구하고 산소소비량과 심박수에 변화가 없거나, 예상 최대 심박수에 도달한 경우, 호흡교환비율(respiratory exchange rate, RER)이 1.15 이상을 나타내는 경우. 최대산소섭취량의 테스트 시 실험실 내 대기 환경은 실내온도가 24.0(±1.2)℃, 상대습도는 59.9(±4.6)%, 대기압력은 755.4(±2.0) mmHg를 나타냈다. 휴식 시와 운동직후, 그리고 30분의 회복 후 시점에서 피험자를 편안하게 의자에 앉도록 한

후 알콜솜을 사용해 천자할 주변을 소독한 후 전완정맥(antecubital vein) 중 주정중피정맥(median cubital veins), 요측피정맥(cephalic veins), 혹은 척측 피정맥(basilic veins) 혈관의 근위부에 tourniquet을 위치시킨 후 총 12mL(7mL의 혈액은 무처리된 진공채혈관에, 나머지 5mL의 혈액은 헤파린(heparin) 처리된 진공채혈관에)의 혈액을 채혈하였다. 채혈 후 무처리된 진공채혈관은 상온(25℃)에서 30분간 세워 두었으며 헤파린 처리된 진공채혈관은 부드럽게 충분히 혼합한 후 소량(~1mL)의 전혈을 Nova biomedical사(U.S.A)의 혈액 가스분석기를 이용해 다양한 혈액 성분 지표들(헤모글로빈, 헤마토크리트, 산소포화도, 산소분압, 이산화탄소분압, pH, 포도당, 젖산, Na⁺, K⁺, 및 Ca²⁺)의 분석을 수행하였다. 무처리된 진공채혈관 내 혈액은 분당 4,000회의 회전수에서 15분간 원심분리한 후 혈청을 분리해 보관용 튜브에 옮긴 후 곧바로 -80℃ 냉동실에 보관하였으며 차후 유리지방산 농도 분석(네오던 의학 연구소에 의뢰)을 위해 사용하였다.

자료 분석

SPSS 통계 프로그램(VER. 20.0)을 이용해 평균과

표준편차를 산출하였다. 두 요인(호구착용 유무 vs. 운동시간)간 상호작용 효과를 검증하기 위해 이원변량분석(TWOWAY ANOVA)을 실시하였으며 유의한 상호작용의 효과를 보이지 않을 시 각 요인에 대한 주효과 검증 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

본 연구를 수행할 당시(2010년) 연구 수행 기관 내 인간대상의 연구윤리위원회가 구성되어 있지 않아 기관 연구윤리위원회의 연구 승인 절차를 거치지 않았다.

연구 결과

검도 운동 시 호구착용 유무에 따른 혈중 이온(Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) 농도의 변화

호구착용 유무와 운동 전후 Na^+ 의 변화를 살핀 결과, 호구착용 및 시간 사이의 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았다($p > .05$). 개별 요인에 대한 주효과를 검증한 결과 호구착용유무에 대한 유의한 통계 결과는 나타나지 않은 반면 시간 요인에 대해서는 유의한 효과를 나타냈다($p < .05$). 호구 착용 유무와 무관하게 60분의 운동 후 안정 시와 비교해 유의한 증가를 나타냈다($p < .05$).

호구착용 유무와 운동 전후 K^+ 의 변화를 살핀 결과, 호구착용과 시간 요인 사이에 유의한 상호작용 효과를

나타냈으며($p < .05$), 개별 요인에 대한 주효과 검증 결과에서는 호구착용유무에 대해서는 유의한 효과가 나타나지 않은 반면 시간에 대한 주효과에서는 유의한 차이를 나타냈다($p < .001$). 운동종료 시(Post-0)에서 안정 시($p < .001$) 및 회복 시($p < .001$)와 비교해 유의하게 낮은 농도를 나타냈다. 시간에 대한 일원변량분석 결과에서는 호구 미착용 시 운동종료 시점에서 회복시와 안정시와 비교해 유의하게 낮은 K^+ 농도를 나타냈으며($p < .001$), 호구착용의 유무에 따른 동일 시간대의 농도차를 비교한 결과에서는 운동종료 시에서 호구를 착용한 경우에서 호구를 미착용한 경우에서 보다 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타냈다($p > .05$).

호구착용 유무에 따른 운동 전후 Ca^{2+} 농도의 변화를 살핀 결과, 두 요인 간 상호작용 효과를 나타냈다($p < .01$). 개별 요인에 대한 주효과 검증을 실시한 결과 호구 착용 유무에 대해서만 통계적으로 유의 차이를 나타냈을 뿐($p < .001$), 시간에 대해서는 유의한 주효과를 나타내지 않았다($p > .05$). 운동종료 시와 비교해 안정 시와 운동종료 후 30분의 회복 시 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 호구 착용 유무에 따른 동일 시간대에서의 Ca^{2+} 농도를 살핀 결과에서는 호구 미착용 시의 경우에서 운동 종료 직후($p < .01$)와 회복 30분 시점($p < .001$)에서 안정 시와 비교해 유의하게 높은 Ca^{2+} 농도를 나타냈다. (Table 3)

Table 3. The changes of Na^+ , K^+ , and Ca^{2+} concentration according to the wearing of the safeguard devices during Kumdo training

		Time				Guard	Time	Guard* Time
		Rest	Post-0	Post-30	Main effect (Guard)			
Na^+ (mmol·L ⁻¹)	Guard	141.8(1.5)	144.2(5.2)	142.6(1.4)	142.9(3.4)	p=.087	p=.015	p=.781
	No Guard	139.6(1.6)	142.9(3.1)	141.8(2.2)	141.4(2.8)			
	Main effect(Time)	140.7(1.9)	143.6(4.2)*	142.3(1.8)				
K^+ (mmol·L ⁻¹)	Guard	4.03(0.19)	3.92(0.25)#	4.03(0.17)	4.00(0.21)	p=.157	p=.000	p=.030
	No Guard	4.00(0.27)	3.64(0.10)***	4.10(0.11)	3.80(0.20)			
	Main effect(Time)	4.02(0.23)	3.78(0.23)***	4.06(0.15)				
Ca^{2+} (mmol·L ⁻¹)	Guard	1.31(0.03)	1.38(0.63)	1.30(0.04)	1.33(0.55)	p=.000	p=.156	p=.009
	No Guard	1.27(0.48)	1.25(0.71)###	1.27(0.52)###	1.26(0.57)			
	Main effect(Time)	1.29(0.45)	1.32(0.09)	1.29(0.04)				

All values were expressed by mean(standard deviation). Rest, Resting condition; Post-0, immediately after exercise, 30 minutes after exercise. Significant difference compared to Rest(* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$), Significant different compared to Guard(# $p < .05$, ## $p < .01$, ### $p < .001$).

호구착용 유무와 운동에 따른 혈중 헤마토크리트와 헤모글로빈의 변화

호구착용 유무와 운동 전후 Hct의 변화를 분석한 결과, 호구착용 및 시간 사이의 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았으나 개별 요인에 대한 주효과 검증 결과에서는 두 요인 모두에 대해 유의한 효과를 나타냈다 ($p < .05$). 운동 종료시에서 안정 시와 비교해 유의하게 높은 Hct 수치를 나타냈으며 ($p < .05$), 호구의 착용 시에서 미착용시와 비교해 유의하게 높은 Hct 수치를 나타

냈다 ($p < .05$, Table 4).

호구착용 유무와 검도 운동 전후 Hb의 변화를 살핀 결과, 두 요인 간 유의한 상호작용 효과를 나타내지 않았다 ($p < .05$). 개별 요인에 대한 주효과 검증을 실시한 결과에서는 두 요인 모두에서 유의한 효과를 나타냈다. 운동종료 시에서 안정 시 ($p < .01$)와 비교해 유의한 상승을 나타냈으며 ($p < .01$), 호구를 착용한 경우에서 미착용시와 비교해 확연히 높은 Hb 수치를 나타냈다 ($p = .052$) (Table 4).

Table 4. The changes of Hct and Hb concentration according to the wearing of the safeguard devices during Kumdo training

		Time			Main effect (Guard)	Guard	Time	Guard * Time
		Rest	Post-0	Post-30				
Hct (%)	Guard	46.0(1.7)	48.1(2.2)	47.1(2.0)	47.0(2.1)	p=.044	p=.014	p=.662
	No Guard	45.5(1.7)	47.0(1.7)	45.4(1.7)	46.1 [#] (1.8)			
	Main effect(Time)	45.8(1.7)	47.5(2.0) [*]	46.3(2.0)				
Hb (g·dL ⁻¹)	Guard	15.4(0.6)	16.0(0.7)	15.7(0.7)	15.7(0.7)	p=.052	p=.009	p=.675
	No Guard	15.2(0.7)	15.8(0.6)	15.1(0.5)	15.4(0.6)			
	Main effect(Time)	15.3(0.5)	15.9(0.6) ^{**}	15.4(0.6)				

All values were expressed by mean(standard deviation). Rest, Resting condition; Post-0, immediately after exercise, 30 minutes after exercise. Significant difference compared to Rest(^{*} $p < .05$, ^{**} $p < .01$). Significant different compared to Guard([#] $p < .05$).

호구착용 유무와 운동에 따른 혈중 가스 지표(pH, PO₂, PCO₂, SatO₂)의 변화

호구착용유무에 따른 혈중 pH의 변화를 살핀 결과 유의한 상호작용 효과를 나타내지 않았다. 개별 요인에 대한 pH에 대한 주효과 검증 결과에서는 호구착용유무에 따른 통계적 유의차는 나타나지 않았으나 시간에 대한 주효과는 유의한 차이를 나타냈다 ($p < .001$). 안정시와 비교해 운동종료 시 ($p < .001$)와 회복 시 ($p < .001$) 모두에서 유의하게 낮은 pH를 나타냈으며 회복 시의 수치 역시 운동 종료 시와 비교해 유의한 차이를 나타냈다. 호구착용 시와 미착용 시 모두에서 안정 시와 비교해 운동종료 시 유의하게 낮게 나타났으며 ($p < .01$) 호구 미착용 시에는 회복 시에도 안정 시 보다 유의하게 낮은 pH

상태를 유지하였다 ($p < .01$). 호구착용 유무에 따른 검도 운동 전후 PO₂ 변화를 살핀 결과, 두 요인 간 유의한 상호작용 효과는 나타나지 호구착용유무에 따른 의미 있는 통계 결과를 나타내지 않은 반면, 시간 요인에 대해서는 유의한 차이를 나타내 ($p < .001$) 안정 시 ($p < .001$) 및 회복 시 ($p < .001$)와 비교해 운동종료 시에서 유의하게 높은 수치를 보였다. 일원변량분석의 결과 호구 착용 시 ($p < .01$) 및 미착용 시 ($p < .01$) 모두에서 운동 종료 후 안정 시와 비교해 유의하게 높은 PO₂의 변화를 나타냈으며, 어떠한 시간대에서도 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > .05$).

호구착용 유무와 검도 운동 전후 PCO₂의 변화를 살핀 결과, 두 요인 간 상호작용 효과와 개별 요인에 대한 주효과에 있어 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 5).

Table 5. The changes of pH, PO₂, PCO₂, SatO₂ concentration according to the wearing of the safeguard devices during Kumdo training

		Time				Guard	Time	Guard * Time
		Rest	Post-0	Post-30	Main effect (Guard)			
pH	Guard	7.38(.04)	7.23(0.13) ^{***}	7.39(0.04) ^{SSS}	7.33(0.11)	p=.063	p=.000	p=.703
	No Guard	7.43(0.05)	7.28(0.79) ^{***}	7.41(0.00) ^{**} , ^{SSS}	7.37(0.09)			
	Main effect(Time)	7.41(0.05)	7.26(0.11) ^{***}	7.39(0.03) ^{***} , ^{SSS}				
PO ₂ (mmHg)	Guard	26.3(7.4)	42.3(15.0) ^{**}	31.0(8.1)	33.41(12.6)	p=.888	p=.000	p=.677
	No Guard	28.6(11.6)	42.8(7.6) ^{**}	27.1(5.0) ^{**} , ^{SS}	33.7(11.3)			
	Main effect(Time)	27.5(9.5)	42.5(11.6) ^{***}	29.3(7.0) ^{***} , ^{SSS}				
PCO ₂ (mmHg)	Guard	51.6(3.7)	61.2(15.4)	55.1(4.4)	56.0(10.3)	p=.109	p=.154	p=.141
	No Guard	50.0(3.7)	50.5(10.5)	55.6(5.4)	51.5(7.5)			
	Main effect(Time)	50.8(3.7)	55.8(13.9)	55.3(4.7)				
SatO ₂ (%)	Guard	44.0(16.5)	60.8(23.7)	54.6(15.4)	53.05(19.8)	p=.654	p=.005	p=.418
	No Guard	49.7(16.9)	68.7(12.3) [*]	47.4(12.6) [§]	56.50(16.9)			
	Main effect(Time)	46.8(16.5)	64.7(18.8) ^{**}	51.5(14.2) ^{SS}				

All values were expressed by mean(standard deviation). Rest, Resting condition; Post-0, immediately after exercise, 30 minutes after exercise. Significant difference compared to Rest(*p<.05, **p<.01, ***p<.001), Significant difference compared to Post-0([§]p<.05, ^{SS}p<.01, ^{SSS}p<.001).

Table 6. The changes of glucose, Lactate, FFA concentration according to the wearing of the safeguard devices during Kumdo training

		Time				Guard	Time	Guard * Time
		Rest	Post-0	Post-30	Main effect (Guard)			
Glucose (mmol·L ⁻¹)	Guard	5.56(0.38)	6.87(0.60) ^{***}	6.03(0.49)	6.16(0.75)	p=.969	p=.000	p=.838
	No Guard	5.57(0.47)	6.74(1.14) ^{**}	6.17(0.43)	6.16(0.93)			
	Main effect(Time)	5.57(0.42)	6.81(0.89) ^{***}	6.09(0.45) ^{SSS}				
Lactate (mmol·L ⁻¹)	Guard	1.0(0.2)	10.0(2.4) ^{***}	2.6(0.9) ^{**} , ^{SSS}	4.7(4.3)	p=.293	p=.000	p=.613
	No Guard	1.1(0.2)	9.1(2.0) ^{***}	2.2(0.7) ^{***} , ^{SSS}	4.4(4.0)			
	Main effect(Time)	1.1(0.2)	9.5(2.0) ^{***}	2.4(0.8) ^{***} , ^{SSS}				
FFA (mmol·L ⁻¹)	Guard	0.5(0.2)	0.5(0.1)	0.5(0.1)	0.5(0.2)	p=.727	p=.635	p=.751
	No Guard	0.5(0.2)	0.6(0.1)	0.4(0.2)	0.5(0.2)			
	Main effect(Time)	0.5(0.2)	0.5(0.1)	0.4(0.2)				

All values were expressed by mean(standard deviation). Rest, Resting condition; Post-0, immediately after exercise, 30 minutes after exercise. Significant difference compared to Rest(*p<.05, **p<.01, ***p<.001), Significant difference compared to Post-0([§]p<.05, ^{SS}p<.01, ^{SSS}p<.001).

호구착용 유무와 운동에 따른 혈중 기질(포도당, 젖산, 유리지방산) 농도의 변화

호구착용 유무와 검도 운동 전후 포도당 농도의 변화를 살핀 결과, 두 요인 간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다. 개별 요인에 대해 주효과를 검증한 결과에서는 호구착용유무에 대한 통계적 유의미는 나타나지 않았으나 시간 요인에 대해서는 유의한 차이를 나타냈다 ($p < .001$). 운동 종료 시 안정 시($p < .001$) 및 회복 시($p < .01$) 모두에서 유의한 상승을 나타냈다. 시간에 대한 일원변량분석 결과에서는 호구 착용 시($p < .001$) 및 미착용 시($p < .01$) 모두에서 운동 종료 후 안정 시와 비교해 유의하게 높은 수치를 나타냈다($p < .01$, Table 6). 호구착용 유무와 운동 전후 lactate 농도의 변화를 살핀 결과, 두 요인 간 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았으며 개별 요인에 대한 주효과 검증 결과에서는 시간에 대한 주효과에서만 유의한 차를 나타냈다 ($p < .001$). 안정 시($p < .001$) 및 회복 시($p < .001$)와 비교해 운동종료 시 상승을 나타냈다. 시간에 대한 일원변량분석 결과에서는 호구 착용 시와 미착용 시 모두에서 운동 종료 시($p < .001$)와 회복 시($p < .001$)의 수치가 안정 시와 비교해 유의하게 높게 나타났다.

호구착용 유무와 운동 전후 FFA의 변화를 살핀 결과, 두 요인간에 유의한 상호작용 효과는 나타나지 않았으며, 개별 요인에 대한 주효과 검증 결과에서도 두 요인 모두에서 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > .05$, Table 6).

호구착용 유무와 운동에 따른 심박수의 변화

분당 평균 심박수의 변화를 비교한 결과, 호구 착용 시와 미착용 시 매우 흡사한 양상을 나타냈으나 호구 착용 시에서 전반적으로 높은 분당 심박수를 나타냈다. 60 분간의 운동 종료 후 회복 구간에서의 심박수 변화 양상 역시 호구 착용 시에서 미착용 시와 비교해 전반적으로 높은 수치로 유지되는 것으로 나타났다. 하지만 통계분석을 통한 통계적 유의성은 나타내지 못했다(Table 7).

논 의

고강도 운동은 많은 양의 에너지와 열의 발생을 동반

해 체온 조절을 어렵게 한다(Paik, 2006). 수분의 손실에 의한 혈장량 감소와 혈압의 저하는 근육과 피부로의 혈류량을 감소시키며(Brody, 1994) 심박수와 체온을 상승시켜 운동수행에 부정적인 영향을 미친다(Wilmore & Costill, 1994). 혈액성분의 변화는 체력의 상태, 운동 강도와 지속시간, 운동의 형태 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받으므로(Yoon, 2004) 운동 및 회복 시 혈액 구성 성분의 변화를 파악하는 것은 운동으로 유도되는 인체의 생리적 변화를 이해하는데 매우 중요하게 작용한다.

이 연구는 대학 검도 선수들의 경기력 향상을 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행된 것으로 호구착용이 검도 운동 시 혈중 가스 성분 및 생리적 대사 변인의 변화에 미치는 효과를 검증하였다.

Table 7. The changes of heart rate according to the wearing of the safeguard devices during gumdo training

	Rest	Post-0*	Post-30**
Guard	61.0(6.5)	119.0(11.8)	90.9(9.1)
No Guard	61.6(4.9)	111.4(14.4)	88.5(12.8)

All values were expressed by mean(standard deviation). Rest, Resting condition; Post-0, immediately after exercise, 30 minutes after exercise. *Mean heart rate during 60 min exercise. **Mean heart rate during 30 min exercise. Unit: beats per minute

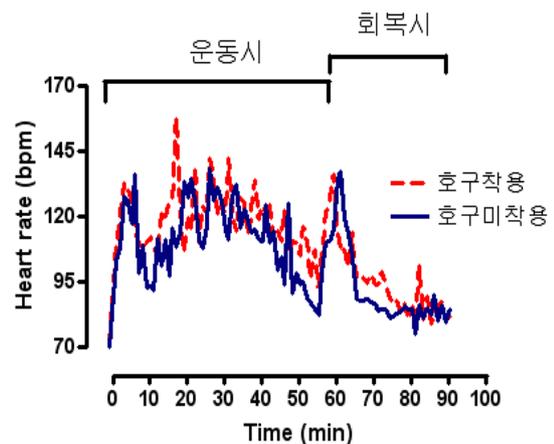


Fig. 1. The changes of heart rate according to the wearing of the safeguard devices during Kumdo training.

호구착용이 운동 전후의 혈중 이온 농도 (Na^+ , K^+ , 및 Ca^{2+})에 미치는 영향

고온·다습한 환경에서의 격렬한 운동 시, 신체는 수분과 더불어 전해질과 미네랄 등이 땀과 함께 소실되면서 수분과 전해질 사이의 항상성 파괴를 야기한다 (Montain et al., 2001). 고온 환경에서 장시간의 운동 수행 시 수분 및 전해질의 적절한 섭취는 탈수, 체온의 상승, 및 심혈관계의 스트레스를 최소화하여 운동 수행의 연장에 도움을 주는 것으로 밝혀져 있다 (Montain & Coyle, 1992).

Na^+ 은 호구 착용과 무관하게 60분간의 운동 후 안정 시와 비교해 유의하게 증가하는 결과를 나타냈다. 이는 운동과 함께 소실된 수분의 양이 수분과 함께 소실된 Na^+ 양보다 더 많아 나타난 현상으로 생각된다.

혈중 K^+ 농도의 변화를 살핀 결과 호구착용 유무와 검도 운동 수행 사이에 유의한 상호작용 효과를 나타냈으며 안정 시와 비교해 운동 훈련 후에 유의한 감소를 나타내었다. 이러한 결과는 운동과 함께 세포내로의 K^+ 유입이 증가했음을 의미하는 것으로 세포외액내 Na^+ 의 증가와 맞물려 혈액과 근육조직 사이에 Na^+-K^+ pump의 활발한 작용을 위해 Na^+-K^+ ATPase의 활성이 증가했음을 반영하는 결과라 하겠다. 이와 같은 현상은 조직세포의 에너지 대사가 증가함에 따라 세포내액과 세포외액 사이에 나타나는 이온 농도의 불균형이 나타났음을 보여주는 것이라 생각된다. 혈중 Ca^{2+} 농도의 변화를 살핀 결과에서는 호구 착용 여부와 운동시간 사이에 유의한 상호작용의 효과가 나타났다 ($p < .01$). 호구 착용에서 미착용의 경우와 비교해 유의하게 높게 나타났으며 안정 시 및 회복 시와 비교해 운동종료 시에서 증가 양상을 나타냈다. 이는 안정 시 근육세포의 근형질세망(sarcoplasmic reticulum)에 저장된 Ca^{2+} 이 운동과 함께 유리 Ca^{2+} 의 형태로 혈중으로 배출된 결과로 이와 같은 유리 Ca^{2+} 이 조직 내의 actin과 myosin 사이에 크로스브리지(crossbridge)를 형성하기 위해 actin 상의 troponin과 결합하는데 사용되었을 것으로 추측할 수 있다. 운동의 종료와 함께 반복적인 근수축이 중단되면 troponin에 결합되어 있던 Ca^{2+} 이 조직 세포내 근형질세망으로 되돌아가 혈중 Ca^{2+} 의 농도가 안정 시 수치를 회복한

것으로 생각된다. 후속 연구를 통해 동일한 실험 조건에서의 혈중 알도스테론(aldoosterone)과 항이뇨호르몬(antidiuretic hormone) 농도의 변화를 이온 농도의 변화와 함께 관찰함으로써 수분의 소실과 재흡수 정도를 평가해 볼 필요가 있으며 혈장량과 혈압의 변화를 함께 살펴보는 것도 의미가 있을 것으로 생각된다.

호구착용 유무와 검도 운동 전후 혈중 산소운반역량 및 가스 성분의 변화

운동 시 나타내는 최대 호흡 및 환기 역량은 폐의 잠재적 최대 운동 역량을 나타내는 것으로 (Kim, 2003), 말초조직에서의 산소 이용 역량을 추정해내는 산소 이용 효율과 밀접한 관련성을 나타낸다 (Timothy et al., 2001; Wagner, 1995; Welch, 1982).

본 연구에서 실제 훈련 시 사용하는 운동프로그램을 적용한 후 pH의 변화를 살핀 결과 호구 착용 여부와 운동 경과시간 사이에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다. 운동 종료 시, 안정 시와 회복 시 모든 시점과 비교해 유의하게 낮은 pH를 나타냈는데, 이는 운동 중 골격근으로부터 생성된 수소이온(H^+)이 혈액으로 전달되었음을 반영해주는 것으로 운동 종료 시 혈중 젖산 농도가 $9.15\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (호구 미착용 시)와 $10.02\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (호구 착용 시)를 나타낸 것은 운동 종료 시점에서의 운동 강도가 매우 높았음을 나타내주는 것이라 하겠다.

전완정맥으로부터 채집된 혈액 내 PO_2 와 PCO_2 를 분석한 결과 두 지표 모두에서 두 요인 간(호구 착용여부 vs. 시간) 유의한 상호작용을 찾을 수 없었다. 하지만 본 연구에서의 이산화탄소 및 산소 분압에 대한 수치 변화의 해석 시 분석에 사용된 혈액 표본이 (동맥혈이 아닌) 정맥혈이었음을 기억할 필요가 있다. PO_2 에서 운동 종료 시 호구 착용 여부와 상관없이 유의하게 증가함을 나타냈으나 PCO_2 에서는 운동에 따른 유의한 증가를 나타내지 못했다. 이러한 결과는 헤모글로빈의 산소포화도의 변화 결과와 유사한 양상을 나타내는 것으로 일반적으로 운동 강도가 증가함에 따라 분당 호흡수와 1회 환기량의 증가가 선형적으로 나타남과 함께 심박출량의 증가가 동시에 나타나는 결과로 활동근에서의 이산화탄소와 산소의 가스 교환 시간이 짧아져 실제적으로는 산소

분압과 산소포화도가 감소되는 현상을 나타내기 보다 오히려 증가하는 현상을 나타내는 것이라 할 수 있다. 운동 종료 시 산소분압과 헤모글로빈의 산소포화도 증가는 이와 같은 조직에서의 가스교환 시간의 감소에 따라 야기된 결과로 해석될 수 있겠다.

호구착용 유무와 검도 운동 전후 혈중 에너지 기질 (glucose, lactate, FFA) 농도의 변화

탄수화물과 지방은 운동 중 유산소 대사에 의한 ATP 생성의 주요한 원천이다. 운동 중 인체 골격근의 에너지 요구를 충족시키기 위한 탄수화물과 지방의 상호작용에 대한 조절 기전과 관련된 많은 연구가 보고된 바 있다 (Spriet & Watt, 2003; Hawley et al., 2010).

고온 환경에서의 장시간 운동 시 적절한 탄수화물의 섭취는 간의 글리코겐 농도 저하 속도를 늦추고 혈중 포도당 농도를 정상 수준으로 유지시키며, 근육에서의 글리코겐 소모를 줄여 피로 및 운동수행의 연장에 긍정적으로 작용한다(Coggan & Coyle, 1991).

본 연구에서 혈중 포도당은 안정 시와 비교해 운동종료 시와 회복 시에서 유의하게 증가함을 보였다. 이는 60분간의 검도 운동이 매우 높은 강도와 간헐적 능동 휴식을 반복하는 형태를 나타내 보여지는 현상으로 이해할 수 있다. 하지만 호구 착용 유무에 따른 동일 시간대에서의 포도당 농도를 비교한 결과에서는 별다른 차를 나타내지 않았다.

혈중 젖산 농도의 변화도 포도당에서 나타낸 변화 양상과 흡사하게 나타났다. 운동 종료시($9.59 \pm 2.44 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)에서 안정 시($1.10 \pm 0.20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)와 비교해 유의한 증가를 나타냈으며 회복 후($2.44 \pm 0.87 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)에는 운동 종료 시와 비교해 유의한 감소가 나타나긴 했으나 여전히 안정시보다 유의하게 높은 수치를 유지했다. 이는 수행된 운동이 간헐적 형태의 고강도의 운동이었음을 반영하는 것이다. 호구 착용의 경우($\sim 10.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)와 미착용의 경우($\sim 9.2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)에서 보여지는 운동 종료시의 젖산 농도는 실제 최대강도의 운동을 지칠 때까지 수행 시 나타나는 혈중 젖산 농도($10.0 \sim 12.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)에 근접해 있음을 보여 운동의 강도가 매우 높았음을 반영하고 있다.

혈중 유리지방산 농도의 변화를 살핀 결과, 호구착용 유무에 따른 동일 시간대의 평균차 검증에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이는 수행한 운동의 형태가 지방 대사를 활성화시켜 체지방의 분해를 촉진하는 효과를 발휘하는 데는 제한적이었음을 반영하는 결과라 볼 수 있다.

이러한 결과들을 토대로 본 연구에서 적용한 검도 운동이 체내 포도당 및 간과 근육에 저장된 글리코겐을 주요 에너지원으로 사용하는 고강도의 운동이라는 것을 알 수 있었으며 혈중 유리지방산의 변화가 나타나지 않았다는 점에서는 체내 저장된 지방의 추가적인 분해 및 동원의 효과는 미미하게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 단순히 혈중 유리지방산 농도가 변하지 않았다고 해서 근육 내 저장 지방의 분해 및 산화에 의한 에너지 공급이 없었다고 단정 짓긴 어려운 것으로 비록 혈중 유리지방산 농도의 변화가 유의하게 나타나지는 않았지만 활동적인 조직에서의 지방 산화율 변화가 나타났는지의 유무에 대한 명확한 결론을 내리기에는 한계가 있었다.

본 연구에서는 개인의 체격과 체력 상태를 고려하지 못했다는 측면과 혈액의 채집 시 발생할 수 있는 생리적 변화 등을 고려하지 못한 한계점이 있었음을 밝히며, 후속 연구를 통해 호구 착용의 유무에 따라 나타나는 타격 강도의 변화, 혈중 체수분 및 이온 농도를 조절하는 호르몬 농도의 변화 등에 대해 체계적으로 밝힘으로써 본 연구에서 밝히지 못한 호구 착용의 생리적 효과를 세부적으로 비교·분석해 낼 수 있을 것이다.

결론 및 제언

검도 운동 중 호구 착용이 엘리트 검도 선수의 혈중 가스 및 대사관련 변인에 미치는 영향에 대한 연구를 수행해 아래와 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 혈중 K^+ 와 Ca^{2+} 은 호구 착용의 유무와 시간의 상호 작용 효과를 나타내 운동 종료 시의 K^+ 와 Ca^{2+} 농도는 호구 착용 시와 비교해 호구 미착용 시 낮게 나타났다.

둘째, Hct와 Hb의 수치는 검도 훈련 시 증가를 나타내며 호구 착용 시에서 미착용 시 보다 더 크게 나타났다.

셋째, 정맥혈 내 pH는 저하되는 반면, PO_2 와 SatO_2 는 유의한 증가를 나타내지만 호구 착용의 유무에 따른

영향은 받지 않는다.

넷째, 혈중 포도당과 젖산 농도의 유의한 상승이 나타나지만 호구 착용의 유무에 따른 영향은 받지 않는다.

다섯째, 혈중 PCO₂와 유리지방산의 농도는 호구 착용유무 및 검도 운동 수행에 영향을 받지 않는다.

여섯째, 운동 시와 회복 시 모두에 있어 호구 착용 시의 분당 심박수가 호구 미착용 시 보다 높게 유지되는 경향을 나타낸다.

이러한 사실들은 호구착용이 검도 운동 중 에너지소비량 및 수분 소실량을 크게 함으로써 체내 생리적 대사 지표에 더 큰 변화를 야기할 수 있음을 보여주는 것이라 하겠으며 검도 경기력의 향상을 위해 신소재의 개발과 이용을 통한 호구 무게의 경량화 방안의 마련과 호구 착용 시 수분소실이 많음을 훈련시의 무게를 더욱 크게 함으로서 생리학적으로 내성의 향상을 기할 수 있는 트레이닝 프로그램의 개발도 고려해야 할 것으로 보여진다.

참고문헌

- Brody, T. (1994). *Nutritional biochemistry*. California. Academic press, 490-519.
- Cho, H. C & Han, J. H. (2002). The study of anaerobic exercise ability and segment body water of combative athletes. *The Korean Journal of Growth and Development*, 10(1), 109-120.
- Coggan, A. R., & Coyle, E. F. (1991). *Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: Effects on metabolism and performance*. In Exercise and Sports Sciences Reviews. J. O. Holloszy (Ed). Baltimore: Williams & Wilkins. 1-40.
- Ha, J. W. (2012). *The effects of repeated participation of competitive Kumdo game on indices of blood fatigue and energy substrate concentration in collegiate Kumdo players*. Ms.D Dissertation, Daegu University.
- Hawley, J. A., Burke, L. M., Phillips, S. M., & Spriet, L. L. (2010). Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 110, 834-845.
- Kim, D. J. (2003). The effects of the endurance training on blood component and oxygen transports capacity at resting and exercise stress test in cycle athletes. *Exercise Science*, 12(4), 575-585.
- Lee, E. B. (2000a). *A study on the change of cardiopulmonary functions and blood lactate maximal exercise*. Ms.D Dissertation, Daegu University.
- Lee, S. K. (2000b). *A study on motor intensity for kumdo game*. Ms.D Dissertation, Daegu University.
- McMicken, D. F., & Daniels, J. T. (1976). Aerobic requirement maximum aerobic power in treadmill and track running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 8(1), 14-27.
- Min, C., K., Bae, S. J., & Lee, K. C. (2001). Analysis of Factors Influencing Attack of Head in Kumdo Bouts. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 1(1), 1-11.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73, 1340-1350.
- Montain, S. J., Sawaka, M. N., & Wenger, C. B. (2001). Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis. *Exercise Sport Science Review*, 29(3), 113-117.
- Paik, I. Y. (2006). *Exercise and energy metabolism*. Seoul: Daehanmedia.
- Spriet, L. L., & Watt, M. J. (2003). Regulatory mechanisms in the interaction between carbohydrate and lipid oxidation during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(4), 443-452.
- Timothy, D. N., Juha, E. P., & Heikki, K. R. (2001). Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *The Journal of Experimental Biology*, 204, 3225-3234.
- Wagner, P. D. (1995). Muscle O₂ transport and O₂ dependent control of metabolism. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 47-53.
- Welch, H. G. (1982). Hyperoxia and human performance: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 253-262.
- Williams, J. H., Powers, S. K., & Kelly, S. M. (1986). Hemoglobin desaturation in highly trained athletes during heavy exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), 168-173.
- Wilmore, L. H. & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human kinetics, 362-379.
- Yang, K. K. (2002). *Comparison of characteristics on*

physique, body composition, cardiorespiratory function, blood constituent and physical fitness in high school swordsmen. Ph.D. Dissertation, KyungSung University.

Yoon, Y. H. (2004). The effect of Taekwondo competition on serum metabolites. *Korea Sport Research*. 12(3), 1651-1658.

호구착용이 검도 운동 시 혈중 생리 지표 및 에너지 기질의 변화에 미치는 효과

손용희 · 허성훈 · 박양배 · 김윤미 · 이종삼(대구대학교)

이 연구의 목적은 엘리트(대학) 검도 선수를 대상으로 실제 검도 운동 시 호구 착용에 따른 혈중 가스 성분 및 생리적 대사 관련 지표들의 변화를 살피는데 있으며 검도 수련 과정에 적용할 수 있는 실제적이고 과학적인 훈련 및 교육 프로그램의 개발에 기여하고자 수행되었다. 연구를 위해 경상북도 소재의 D대학 내 학생 검도 선수 10명을 선정하였으며 사전에 계획된 검도 운동 프로그램에 따라 총 2회에 걸쳐 80분간의 검도 운동을 실시하였다. 총 2회 중 1회는 검도 경기 시 착용해야 하는 모든 호구 장비를 착용한 상태로 운동을 수행하였으며 나머지 1회는 도복만을 착용한 상태에서 동일 시간 운동을 수행토록 하였다. 운동 중 지속적으로 심박수의 변화를 관찰하였으며 운동 실시에 따른 혈중 가스, 이온, 및 에너지 기질의 농도 변화를 조사하기 위해 혈중 생화학적 분석을 실시하였다. 혈중 K^+ 와 Ca^{2+} 은 호구 착용의 유무와 시간 사이에 유의한 상호 작용 효과를 나타내었으며, Hct와 Hb의 경우 호구 착용의 유무와 시간 사이에 유의한 상호 작용 효과는 나타나지 않았으나 운동 수행에 따른 수치의 증가와 함께 호구 착용 시에서 미착용시와 비교해 더 큰 변화를 나타냈다. 호구 착용 여부와 무관하게 검도 운동 후 pH의 유의한 감소가 나타났으나 이에 반해 PO_2 , Na^+ , glucose, lactate, %Sat O_2 수치는 상승하는 것으로 나타났다. 운동 시와 회복 시의 심박수는 호구 착용 시에서 미착용 시와 비교해 높게 유지되는 경향을 나타냈다. 이와 같은 결과를 토대로 검도 운동 시 호구착용이 체내 생리적 대사 지표에 더 큰 변화를 야기할 수 있다는 결론을 도출할 수 있었으며 이는 체수분의 소실 증가와 그에 따른 에너지소비량의 상승과의 연계 가능성에서 비롯된 것이라 생각된다. 후속 연구를 통해 호구 착용이 검도 운동 중 타격 강도에 미치는 영향 및 혈중 호르몬 농도 변화에 미치는 효과 등을 함께 밝힘으로써 호구 착용으로 유도되는 세부적인 생리 효과를 규명할 수 있을 것이다.

주요어: 검도, 호구, 혈중 이온, 혈중 가스 성분, 심박수