

발바닥 부위 쿨링이 심부 체온에 미치는 효과

박유진¹ · 김정훈² · 박지은¹ · 김지인³ · 이종민⁴

¹경북대학교 대학원 의용생체공학과, ²경북대학교 대학원 전자공학부
³(주) 신라시스템, ⁴경북대학교 의학전문대학원 영상의학교실

The Effect of Foot Cooling on Body Temperature

Yujin Park¹, Junghun Kim², Jieun Park¹, Jiin Kim³ and Jongmin Lee⁴

¹Department of Biomedical Engineering, Kyungpook National University

²Department of Electrical Engineering, Kyungpook National University

³Silla System Inc.

⁴Department of Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University

(Manuscript received 21 July 2017 ; revised 23 August 2017 ; accepted 11 October 2017)

Abstract: In this study, We investigated the effect of foot cooling on the reduction of body temperature after hard exercise at the high temperature of 40°C. We performed a total of 30 subjects, and the subjects performed treadmill exercise for 30 minutes. We produced the cooling device to cool the foot using Peltier module. After the end of the exercise, We performed normal recovery method and cooling recovery method(one foot, both feet) for 1 hour on the same indoor environmental conditions and confirmed the change of body temperature of subjects. The results of deep body temperature measurement showed average 38.78 ± 0.22°C to 38.54 ± 0.15°C when the normal recovery method was performed. Cooling recovery method on one foot showed average 38.69 ± 0.14°C to average 38.06 ± 0.17°C and Cooling recovery method on both feet showed average 38.69 ± 0.15°C to average 37.84 ± 0.21°C. There was a significant difference between the normal recovery method and the one foot cooling recovery method(p < .05), there was a significant difference between the normal recovery method and the both feet cooling recovery method(p < .05) and there was a significant difference between the one foot cooling recovery method and the both feet cooling recovery method(p < .05). Body temperature showed the lowest decrease rate when the normal recovery method was performed, and body temperature showed the highest decrease rate when the both feet cooling recovery method was performed. Therefore, recovery of cooling on the foot after hard exercise have decreased body temperature, delay fatigue in the body, and will be contributed to improvement of athlete performance.

Key words: Body temperature, Foot, Peltier, Cooling System

1. 서 론

스포츠에 대한 국민의 관심이 높아지고, 생활 체육이 대중화됨에 따라 경기력 향상을 위한 전략 수립이 요구되고

있다. 여러 전문분야의 지식과 기술을 동원하여 선수들의 능력을 정확히 파악하고, 이를 스포츠 현장에 효율적으로 적용시켜 경기력 향상에 직접적인 도움이 필요하다. 뿐만 아니라 스포츠 현장에서의 외부환경 및 선수 개개인의 컨디션은 경기력 극대화에 필수요소라 할 수 있다. 축구, 야구, 골프 등 대부분의 스포츠가 실외에서 경기가 많이 이루어진다. 고온의 외부환경은 선수들에게 열적 스트레스를 상승시키고 피로감을 높이는 등 다양한 영향을 미치게 된다[1]. 특히, 고온의 환경에서 격렬한 운동 시 신체 내 열 축적으로 인하여 심부체온이 급격히 상승하게 되고, 장시간 운동 또는 반복적인 운동 시에도 심부체온을 빠르게 상승시켜 인체 내 물

Corresponding Author : Jongmin Lee
(700-721) 50, Sam-Duk 2 Ga, Jung-gu, Daegu, Republic of Korea

TEL: +82-53-420-5472 / FAX: +82-53-422-2677

E-mail: jonglee@knu.ac.kr

이 연구는 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금 과제의 지원을 받아 연구되었습니다.

질대사의 변화를 초래한다[2]. 상승된 심부체온은 혈류 증가, 혈중 젖산 농도 증가, 혈중 암모니아 농도 증가 및 산소 섭취량 증가 등으로 신체 내 피로를 야기한다. 혈중 젖산과 암모니아의 농도는 운동 강도와 운동 시간에 따라 증가하며, 선수들의 경기수행능력을 저하시키는 작용을 한다. 이처럼 심부체온의 상승은 피로감을 높여 신체활동 능력을 떨어뜨리고 경기력 저하의 결과를 초래하게 된다[3]. 이에 따라 심부체온 감소를 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 연구 방법으로는 스트레칭, 마사지, 쿨링 기법 및 히팅 기법 등이 적용 되고 있다[4]. 그 중 쿨링 기법은 체내 열 축적의 지연과 근 손상을 회복시키며[5], 쿨링 방법, 쿨링 온도, 쿨링 적용 부위 등에 따라 다양하게 연구되고 있다[6]. 이러한 연구는 스포츠인들의 체온상승을 지연시킴으로써 운동 수행 능력 및 경기력 향상에 목적을 두고 있다. 이주연 등(2004)은 냉각 방법을 비교하였는데, 고온에서 전도방식과 증발방식의 냉각 기법을 비교한 결과 전도방식이 고온에서 더위를 완화시키는 효과를 나타내었다는 결과를 보고했다[7]. 또한, 양윤권 등(2016)의 실험에서는 운동 직후 10분간 10°C(쿨링)와 40°C(히팅)의 물에 발목 부분을 완전히 침수시켜 회복한 결과 쿨링 그룹이 가장 높은 젖산 농도 감소율을 나타내어 냉처치가 경기력 향상에 기여할 수 있을 것으로 보고했다[8]. 쿨링 적용 부위에 따른 연구에서는 이재상 등(2006)은 몸통부위 만을 15°C의 물에 침수시킨 자세로 휴식을 취하였을 때 운동 회복속도를 가속화하였다고 했으며[9], 이대택 등(2013)의 실험에서 척추부위의 냉각은 심부온의 빠른 감소를 관찰할 수 없었다고 보고했다[10]. 이주연 등(2004)은 이마와 목 부위 냉각 기법을 비교한 결과 접촉 면적이 좁은 이마부위가 냉각부위로 적절하다는 결과를 보고했다[7]. 위와 같은 냉각회복 부위 이외에 사지의 끝, 귀 등과 같은 말초부위에서는 작은 동맥과 정맥이 직접 연결되어 있는 동정맥문합(Arteriovenous Anastomosis) 부위가 존재하는데 피부의 표면 가까이에 있는 부위로 체온 조절에 있어 중요한 역할을 한다. Dennis A. 등(2005)의 연구에 따르면 동정맥문합 부위는 혈류량이 커 빠른 혈액순환이 가능하고 연결된 망상정맥이 진피층에 존재하여 심부 체온을 외부로 빠르게 전달할 수 있다고 보고했다[11]. 이에 본 연구에서는 펠티어를 이용하여 쿨링 장치를 개발하고 40°C의 고온 환경에서 트레드밀 운동 후 발바닥 부위의 냉각을 통한 심부체온의 변화에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 피험자는 남 18명, 여 12명으로 총 30명을 대상으로 선정하였고 피험자들은 정상회복, 쿨링 회복(한 발,

표 1. 피험자의 신체적 특성.

Table 1. The physical characteristics of subjects.

Sex	Variables	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Male		31.94 ± 3.33	179.50 ± 4.33	78.94 ± 3.13	24.55 ± 1.64
		33.08 ± 3.63	162.75 ± 2.42	52.67 ± 4.46	19.88 ± 1.53

양 발)을 각 1회씩 진행하였다. 실험 목적 및 시험 절차 등에 대해 충분한 사전 설명을 실시하였다. 피험자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

2. 측정도구

본 연구의 피험자 체온은 전자체온계(Thermosafer (XST200), Choistec Inc.)를 이용하여 피험자의 겨드랑이 온도를 측정하였다. 또한, 쿨링 회복 시 사용된 쿨링 장치의 온도를 30°C로 유지하였으며, 온도 측정은 4채널 디지털 온도데이터로거(TM-947SD, Lutron Co.)를 사용하였다.

3. 실험방법

(1) 운동 방법

본 실험은 K 대학교 실험실에서 진행하였고, 실외에서 실시하는 스포츠현장과 유사한 외부환경 조성과 심부체온의 급격한 변화를 관찰하기 위해 실험실 내 환경을 온도 38°C~40°C, 습도 15%로 유지하였다. 그리고 고체온증(Hyperthermia)으로 인한 신경 및 근육 세포의 손상, 위장, 간 등의 장기에 나타나는 부작용을 방지하기 위해 피험자의 심부체온을 39°C까지 증가시킨 후 회복을 진행하였다. 운동 및 쿨링 회복시 피부를 통한 열손실을 막기 위해 긴 옷, 복면, 장갑을 착용하여 피부가 외부로 노출되는 것을 최소화하였다. 피험자들은 쿨링 유형별에 따라 쿨링 없이 회복하는 정상회복 방법, 한 발을 쿨링 하여 회복하는 한발 쿨링 방법과 양 발을 쿨링 하여 회복하는 양발 쿨링 방법을 각 1회씩 진행하였다. 운동 방법은 speed 5.5 km/h의 운동 강도로 30분간 트레드밀 운동을 실시하였다. 운동 종료 후 1시간 동안 정상회복방법 및 쿨링 회복을 진행한다.

(2) 쿨링 장치 및 쿨링 방법

펠티어 소자는 두 종류의 소자 양단에 전압을 가하면 한 쪽 면에서는 발열하여 온도가 상승하고 다른 면에서는 흡열하여 온도가 낮아지는 펠티어 효과를 이용한 소자이다[12]. 본 실험에서 운동 종료 후 발바닥 부위 쿨링 회복을 적용하기 위해 펠티어 소자를 이용한 쿨링 장치를 제작하였다. 펠티어 소자의 냉각작용을 이용하여 열전도율이 높은 구리등

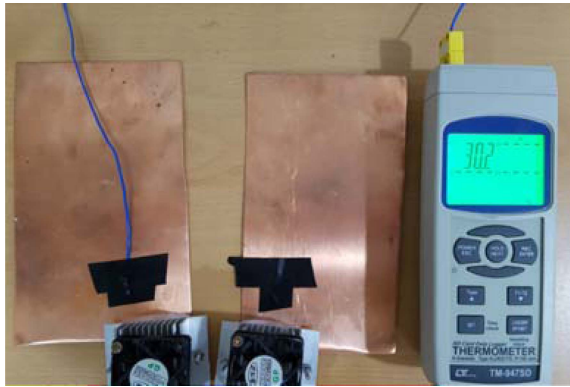


그림 1. 쿨링 장치.
Fig. 1. Cooling System.

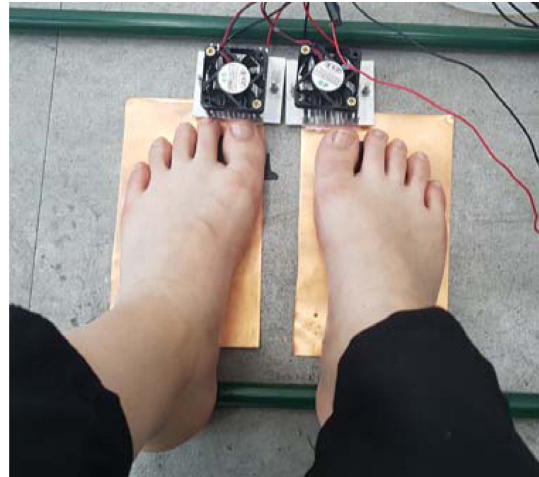


그림 3. 양 발 쿨링 방법.
Fig. 3. Cooling method on both feet.

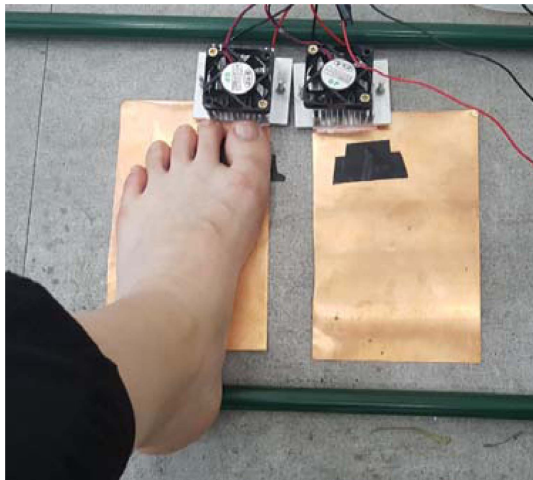


그림 2. 한 발 쿨링 방법.
Fig. 2. Cooling method on one foot.

판의 온도를 30°C로 유지하였고(그림 1), 발바닥 부위 쿨링 회복 방법을 진행하였다. 운동 종료 후 회복 방법으로는 동일한 고온의 환경에서 정상회복방법과 쿨링 회복을 1시간 동안 실시하였다. 정상회복방법으로는 발바닥부위에 쿨링 없이 앉은 상태에서 휴식을 취하였고, 한 쪽 발바닥 부위만 쿨링하는 한 발 쿨링 회복 방법(그림 2)과 양쪽 발바닥 부위를 쿨링 하는 양발 쿨링 회복 방법(그림 3)을 진행하였다.

(3) 측정방법

본 연구에서는 체온측정을 위해 겨드랑이온도를 측정하였다. 겨드랑이온도 측정은 전자체온계(Thermosafert(XST200), Choistec Inc.)를 이용하여 실시간으로 체온을 확인하였고 운동 종료 후 5분 단위로 체온을 측정하였다.

4. 자료처리

본 연구에서는 SPSS20 통계 프로그램을 이용하여 각 항

목별 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였고, 각 쿨링 유형(정상회복 방법, 한 발 쿨링 방법, 양 발 쿨링 방법)간의 유의한 차이를 확인하기 위해 Paired t-test를 실시하였다. 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 쿨링 유형에 따른 체온의 변화

쿨링 유형에 따른 심부체온의 변화는 표 2, 그림 4와 같다. 심부 체온 측정 결과 운동 직후 평균 $38.78 \pm 0.22^\circ\text{C}$ 에서 정상회복 1시간 후 평균 $38.54 \pm 0.15^\circ\text{C}$, 운동 직후 평균 $38.69 \pm 0.14^\circ\text{C}$ 에서 한 발 쿨링 1시간 후 평균 $38.06 \pm 0.17^\circ\text{C}$, 운동 직후 평균 $38.69 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 에서 양 발 쿨링 1시간 후 평균 $37.84 \pm 0.21^\circ\text{C}$ 를 나타내었다. 정상회복 방법과 한 발 쿨링 방법간의 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 정상회복 방법과 양 발 쿨링 방법간에도 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 한 발 쿨링 방법과 양 발 쿨링 방법간의 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 이와 같이 발바닥과 같은 동정맥문합(Arteriovenous Anastomosis) 부위는 혈류량이 커 빠른 혈액순환이 가능하고 연결된 망상정맥이 진피층에 존재하여 심부 체온을 외부로 빠르게 전달할 수 있다.

본 연구의 1차 실험에서는 실험실 내 환경을 온도 $26^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$, 습도 25%를 유지하였고 운동 방법은 speed 5.5 km/h의 운동 강도로 30분 간 트레드밀 운동을 실시하였다. 그 결과 운동전 평균 심부체온 $37.0 \pm 0.25^\circ\text{C}$ 에서 운동 후 평균 심부체온 $37.3 \pm 0.17^\circ\text{C}$ 로 심부체온의 급격한 변화를 관찰하기에 어려움이 있었다. 따라서 2차 실험에서는 실외에서 실시하는 스포츠현장과 유사한 외부환경 조성으로 심부 체온의 급격한 변화를 관찰하기 위해 실험실 내 환경을 온

표 2. 쿨링 유형에 따른 심부체온의 변화.
Table 2. The change of body temperature by cooling type.

쿨링 유형 \ 쿨링 시간	운동 직전	운동 직후	처치 5 분 후	처치 10 분 후	처치 15 분 후
정상회복 방법	36.86 ± 0.22	38.78 ± 0.12	38.77 ± 0.13	38.73 ± 0.12	38.73 ± 0.12
한발쿨링 방법	36.88 ± 0.25	38.69 ± 0.14	38.66 ± 0.15	38.59 ± 0.18	38.53 ± 0.18
양발쿨링 방법	36.90 ± 0.25	38.69 ± 0.15	38.59 ± 0.16	38.52 ± 0.18	38.45 ± 0.20
쿨링 유형 \ 쿨링 시간	처치 20 분 후	처치 25 분 후	처치 30 분 후	처치 35 분 후	처치 40 분 후
정상회복 방법	38.70 ± 0.13	38.68 ± 0.14	38.66 ± 0.13	38.63 ± 0.14	38.61 ± 0.14
한발쿨링 방법	38.53 ± 0.18	38.47 ± 0.18	38.37 ± 0.18	38.30 ± 0.20	38.23 ± 0.20
양발쿨링 방법	38.40 ± 0.21	38.33 ± 0.22	38.26 ± 0.21	38.17 ± 0.24	38.11 ± 0.25
쿨링 유형 \ 쿨링 시간	처치 45 분 후	처치 50 분 후	처치 55 분 후	처치 60 분 후	
정상회복 방법	38.57 ± 0.15	38.55 ± 0.15	38.55 ± 0.15	38.54 ± 0.15	
한발쿨링 방법	38.15 ± 0.19	38.11 ± 0.19	38.07 ± 0.18	38.06 ± 0.17	
양발쿨링 방법	38.04 ± 0.24	37.97 ± 0.22	37.89 ± 0.21	37.84 ± 0.21	

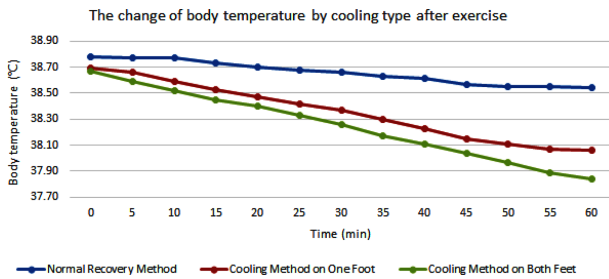


그림 4. 운동 직후 쿨링 유형에 따른 심부체온의 변화.
Fig. 4. The change of body temperature by cooling type after exercise.

도 38°C~40°C, 습도 15%로 유지하였고, 피험자의 심부체온을 39°C까지 증가시킨 후 회복을 진행하였다.

본 연구는 고온의 환경에서 격렬한 운동 후 발바닥 부위 쿨링이 심부체온 감소에 미치는 효과를 알아보려 실시하였다. 운동 종료 후 발바닥 부위의 각 쿨링 유형간의 유의한 차이를 확인하였다. 정상회복 방법과 한 발 쿨링 방법 간의 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 정상회복 방법과 양 발 쿨링 방법 간에도 유의한 차이가 나타났으며($p < .05$), 한 발 쿨링 방법과 양 발 쿨링 방법 간의 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 양윤권 등(2016)은 태권도 모의경기 프로그램 후 10분간 10°C의 물에 발목부분을 완전히 침수시켜 회복하는 냉처치 방법, 40°C의 물에 발목 부분을 완전히 침수시켜 회복하는 온처치 방법과 냉·온처치를 제외한 일반 회복 방법에 따른 체온 변화 분석에서 통계적으로 유의한 상호작용 효과, 그룹 간 주 효과, 그룹 내 시점 별 주 효과는 나타나지 않았다고 보고하였고[8], 손무영 등(2012)은 중거리 사이클 경기 후 10분 동안 앉은 자세에서 10°C의 얼음물에

발목부위까지 침수시키는 냉각 회복 방법과 발목부위의 냉각을 제외한 일반회복방법에 따른 체온 변화 분석에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 보고하여 본 연구 결과와는 상이한 결과였다[13]. Charlie 등(2004)의 실험에 따르면 15.6°C의 조건으로 2시간 동안 쿨링을 했을 때 심부체온이 증가했다고 보고하여 낮은 온도의 쿨링 적용에서는 오히려 심부 체온이 올라가는 것으로 사료된다[14]. 또한 Leicht 등(2009), 선행연구에서 Fan을 사용한 쿨링 방법이 심부체온 감소에 효과가 있다고 보고하였지만[15], 실외에서 진행하는 스포츠 현장에서의 쿨링 방법으로는 어려움이 있다고 판단된다.

많은 선행연구에서는 심부체온 상승으로 인해 나타나는 다양한 신체 내 변화요인들을 연구하고 있다. 김상수 등(2015)의 실험에서는 로잉머신 테스트 후 몸통 부위에 냉·온 혼합침수를 15분간 실시하여 다양한 혈중 피로물질의 변화에 대해 분석하였고, 그 결과 혈중 암모니아의 변화, 혈청 LDB의 변화, 혈청 CPK의 변화에서 유의한 차이를 나타내어 최대하운동 후 혼합침수 적용이 혈중피로변인이 안정 시 수준으로 회복되는 양상을 확인하였다[16]. 김태완(2014)은 골프선수들의 경부 냉각요법 전·후의 근 활성화 차이를 비교한 결과 척추 기립근, 비복근 등의 활성화에 영향을 미쳤으며 경부 냉각요법으로 골프 선수들의 경기력 향상에 영향이 있음을 보고했다[17]. 이대택 등(2013)은 고온의 환경에서 사이클 운동 후 30분 동안 10°C로 척추부위의 냉각 회복 방법과 척추 부위의 냉각을 제외한 일반 회복 방법에 따른 HRV지표, 피부혈류량과 혈중 젖산농도 변화 분석 결과 유의한 차이가 나타났다고 보고했다[10]. 이와 같이 운동 후 발바닥 부위에 냉각 기법 적용에서 나타나는 인체 내 다양

한 반응을 분석하여 스포츠인들의 경기력 향상을 위해 다각적인 후속연구가 시도되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 40°C의 고온 환경에서 격렬한 운동 후 발바닥 부위 쿨링이 심부체온 감소에 미치는 효과를 알아보고자 실시하였다. 총 30명의 피험자를 대상으로 실험을 진행하였고 30분 간 트레드밀 운동을 실시하였다. 운동 종료 후 동일한 실내 환경조건에서 정상 회복 방법, 쿨링 회복 방법을 1시간 동안 진행하면서 피험자들의 심부체온 변화를 확인하였다. 심부 체온 측정 결과 운동 직후 평균 38.78 ± 0.22°C에서 정상회복 1시간 후 평균 38.54 ± 0.15°C, 운동 직후 평균 38.69 ± 0.14°C에서 한 발 쿨링 1시간 후 평균 38.06 ± 0.17°C, 운동 직후 평균 38.69 ± 0.15°C에서 양 발 쿨링 1시간 후 평균 37.84 ± 0.21°C를 나타내었다. 정상회복 방법과 한 발 쿨링 방법간의 유의한 차이가 나타났고 (p < .05), 정상회복 방법과 양 발 쿨링 방법간에도 유의한 차이가 나타났으며 (p < .05), 한 발 쿨링 방법과 양 발 쿨링 방법간의 유의한 차이가 나타났다 (p < .05). 운동 종료 후 정상회복 방법을 진행했을 때 심부체온은 가장 낮은 감소율을 나타냈으며, 양 발 쿨링 회복 방법을 진행했을 때 심부체온은 가장 높은 감소율을 나타내었다. 따라서 격렬한 운동 후 발바닥 부위의 쿨링 회복은 심부체온을 감소시켜 신체 내 피로를 지연시키고 선수들의 경기력 향상에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

Reference

- [1] C.S. Baek, K.H. Kim, T.D. Kwon, "The effect of the repetitive loaded exercise in a hot environment on body temperature, thermal sensation and ration of perceived exertion.", *Korean Journal of Sports Science*, vol. 25, no. 2, pp. 829-838, 2016.
- [2] D.Y. Kim, D.H. Park and K.H. Kim, "The comparison of fatigue by different exercise types under hot environment", *Korean Society of Exercise Physiology*, vol. 17, no. 2, pp. 211-222, 2008.
- [3] J. Booth, F. Marino, and J.J. Ward, "Improved running performance in hot humid conditions following whole body pre-cooling.", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 29, no. 7, pp. 943-949, 1997.
- [4] S.W. Cha, S.G. Shin and I.S. Lim, "The effect of passive recovery, massage, cold&hot bath and aroma therapy on fatigue metabolic substrate after 10km running.", *The Korean Journal of Exercise Nutrition*, vol. 10, no. 1, pp. 37-42, 2006.
- [5] C. Bleakley, S. McDonough and D. MacAuley, "The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury.", *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 32, pp. 251-261, 2004.
- [6] I.M. Wilcock, J.B. Cronin and W.A. Hing, "Physiological response to water immersion.", *Sports Med*, vol. 36, Issue. 9, pp. 747-765, 2006.
- [7] J.Y. Lee, H.S. Chio and S.O. Chin, "The study of the effect to the human body from the thermal conduction type local cooling", *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, vol. 11, no. 4, pp. 275-281, 2004.
- [8] Y.K. Yang and E.H. Park, "The effect of cold and hot water immersion on the blood fatigue markers in Taekwondo athletes", *Korean Journal of Sports Science*, vol. 25, no. 4, pp. 1053-1061, 2016.
- [9] J.S. Lee, H.J. Ku, K.T. Kim and D.K. Lee, "Effects of partial body cooling on thermoregulatory and blood lactate responses to intermittent exercise in heat", *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, vol. 13, no. 2, pp. 170-175, 2006.
- [10] D.T. Lee, K.K. Lee and B.Y. Hwang, "Effects of spinal cord partial surface cooling on body temperature, heart rate variability and blood flow following prolonged exercise in the heat.", *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, vol. 20, no. 1, pp. 45-56, 2013.
- [11] D.A. Grahm, V.H. Cao, and H.C. Heller, "Heat extraction through the palm of one hand improves aerobic exercise endurance in a hot environment.", *Journal of Applied Physiology*, vol. 99, no. 3, pp. 972-978, 2005.
- [12] D.Y. Pang, T.K. Kwon and S.C. Lee, "Temperature control of aluminum plate by PWM current control of peltier module", *Journal of The Korea Society of Precision Engineering*, vol. 23, no. 10, pp. 60-67, 2006.
- [13] M.Y. Son, B.Y. Hwang, D.T. Lee and K.S. Cha "Effect of periphery cooling and active pedaling recovery on fatigue index and performance after middle-distance cycle competition", *Korean Journal of Sport Science*, vol. 23, no. 3, pp. 666-674, 2012.
- [14] C. Huzenga, H. Zhang, E. Arens, D. Wang, "Skin and core temperature response to partial- and whole-body heating and cooling", *Journal of Thermal Biology*, vol. 29, Issue. 7-8, pp. 549-558, 2004.
- [15] A.S. Leicht, W.H. Sinclair, M.J. Patterson, S. Rudzki, M.P. Tulppo, A.K. Fogarty and S. Winter, "Influence of postexercise cooling techniques on heart rate variability in men.", vol. 94, Issue. 6, pp. 695-703, 2009
- [16] S.S. Kim, W.J. Lee and S.B. Ju, "The effects of cold and warmth mixed immersion on eardrum temperature and blood fatigue factor after submaximal exercise", *Korean Journal of Sports Science*, vol. 24, no. 5, pp. 1481-1488, 2015.
- [17] T.W. Kim, "The effects of golfer's muscle activity to intermittent neck cryotherapy", *The Korea Journal of Sports Science*, vol. 23, no. 6, pp. 1459-1467, 2014.