

Cooling Strategy for Improving the Performance of Endurance Sports in Heat

Chan-Ho Park¹ and Yi-Sub Kwak^{2*}

¹Department of Marine Sports, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

²Department of Physical Education, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea

Received May 1, 2017 / Revised May 24, 2017 / Accepted May 26, 2017

It is well established that endurance performance is negatively affected by environmental heat stress. Numerous scientific investigations have attempted to improve performance in the heat with pre-cooling and per-cooling for endurance athletes. Some cooling strategies are more logistically challenging than others, and thus are often impractical for use in training or competition. The purpose of this study was to review the literature on the use of cooling interventions in the improvement of performance and recovery from exercise-induced heat stress. We undertook an examination that focused on the effects of pre-cooling and per-cooling on the improvement in endurance performance and the effects of post-exercise cooling on recovery. The benefits for pre-cooling and per-cooling strategies undertaken in the laboratory setting could be employed by athletes who compete in hot environmental conditions to improve performance. Most laboratory studies have shown improvements in endurance performance following pre-cooling and per-cooling, and in recovery following post-cooling. Cooling strategies such as cooling vest, neck cooling collar, menthol and ice slurry are practically relevant to sports field. Cooling interventions that can be applied frequently to reduce thermal strain prior to, during and directly after training appear to be the best effective strategy to improve performance and recovery. Future research is warranted to investigate the effectiveness of practical pre-cooling and per-cooling strategies in competition or field settings.

Key words : Cooling intervention, cryotherapy, endurance performance, per-cooling, pre-cooling

서 론

고온 환경에서 장시간 운동을 할 경우 체온조절(thermoregulation)을 위해 피부 혈류량 증가와 발한율이 증가하며 열 스트레스(heat stress)에 노출되어 나타나는 체온 상승은 대사적 손실을 초래하여 생리활성에 관여하는 다양한 호르몬 변화에 영향을 미쳐 항상성의 불균형을 초래한다[69]. 이러한 체온 조절 기전이 지속되면 생리적인 피로와 탈수현상을 유발 시킬 수 있으며, 운동유발성 탈수현상(exercise-induced dehydration)은 유산소성 운동수행력(aerobic performance)을 감소시키는 것으로 알려져 있다[24, 39, 52]. 그리고 외부 환경 온도가 32℃ 이상 일 경우 신체에 자극하는 열 스트레스가 고체온증(hyperthermia)을 유발시켜 유산소성 운동수행력을 감소시키는 것으로 보고되고 있으며[20, 39], 최적의 환경온도에서 1℃ 상승마다 마라톤 경기력은 0.03%씩 감소된다[26]. 철인3종경기와 마라톤과 같은 지구성 스포츠는 고온 환경에

서 경기를 수행하는 경우가 대부분이며, 고온 환경에서 장시간 운동 시 발생하는 탈수현상은 열 피로(thermal strain)와 심혈관 피로(cardiovascular strain)를 더욱 악화시키고[24, 36], 유산소성 운동수행력을 감소시킨다[39]. 또한 신체의 냉각시스템에 문제를 유발시켜 열사병(heat stroke), 열피로(heat strain), 열경련(heat cramp)과 같은 현상을 일으키며[52], 면역 및 염증 반응과 같은 생체 방어기전에도 부정적인 영향을 미친다[41, 67]. 이처럼 고온 환경은 지구력 선수들의 운동수행력의 감소 뿐 아니라 건강에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다[42]. 환경 온도와 경기 거리가 증가함에 따라 이러한 부정적인 영향은 더욱 증가한다[40]. 따라서 고온 환경에서 실시되는 지구성 스포츠의 운동수행력 감소를 예방할 수 있는 중재적인 전략을 제시하는 연구의 필요성이 제기된다. 최근 연구에서 고온 환경에서 운동을 수행할 경우에 운동수행력을 감소시키는 결정적인 요인은 심부온도(core temperature)의 상승과 관련이 있으며, 고온 환경에서 심부온도의 상승을 예방하기 위한 전략으로 냉각중재(cooling interventions) 방법의 효과에 대한 많은 연구자들의 관심을 이끌어 냈다[1, 25]. 고온 환경에서 운동 중에 나타나는 운동수행력 감소 및 생리적 스트레스를 예방하기 위한 다양한 냉각요법에 관한 연구들이 제시되고 있으며, 초기의 연구는 냉각요법이 체온 조절 및 운동수행력에 미치는 효과를 분석하였으며[32, 45, 68], 최근에는 다양한 냉각요법의 효과를 분석하기 위한 연구가 실시되었

*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1546, Fax : +82-505-182-6915

E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다[51, 61]. 그리고 운동 후 냉각요법(cryotherapy)은 부상 및 재활과 같은 치료적인 목적으로 이용되고 있으며, 근통증 완화 및 골격근 손상으로 나타나는 염증을 감소시키는 효과가 있다[6]. 이처럼 고온 환경에서 훈련과 경기를 장시간 수행하는 지구성 스포츠 선수들은 기온 및 습도와 같은 외부 환경의 변화에 따라 개인의 컨디션을 조절하고 적응하는 것이 운동수행력을 향상시키는 중요한 요인이 될 수 있다.

따라서 고온 환경에서 실시되는 지구성 스포츠의 운동수행력을 향상시키기 위해서는 운동 전과 운동 중의 적절한 냉각 처치와 운동 후 회복을 위한 적절한 냉각처치의 전략들을 스포츠 현장에 적용시키는 것이 필요한 실정이다. 본 총설은 고온 환경에서 실시되는 지구성 스포츠의 운동수행력과 관련된 냉각요법에 대한 선행연구들의 결과를 분석하여 고온 환경에서 실시되는 지구성 스포츠 선수들의 운동수행력에 효과적이고 실용적인 전략들을 제시하는데 목적이 있으며, 또한 고온 환경에서 지구성 운동수행력 향상을 목표로 이러한 전략들의 효능을 평가하고자 하는 향후 연구에 기초적인 자료를 제공하는데 있다.

냉각요법의 중재방법 및 효과

냉침수법(cold water immersion: CWI)은 선수들의 운동수행력 향상과 회복 및 피로를 최소화시키기 위한 냉각요법으로 제시되고 있다[29]. 체온 보다 낮은 33~34°C의 수온에 신체를 침수하게 되면 인체는 피부의 혈류량을 줄임으로써 심부온도를 유지하려는 기전을 가지고 있으며, 체온 보다 낮은 수온에 신체를 침수할 경우 열 손실량이 열 생산량을 초과하여 심부온도를 낮추어 열저장능력을 증가시킨다[27]. 10-15°C의 수온에서 5-15분간 실시하는 CWI이 운동수행력을 향상시키는 가장 효과적인 방법으로 제시되어 왔다[64]. 운동 전 CWI의 효과는 피로유발 시간을 지연시키고[54], 달리기 운동수행력 향상[10] 및 사이클 타임트라이얼 기록 향상[27] 등이 보고되면서 고온 환경에서 CWI은 지구성 운동수행력을 향상시키는 전략으로 제시되고 있다.

얼음 슬러리(ice slurry) 섭취는 냉침수법 보다 스포츠 현장에서 선수들에게 적용시킬 수 있는 실용적인 냉각요법으로 제시되고 있다[50]. 엔탈피(enthalpy) 이론에 근거하여 얼음은 물온도(4 J/g°C)를 증가시키기 위하여 요구되는 에너지 보다 고형식에서 수분(0°C)으로 변화하는 단계에서 더 많은 열에너지를 요구한다[5]. 얼음 슬러리를 섭취하면 열에너지가 신체에 저장되는 것이 아니라 조직에서 얼음 슬러리 혼합물로 옮겨져 심부온도가 낮아진다[32]. 얼음 슬러리 섭취에 대한 효과를 제시하고 있는 선행연구에서 운동 전[53, 54, 70]과 운동 중[56]에 얼음 슬러리 음료를 섭취할 경우 지구성 운동수행력과 간헐적인 스프린터 운동수행력을 향상시키는 것으로 보고되고 있다. 그리고 얼음 슬러리 섭취가 지구성 운동수행력을 향상시킨다

는 결과들이 제시되었으며[25, 53, 54], 사이클 타임트라이얼 기록이 단축되었고[25], 고정된 운동강도에서 피로를 지연시킨다[53, 54]. 이처럼 고온 환경에서 얼음 슬러리 섭취는 지구성 운동수행력을 향상시키는데 효과적이며, 냉침수법 보다 스포츠 현장에서 실용적으로 적용시킬 수 있는 보완적이고 대체적인 냉각요법이 될 수 있다. 하지만 냉수 및 얼음 슬러리 섭취량이 많을 경우 어떤 선수들에게는 위장관 장애(gastrointestinal discomfort)를 유발시킬 수 있어 주의가 필요하다[56]. 따라서 스포츠 현장에서 이러한 중재 방법을 적용시키기 위해서는 평소 훈련에서 이러한 방법들을 적용시켜 신체의 반응을 확인하는 과정이 필요하다. 하지만 Table 1에서 제시된 바와 같이 운동 전 얼음 슬러리 섭취가 운동수행력 향상에 영향을 미치지 않았다는 연구결과도 있어[58] 여전히 더 많은 연구들이 요구되고 있다.

국부 냉각요법 전략(local cooling strategies)은 스포츠 현장에서 쉽게 적용시킬 수 있는 중재 방법으로 냉각조끼(cooling vest) [3, 15, 17, 18]와 냉각 목걸이(cooling collar) [16, 35, 60] 중재 방법에 관한 연구들이 제시되었다. 냉각 조끼는 냉침수법 또는 혼합된 냉각요법 보다 심부온도를 감소시키는데 더 효과적이며, 피부온도 감소에도 더 효과적인 것으로 나타났다[9]. 그리고 심혈관 피로와 열 스트레스 현상을 감소시키는데도 효과적이다[3]. 이처럼 냉각 조끼로 상체를 냉각시키는 전략이 심부온도를 낮추는데 효과적인 방법으로 제시되고 있다 [3, 16, 19, 31]. 이러한 기전은 운동 전에 심부온도를 낮추지 않고 피부 온도를 낮춰서 심부온도와 피부온도 사이의 온도 변화를 증가시켜서 운동 중에 발생하는 심부와 피부의 열 손실이 증가하여 심부온도를 낮추는데 있다[27]. 냉각조끼가 지구성 운동수행력을 강화시키고 피로 지연에 효과적이며, 운동 전 근육의 온도를 감소시키지 않고 피부 온도를 감소시키는데 실용적인 냉각요법으로 제시되고 있다[46, 62].

냉각 목걸이(cooling collar)는 운동에 대한 생리적인 반응에 영향을 미치지 않으면서 지구성 운동수행력을 향상시키는 것으로 제시되면서[16, 35, 60] 스포츠 현장에서 실용적으로 적용시킬 수 있는 냉각요법의 전략이 될 수 있다. Table 2에서 제시된 바와 같이 머리, 얼굴 그리고 목 부위의 냉각요법에 대한 연구들이 제시되었고 그 중에서 목 부위의 냉각요법이 가장 효과적으로 열 스트레스를 완화시키는 효과가 있는 것으로 나타났다[59]. 이러한 결과는 목 부위는 체온을 조절하는 시스템이 있기 때문에 냉각요법을 적용시키기에 적절한 신체 부위가 될 수 있다[23].

최근에는 선수들의 운동수행력 향상을 위해 멘톨(menthol)을 섭취하거나 피부에 바르거나 경기복에 뿌리는 형태의 중재 방법이 제시되고 있다[22, 58]. 대부분의 연구에서 멘톨은 고온 환경에서 실시되는 지구성 스포츠 선수들의 운동수행력 향상을 위한 냉각요법의 일환으로 제시되고 있다[4, 21]. Table 2에서 제시된 바와 같이 운동 전 얼음 슬러리 섭취와 운동 중

Table 1. Effects of pre-cooling for improving performance

Study	Method	Exercise protocol	Effects
Arngrímsson et al. 2004[3]	Cooling vest (Neptune Wetsuits Australia)	5-km running time trials in 32°C	Performance ↑
Byrne et al. 2011[13]	Cold-fluid / 900 ml(2°C)	cycling to exhaustion in 32°C	Performance ↑
Castle et al. 2006[14]	Ice packs covering the upper legs (-16°C) / 20 min	cycling intermittent sprint protocols in 33.7°C	Performance ↑
Castle et al. 2006[14]	Cold water immersion (17.8°C) Cooling vest /10°C(1.4 kg) 20 min	cycling intermittent sprint protocols in 33.7°C	No difference
Cotter et al. 2001[15]	Cooling vest (3°C)	35-min cycle exercise in 35°C	Performance ↑
Ihsan et al. 2010[25]	Ice ingestion / 6.8g/kg(-1)	40-km cycling time trial	Performance ↑
Minett et al. 2011[34]	Whole body cooling / 20 min	85min free-paced running in 33°C	Performance ↑
Ross et al. 2011[50]	Ice slurry / 14g·kg(-1)	cycling time trial in 32°C-35°C	Performance ↑
Siegel et al. 2010[53]	Ice slurry /7.5g·kg(-1) (-1°C)	running to exhaustion in 34°C	Performance ↑
Siegel et al. 2012[54]	Cold water immersion (10°C)	submaximal running to exhaustion in 34°C	Performance ↑
Stevens et al. 2016[58]	Ice slurry	5 km running time trials in 33°C	No difference
Stevens et al. 2017[57]	Cold water immersion	5 km running time trials in 33°C	Performance ↑
Stevens et al. 2017[55]	Cold-water immersion and ice slurry ingestion	3 km running time trials in 33°C	No difference
Yeo et al. 2012[70]	Ice slurry /8g·kg(-1.4°C)	10 km outdoor running time-trial in 28.2°C	Performance ↑

맨틀 섭취에 관한 냉각요법에서 운동 중 맨틀의 섭취가 운동 전 얼음 슬러리 섭취 보다 5km 타임트라이얼 기록을 더 단축시켜 운동 중 맨틀 섭취가 고온 환경에서 장시간 동안 경기를 진행하는 지구성 스포츠의 선수들에게 효과적인 냉각요법의 전략으로 제시되고 있다[58].

혼합냉각요법(mixed-methods)은 냉침수법과 얼음 슬러리 섭취 및 국부 냉각요법과 맨틀을 혼합하여 사용하는 중재 방법으로 운동수행력 향상에 가장 효과적인 전략으로 제시되고 있다[8]. 이러한 결과는 신체의 전반적인 넓은 표면을 활발하게 냉각시키는 것이 국부적인 냉각요법 보다 운동수행력을 향상시키는데 더 효과적임을 시사하고 있다. 선행연구에서 외부 냉각과 내부 냉각 요법의 복합적인 전략은 단일 냉각 요법을 실시했을 경우 보다 더 높은 냉각효과가 있기 때문에 운동수행력에 더 긍정적인 효과를 유발시키는 것으로 보고되고 있다[9]. 실험실에서 가상 경기를 실시한 사이클 선수에게도 혼합 냉각요법의 효과가 입증되었다[50]. 이처럼 혼합 냉각요

법은 단일 냉각요법들이 복합적으로 적용되면서 더 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다. 또한 얼음 슬러리와 맨틀을 이용한 혼합냉각요법이 장시간 운동 중에는 더 효과적인 중재라고 제시되고 있다[48]. 따라서 경기 시간이 더 길어질 때는 혼합냉각요법이 운동수행력 향상을 위해 더 효과적인 전략이 될 수 있다고 사료된다.

운동 전 냉각요법의 적용

운동 전 냉각요법(pre-cooling)은 운동 전에 신체에서 열을 신속하게 제거하여 심부온도 상승을 예방하는 효과를 얻고 열 스트레스 유발성 피로(heat-stress-induced fatigue)를 예방하기 위한 전략으로 사용되고 있다[49]. Table 1과 같이 운동유발성 고체온증으로 운동수행력 감소를 예방하기 위하여 심부온도를 낮추기 위한 대안으로 다양한 운동 전 냉각요법들이 제시되어 왔다. 일반적으로 운동 전 냉각요법이 근 파워 및

민첩성에는 효과적이지 않지만 고온 환경에서의 운동 전 냉각 요법은 선수의 심부온도를 낮추어 지구성 운동수행력 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 제시되고 있다[3, 10, 17, 54]. CWI [54, 58] 및 전신냉각요법(whole-body cryotherapy: WBC) [34]과 같은 전신을 냉각시키는 방법과 냉각 조끼[3] 및 냉각 목걸이[16, 59]와 같은 국부 냉각요법의 전략이 제시되고 있으며, 냉수 및 얼음 슬러리의 섭취와 같은 냉각요법의 전략들도 제시되었다[13, 25, 50, 53, 70]. 이러한 냉각요법 가운데 CWI이 운동 전 냉각요법의 중재로 가장 효과적인 방법[26]으로 제시되고 있지만 스포츠 현장에서 적용시키는데 제한적일 수 있다. 그리고 운동 전 CWI 중재는 간헐적 또는 무산소성 운동수행력의 효과에는 제한적이며[14], 하지 근육에 대한 냉각요법은 신경활성화와 근수축의 속도를 감소시켜 선수들이 냉각요법 실시 후 다시 준비운동의 필요성이 제기되었다[47]. 환경온도가 26-33°C에서 개최되는 2015 세계육상선수권대회에 참가한 선수들을 대상으로 한 설문조사에서 참가자의 52%의 선수가 운동 전 냉각요법 전략을 실시하였고 이 가운데 얼음 슬러리 섭취가 가장 많이 사용하는 전략이었으며 24%를 차지하였다. 또한 47%가 회복을 위한 CWI을 실시하는 것으로 나타났다[43]. 이러한 측면에서 고온 환경에서 장시간 운동을 수행하는 지구성 스포츠의 선수들에게는 운동 전 냉각요법의 전략으로 국부 냉각요법의 전략과 얼음 슬러리 섭취 전략이 CWI 전략 보다 실용적이며, 운동수행력 향상에도 긍정적인

영향을 미칠 수 있다고 사료된다.

운동 중 냉각요법의 적용

최근에는 운동 중 냉각요법(per-cooling)을 사용하는 방법이 연구자들의 많은 관심을 얻고 있으며, 이러한 중재방법은 운동유발성 심부온도 상승을 예방하여 고체온증 유발성 피로(hyperthermia-induced fatigue)의 발생 시점을 늦추는데 있다[9]. 운동 전 냉각요법의 효과는 일반적으로 20~25분 후에 완화되기 때문에[11] 운동 중에 실시되는 냉각요법은 선수의 운동수행력을 지속적으로 연장시킬 수 있는 전략으로 주목받고 있다. 운동 중에 발생하는 열 스트레스(thermal strain)는 휴식 상태에 비해 훨씬 높은 것으로 보고되고 있으며[28], 메타 분석 연구에서 운동 전 냉각요법이 심부온도 감소에 의한 효과를 얻지만 운동 중 냉각요법은 심부온도의 감소 없이도 운동수행력이 향상되는 결과를 초래하는 것으로 보고하였다[9]. Table 2와 같이 운동수행력 향상을 위한 다양한 운동 중 냉각요법들이 제시되고 있다. 운동 중 냉각조끼를 활용한 냉각요법은 심부온도, 심박수, 피부온도의 변화 없이도 운동수행력이 향상되었다[16]. 이러한 결과는 운동 중에 실시되는 냉각요법이 운동 전 냉각요법 보다 체온조절 및 운동수행능력에 더 긍정적인 효과를 미칠 수 있다는 것을 시사하고 있다. 따라서 고온 환경에서 훈련 및 경기를 수행하는 지구성 스포츠 선수

Table 2. Effects of per-cooling for improving performance

Study	Method	Exercise protocol	Effects
Barwood et al. 2015[4]	Menthol-spray in t-shirt	16.1-km cycling time trial in 33.5°C	No difference
Cuttell et al. 2016[16]	Cooling vest	cycling to exhaustion in 35°C	Performance ↑
Cuttell et al. 2016[16]	Neck cooling collar	cycling to exhaustion in 35°C	No difference
Eijsvogels et al. 2014[19]	Cooling vest	5-km running time trials in 25°C	No difference
Luomala et al. 2012[31]	Cooling vest	70min cycling trial in 30°C	Performance ↑
Stevens et al. 2016[58]	Menthol mouth rinse (25ml/0.2km)	5 km running time trials in 33°C	Performance ↑
Stevens et al. 2013[56]	Ice slurry (<1°C)/10g·kgBM(-1)	triathlon 10 km running in 32°C-34°C	Performance ↑
Stevens et al. 2017[57]	Facial water spray	5 km running time trials in 33°C	Performance ↑
Stevens et al. 2017[55]	Facial water spray and Menthol mouth rinse	3 km running time trials in 33°C	Performance ↑
Tyler et al. 2011[59]	Neck collar (-80°C for 24 to 28 hr)	submaximal running to exhaustion in 32°C	Performance ↑
Walters et al. 2017[66]	Head cooling with cooling cap (7 min)	cycling [40 min] at 65% of VO2max in 35°C	Performance ↑

들에게 운동 중 냉각요법을 적용시키는 것은 훈련 및 경기 중에 발생하는 고체온유발성 피로를 지연시키는 전략이 될 수 있다. 선행연구에서 운동 중 냉각요법에 관한 효과를 입증하기 위하여 제시된 방법들은 목 냉각요법[16, 35, 59, 60], 냉각 조끼[19, 31], 냉수 및 얼음 슬러리 섭취[13, 38, 56], 얼굴 바람 요법(facial wind) 또는 냉각 스프레이(cooling spray) [57] 및 멘톨 냉각요법(menthol cooling) [4, 37, 58] 등이 제시되고 있다.

운동 중 냉각요법과 운동수행력에 관한 연구에서 냉수 섭취 및 목 냉각요법 보다 냉각조끼 중재방법은 운동 중 냉각요법으로 가장 효과적인 방법이라고 제시되고 있지만[9] 이에 대비되는 연구결과도 있다[51, 61]. 하지만 이러한 결과를 지지하기에는 연구 자료가 충분하지 않기 때문에 가장 효과적인 방법이라는 사실을 입증할 수 있는 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다. 하지만 무거운 냉각 조끼를 착용하거나 얼굴 바람 또는 물 스프레이 냉각요법들은 실험실 조건에서 가능할 수 있지만 일반적으로 스포츠 현장에서는 실용적이지 않다는 것을 고려해 본다면 냉수 및 얼음 슬러리 섭취 방법이 운동 중 냉각요법으로 운동수행력을 향상시키는 데 효과적인 전략이 될 수 있다. 최근의 선행연구에서도 냉수 및 얼음 슬러리 섭취 방법이 운동 중 냉각요법으로 운동수행능력을 향상시키는 가장 효과적인 전략이라고 제시하였다[56]. 특히 철인3종경기의 경우 사이클 경기 중에 얼음 슬러리 섭취가 연이어 실시되는 달리기 기록에 긍정적인 영향을 미치므로[56] 적절한 냉각요법의 전략이 될 수 있다. 하지만 운동 전 얼음 슬러리 냉각요법은 효과가 나타나지 않았다[55, 58]. 이러한 점을 고려한다면 스포츠 현장에서 운동 중에 더 실용적인 방법으로 제시되고 있는 방법은 냉각 목걸이를 이용한 냉각요법이다. 목 부위의 냉각요법이 가장 효과적으로 열 스트레스를 완화시키는 효과가 있는 것으로 보고되면서[59, 60], 고온 환경에서 지구력 선수들이 훈련 및 경기 중에 실용적인 냉각요법의 전략이 될 수 있을 것으로 사료된다.

운동 후 냉각요법의 적용

운동 후 냉각요법(post-cooling)은 근 통증을 완화시키고 골격근 손상과 관련된 염증 지표를 감소시키는 효과와 회복을 위한 방법으로 사용되고 있으며[6], CWI와 WBC 등이 운동 후 회복을 위해 가장 일반적으로 사용되고 있는 냉각요법이다. 운동유발성 생리적 스트레스는 고체온증과 근손상 그리고 염증 및 신경계 피로를 유발시켜 운동수행력을 감소시킨다[29]. 따라서 운동 후 빠른 회복은 선수들의 운동수행력 향상 및 유지에 중요한 전략적 요인이 될 수 있다. 운동 후 회복을 위한 냉각요법은 운동유발성 근손상(exercise-induced muscle damage: EIMD)의 지표인 지연성 근통증(Delayed-onset muscle soreness: DOMS) [30]과 운동자각도(Perceived Rate of

Exertion: RPE) [65]와 같은 주관적인 평가 지표와 크레아틴 키나제[Creatine Kinase: CK], 젖산 또는 혈장 사이토카인(cytokines)과 같은 객관적인 지표 등을 활용하여 효과를 입증해왔으며, 냉각요법의 중재가 DOMS과 RPE를 감소시키는 효과가 있다[63]. 운동 후 냉각요법의 효과는 Table 3과 같다. 운동 후 냉각요법은 회복을 위한 중재방법으로 심부온도, 피부온도 및 근육온도를 줄일 수 있으며, 수온 5-15°C의 범위에서 실시되는 CWI이 가장 빈번하게 사용되고 있는 냉각요법으로 제시되고 있다[64]. CWI은 과도한 운동으로 발생하는 DOMS을 줄이는데 효과적이며, 10°C에서 15분간의 CWI을 실시하면 DOMS과 시상하부-뇌하수체 부신 축(Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis: HPA axis)의 활성화를 감소시키는 것으로 보고되었다[30]. 14°C에서 15분간의 CWI은 CK 농도를 감소시켰고, 14°C에서 5분간의 CWI은 젖산 농도를 감소시키는 효과가 있었다[63]. 그리고 CWI의 효과적인 수온은 5-15°C이며, 5°C 보다는 15°C에서 20분간 실시하는 것이 더 효과적인 방법으로 제시되었다[65]. 따라서 과도한 운동 후 회복을 촉진시키기 위해서 차가운 수온 보다는 적절한 온도의 수온에서 더 효과적인 냉각요법의 결과를 얻을 수 있다고 사료된다. 그리고 경쟁이 치열한 스포츠 선수들에게 회복을 위한 중재 방법으로 훈련 후 10°C에서 15분간의 즉각적인 CWI이 DOMS 완화에 효과적이라고 제시되고 있다[30]. 최근 연구에서 CWI에 대한 효과적인 수온과 중재 시간을 제시하였다[63]. 9°C 보다 14°C에서 냉침수법이 더 효과적이었고 14°C에서 15분간 실시하는 냉침수법은 CK 농도를 줄이는 효과가 있어 DOMS 감소를 위한 효과적인 중재방법이 될 수 있으며, 14°C에서 5분간 실시하는 냉침수법은 젖산 농도를 줄이는 효과가 있어 피로 회복을 위해 더 효과적인 중재방법이 될 수 있다고 사료된다. 따라서 선수들이 운동 후 회복을 위한 CWI을 실시할 경우 10-15°C의 수온에서 5-20분간 냉각요법을 실시하는 것이 효과적인 중재 범위라고 사료된다.

WBC과 부분냉각요법(partial-body cryotherapy: PBC)이 운동 후 냉각요법으로 소개되고 있으며, 이러한 냉각요법은 제조사의 장비에 따라 -110°C에서 -195°C의 차가운 공기에 신체를 노출시키는 방법이다[12]. WBC은 -100°C 이하의 찬 건조한 공기에 2~4분간 신체를 노출시켜 냉각시키는 방법[7]과 -110°C, -60°C 그리고 -10°C의 냉 챔버(cold chambers)에서 실시된 WBC 등이 소개되었다[22]. WBC은 순환개선과 통증 경감 및 근피로 감소 등에 효과적이며 잘 훈련 된 운동선수에게 운동 후 -110°C에서 2분 동안 냉각처치를 5일간 실시할 경우 항 염증성 IL-10은 증가되고 염증촉진 IL-8 및 IL-2는 감소되는 효과가 있어 운동유발성 염증 반응을 감소시켜 회복을 촉진시킬 수 있다[6]. 최근의 연구에서 WBC이 스포츠 부상의 회복에 유익한 증거들이 있음에도 불구하고 근육의 경직을 유발시킬 수 있어 스포츠 현장에 적용시킬 경우 고려해야 하며[44], 여성과 엘리트 선수들을 대상으로 한 연구가 없어 스포츠 현

Table 3. Effects of post-cooling on recovery from prolonged exercise

Study	Method of cooling	Interventions	Effects of cooling
Abaïdia et al. 2016[2]	Cold-water immersion	10 min at 10°C	DOMS ↓ at 48 hr RPE ↓ at 24 hr
	Whole-body cryotherapy	3 min at -110°C	Cold-water immersion was more effective in accelerating recovery kinetics than whole-body cryotherapy
Lindsay et al. 2017[30]	Cold-water immersion	15 min at 10°C	DOMS ↓ HPA axis activation ↓
Vanderlei et al. 2017[63]	Cold-water immersion	15 min at 14°C	CK concentration ↓
	Cold-water immersion	5 min at 14°C	Lactate concentraion ↓
Vieira et al. 2016[65]	Cold-water immersion	20 min at 15°C	CK ↓ at 72 hr DOMS ↓ at 24 hr
Mawhinney et al. 2017[33]	cold-water immersion	10 min at 8°C	Blood flow ↓ Tissue temperature ↓ Reductions in thigh skin (-5.9±1.8°C) ↓ Superficial muscle temperature (-4.4±1.3°C) ↓
	Whole body cryotherapy	2 min at -110°C	Reductions in thigh skin (0.2±0.5°C) ↓ Superficial muscle temperature(-1.8±1.1°C) ↓

DOMS:Delayed-onset muscle soreness, RPE:Perceived Rate of Exertion, CK:Creatine Kinase
HPA axis :Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis

장에서 적용시키기에는 불명확하다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 8°C에서 10분간 CWI을 증제한 경우와 -110°C에서 2분 동안 WBC을 증제한 경우를 비교한 연구에서 CWI을 증제한 경우 피부 혈류량의 감소와 피부 조직의 온도 감소현상이 더 높게 나타나 운동 후 회복을 위한 더 효과적인 방법으로 제시될 수 있다[33]. 또 다른 연구에서도 CWI이 WBC 보다 회복에 더 효과적인 냉각요법으로 제시하였다[2]. 따라서 스포츠 현장에 더 실용적인 증재방법으로는 국부 냉각요법 및 CWI이 제시될 수 있으며, 스포츠 현장에서 안전한 적용을 위해 WBC에 대한 추후 연구가 진행되어야 할 것이다.

결론

고온 환경에서 훈련 및 경기를 실시하는 지구성 스포츠 선수들에게 냉각요법의 증재는 심부온도를 낮추어 운동수행력 향상 뿐 아니라 회복을 위해서 효과적인 증재방법이 될 수 있다. 훈련 및 경기 중에 실시하는 냉각요법의 증재방법에 대한 타당성 및 적용가능성이 운동수행력 향상에 대한 효과 보다 더 중요하다. 빈번하게 적용할 수 있는 냉각요법의 전략이 운동수행력 향상에 가장 효과적인 증재방법이 될 수 있다고 사료된다. 이러한 측면에서 훈련 및 경기 전에 스포츠 현장에서 적용 가능한 실용적인 냉각요법은 냉수 및 얼음 슬러리 섭취와 국부 냉각요법의 증재 방법이 될 수 있으며, 운동 후 회복을 위한 증재 방법으로는 CWI이 효과적인 증재 방법이 될 수 있다. 무엇보다 운동 전과 중 그리고 운동 후에 실시하는

냉각요법의 증재는 운동수행력 향상 및 회복을 위해 효과적인 전략이 될 수 있다. 하지만 스포츠 현장에서 실용적으로 적용하기 위한 구체적이고 특이적인 증재방법에 관한 더 많은 현장 연구들이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

References

1. Abbiss, C. R., Burnett, K., Nosaka, A. K., Green, J. P., Foster, J. K. and Laursen, P. B. 2010. Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. *J. Sports Sci.* **28**, 117-125.
2. Abaïdia, A. E., Lamblin, J., Delecroix, B., Leduc, C., McCall, A., Nédélec, M., Dawson, B., Baquet, G. and Dupont, G. 2016. Recovery from exercise-induced muscle damage: cold water immersion versus whole body cryotherapy. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **24**, 1-23.
3. Arngrímsson, S. A., Pettit, D. S., Stueck, M. G., Jorgensen, D. K. and Cureton, K. J. 2004. Cooling vest worn during active warm-up improves 5-km run performance in the heat. *J. Appl. Physiol.* **96**, 1867-1874.
4. Barwood, M. J., Corbett, J., Thomas, K. and Twentyman, P. 2015. Relieving thermal discomfort: Effects of sprayed L-menthol on perception, performance, and time trial cycling in the heat. *Scand. J. Med. Sci. Sports. Suppl.* **1**, 211-218.
5. Bain, A. R., Lesperance, N. C. and Jay, O. 2012. Body heat storage during physical activity is lower with hot fluid ingestion under conditions that permit full evaporation. *Acta. Physiol.* **206**, 98-108.

6. Banfi, G., Melegati, G., Barassi, A., Dogliotti, G., d'Eril, G. M., Dugue, B. and Corsi, M. M. 2009. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J. Therm. Biol.* **34**, 55-59
7. Bleakley, C. M., Bieuzen, F., Davison, G. W. and Costello, J. T. 2014. Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access J. Sports Med.* **10**, 25-36
8. Bongers, C. C., Hopman, M. T. and Eijsvogels, T. M. 2017. Cooling interventions for athletes: An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. *Temperature [Austin]* **4**, 60-78.
9. Bongers, C. C., Thijssen, D. H., Veltmeijer, M. T., Hopman, M. T. and Eijsvogels, T. M. 2015. Precooling and percooling [cooling during exercise] both improve performance in the heat: a meta-analytical review. *Br. J. Sports Med.* **49**, 377-384.
10. Booth, J., Marino, F. and Ward, J. J. 1997. Improved running performance in hot humid conditions following whole body precooling. *Med. Sci. Sports Exerc.* **29**, 943-949.
11. Bolster, D. R., Trappe, S. W., Short, K. R., Scheffeld-Moore, M., Parcell, A. C., Schulze, K. M. and Costill, D. L. 1999. Effects of precooling on thermoregulation during subsequent exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* **31**, 251-257.
12. Bouzigon, R., Arfaoui, A., Grappe, F., Ravier, G., Jarlot, B. and Dugue, B. 2017. Validation of a new whole body cryotherapy chamber based on forced convection. *J. Therm. Biol.* **65**, 138-144.
13. Byrne, C., Owen, C., Cosnefroy, A. and Lee, J. K. 2011. Self-paced exercise performance in the heat after pre-exercise cold-fluid ingestion. *J. Athl. Train.* **46**, 592-559.
14. Castle, P. C., Macdonald, A. L., Philp, A., Webborn, A., Watt, P. W. and Maxwell, N. S. 2006. Precooling leg muscle improves intermittent sprint exercise performance in hot, humid conditions. *J. Appl. Physiol.* **100**, 1377-1384.
15. Cotter, J. D., Sleivert, G. G., Roberts, W. S. and Febbraio, M. A. 2001. Effect of pre-cooling, with and without thigh cooling, on strain and endurance exercise performance in the heat. *Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol.* **128**, 667-677.
16. Cuttell, S. A., Kiri, V. and Tyler, C. 2016. A comparison of 2 practical cooling methods on cycling capacity in the heat. *J. Athl. Train.* **51**, 525-532.
17. Duffield, R., Green, R., Castle, P. and Maxwell, N. 2010. Precooling can prevent the reduction of self-paced exercise intensity in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* **42**, 577-584.
18. Duffield, R. and Marino, F. E. 2007. Effects of pre-cooling procedures on intermittent-sprint exercise performance in warm conditions. *Eur. J. Appl. Physiol.* **100**, 727-735.
19. Eijsvogels, T. M., Bongers, C. C., Veltmeijer, M. T., Moen, M. H. and Hopman, M. 2014. Cooling during exercise in temperate conditions: impact on performance and thermoregulation. *Int. J. Sports Med.* **35**, 840-846.
20. Galloway, S. D. and Maughan, R. J. 1997. Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* **29**, 1240-1249.
21. Gillis, D. J., Barwood, M. J., Newton, P. S., House, J. R. and Tipton, M. J. 2016. The influence of a menthol and ethanol soaked garment on human temperature regulation and perception during exercise and rest in warm, humid conditions. *J. Therm. Biol.* **58**, 99-105.
22. Gillis, D. J., House, J. R. and Tipton, M. J. 2010. The influence of menthol on thermoregulation and perception during exercise in warm, humid conditions. *Eur. J. Appl. Physiol.* **110**, 609-618.
23. Gordon, N. F., Bogdanffy, G. M. and Wilkinson, J. 1990. Effect of a practical neck cooling device on core temperature during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* **22**, 245-249.
24. González-Alonso, J., Crandall, C. G. and Johnson, J. M. 2008. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J. Physiol.* **586**, 45-53.
25. Ihsan, M., Landers, G., Brearley, M. and Peeling, P. 2010. Beneficial effects of ice ingestion as a precooling strategy on 40-km cycling time-trial performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **5**, 140-151.
26. Jones, P. R., Barton, C., Morrissey, D., Maffulli, N. and Hemmings, S. 2012. Pre-cooling for endurance exercise performance in the heat: a systematic review. *BMC Med.* **10**, 166.
27. Kay, D., Taaffe, D. R. and Marino, F. E. 1999. Whole-body pre-cooling and heat storage during self-paced cycling performance in warm humid conditions. *J. Sports Sci.* **17**, 937-944.
28. Kenefick, R. W., Chevront, S. N. and Sawka, M. N. 2007. Thermoregulatory function during the marathon. *Sports Med.* **37**, 312-315.
29. Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W. and Howatson, G. 2012. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* **46**, 233-240.
30. Lindsay, A., Carr, S., Cross, S., Petersen, C., Lewis, J. G. and Gieseg, S. P. 2017. The physiological response to cold-water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **17**, 1-8.
31. Luomala, M. J., Oksa, J., Salmi, J. A., Linnamo, V., Holmer, I., Smolander, J. and Dugue, B. 2012. Adding a cooling vest during cycling improves performance in warm and humid conditions. *J. Therm. Biol.* **37**, 47-55.
32. Marino, F. E. 2002. Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *Br. J. Sports Med.* **36**, 89-94.
33. Mawhinney, C., Low, D. A., Jones, H., Green, D. J., Costello, J. T. and Gregson, W. 2017. Cold-Water Mediates Greater Reductions in Limb Blood Flow than Whole Body Cryotherapy. *Med. Sci. Sports Exerc.* doi: 10.1249/MSS.0000000000001223.
34. Minett, G. M., Duffield, R., Marino, F. E. and Portus, M. 2011. Volume-dependent response of precooling for intermittent-sprint exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* **43**, 1760-1769.
35. Minniti, A., Tyler, C. J. and Sunderland, C. 2011. Effects of a cooling collar on affect, ratings of perceived exertion, and running performance in the heat. *Eur. J. Sport Sci.* **11**, 419-429.

36. Montain, S. J. and Coyle, E. F. 1992. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* **73**, 1340-1350.
37. Mundel, T. and Jones, D. A. 2010. The effects of swilling an L[-]-menthol solution during exercise in the heat. *Eur. J. Appl. Physiol.* **109**, 59-65.
38. Mundel, T., King, J., Collacott, E. and Jones, D. A. 2006. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Exp. Physiol.* **91**, 925-933.
39. Nybo, L., Rasmussen, P. and Sawka, M. N. 2014. Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr. Physiol.* **4**, 657-689.
40. Park, C. H. and Kim, T. U. 2009. The effect of different triathlon on weight, sodium and hematological changes. *J. Life Sci.* **19**, 46-51.
41. Park, C. H., Park, T. G., Kim, T. U. and Kwak, Y. S. 2008. Changes of immunological markers in elite and amateur triathletes. *Int. Sport Med. J.* **9**, 116-130.
42. Peiffer, J. J. and Abbiss, C. R. 2011. Influence of environmental temperature on 40 km cycling time-trial performance. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **6**, 208-220.
43. Périard, J. D., Racinais, S., Timpka, T., Dahlström, Ö., Spreco, A., Jacobsson, J., Bargoria, V., Halje, K. and Alonso, J. M. 2017. Strategies and factors associated with preparing for competing in the heat: a cohort study at the 2015 IAAF World Athletics Championships. *Br. J. Sports Med.* **51**, 264-270.
44. Point, M., Guilhem, G., Hug, F., Nordez, A., Frey, A. and Lacourpaille, L. 2017. Cryotherapy induces an increase in muscle stiffness. *Scand. J. Med. Sci. Sports* doi: 10.1111/sms.12872.
45. Quod, M. J., Martin, D. T. and Laursen, P. B. 2006. Cooling athletes before competition in the heat - Comparison of techniques and practical considerations. *Sports Med.* **36**, 671-682.
46. Quod, M. J., Martin, D. T., Laursen, P. B., Gardner, A. S., Halson, S. L., Marino, F. E., Tate, M. P., Mainwaring, D. E., Gore, C. J. and Hahn, A. G. 2008. Practical precooling: effect on cycling time trial performance in warm conditions. *J. Sports Sci.* **26**, 1477-1487.
47. Ranalli, G. F., Demartini, J. K., Casa, D. J., McDermott, B. P., Armstrong, L. E. and Maresch, C. M. 2010. Effect of body cooling on subsequent aerobic and anaerobic exercise performance: a systematic review. *J. Strength Cond. Res.* **24**, 3488-3496.
48. Riera, F., Trong, T. T., Rinaldi, K. and Hue, O. 2016. Precooling does not enhance the effect on performance of midcooling with ice slush and menthol. *Int. J. Sports Med.* **37**, 1025-1031.
49. Ross, M., Abbiss, C., Laursen, P., Martin, D. and Burke, L. 2013. Precooling methods and their effects on athletic performance : a systematic review and practical applications. *Sports Med.* **43**, 207-225.
50. Ross, M. L., Garvican, L. A., Jeacocke, N. A., Laursen, P. B., Abbiss, C. R., Martin, D. T. and Burke, L. M. 2011. Novel precooling strategy enhances time trial cycling in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* **43**, 123-133.
51. Ruddock, A., Robbins, B., Tew, G., Bourke, L. and Purvis, A. 2017. Practical cooling strategies during continuous exercise in hot environments: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* **47**, 517-532.
52. Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J. and Sonna, L. A. 2011. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr. Physiol.* **1**, 1883-1928.
53. Siegel, R., Maté, J., Brearley, M. B., Watson, G., Nosaka, K. and Laursen, P. B. 2010. Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* **42**, 717-725.
54. Siegel, R., Maté, J., Watson, G., Nosaka, K. and Laursen, P. B. 2012. Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. *J. Sports Sci.* **30**, 155-165.
55. Stevens, C. J., Bennett, K. J., Sculley, D. V., Callister, R., Taylor, L. and Dascombe, B. J. 2017. A comparison of mixed-method cooling interventions on preloaded running performance in the heat. *J. Strength Cond. Res.* **31**, 620-629.
56. Stevens, C. J., Dascombe, B., Boyko, A., Sculley, D. and Callister, R. 2013. Ice slurry ingestion during cycling improves Olympic distance triathlon performance in the heat. *J. Sports Sci.* **31**, 1271-1279.
57. Stevens, C. J., Kittel, A., Sculley, D. V., Callister, R., Taylor, L. and Dascombe, B. J. 2017. Running performance in the heat is improved by similar magnitude with pre-exercise cold-water immersion and mid-exercise facial water spray. *J. Sports Sci.* **35**, 798-805.
58. Stevens, C. J. and Thoseby, B., Sculley, D. V., Callister, R., Taylor, L. and Dascombe, B. J. 2016. Running performance and thermal sensation in the heat are improved with menthol mouth rinse but not ice slurry ingestion. *Scand J. Med. Sci. Sports* **26**, 1209-1216.
59. Tyler, C. J., Sunderland, C. 2011. Cooling the neck region during exercise in the heat. *J. Athl. Training* **46**, 61-68.
60. Tyler, C. J., Wild, P. and Sunderland, C. 2010. Practical neck cooling and time-trial running performance in a hot environment. *Eur. J. Appl. Physiol.* **110**, 1063-1074.
61. Tyler, C. J., Sunderland, C. and Cheung, S. S. 2015. The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: a meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* **49**, 7-13.
62. Uckert, S. and Joch, W. 2007. Effects of warm-up and precooling on endurance performance in the heat. *Br. J. Sports Med.* **41**, 380-384.
63. Vanderlei, F. M., DE Albuquerque, M. C., DE Almeida, A. C., Machado, A. F., Netto, J. Jr. and Pastre, C. M. 2017. Post-exercise recovery of biological, clinical and metabolic variables after different temperatures and durations of cold water immersion: a randomized clinical trial. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* doi: 10.23736/S0022-4707.17.06841-4.
64. Versey, N. G., Halson, S. L. and Dawson, B. T. 2013. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. *Sports Med.* **43**, 1101-

- 1130.
65. Vieira, A., Siqueira, A. F., Ferreira-Junior, J. B., do Carmo, J., Durigan, J. L., Blazevich, A. and Bottaro, M. 2016. The effect of water temperature during cold-water immersion on recovery from exercise-induced muscle damage. *Int. J. Sports Med.* **37**, 937-943.
66. Walters, P., Thom, N., Libby, K., Edgren, S., Azadian, A., Tannous, D., Sorenson, E. and Hunt, B. 2017. The effect of intermittent head cooling on aerobic performance in the heat. *J. Sports Sci. Med.* **16**, 77-83.
67. Walsh, N. P. and Whitham, M. 2006. Exercising in environmental extremes : a greater threat to immune function? *Sports Med.* **36**, 941-976.
68. Wegmann, M., Faude, O., Poppendieck, W., Hecksteden, A., Frohlich, M. and Meyer, T. 2012. Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. *Sports Med.* **42**, 545-564.
69. Wendt, D., van Loon, L. J. and Lichtenbelt, W. D. 2007. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med.* **37**, 669-682.
70. Yeo, Z. W., Fan, P. W., Nio, A. Q., Byrne, C. and Lee, J. K. 2012. Ice slurry on outdoor running performance in heat. *Int. J. Sports Med.* **33**, 859-866.

초록 : 고온 환경에서 지구성 스포츠의 운동수행력 향상을 위한 냉각요법의 전략

박찬호¹ · 곽이섭^{2*}

(¹부경대학교 해양스포츠학과, ²동의대학교 체육학과)

고온 환경에서 실시하는 운동은 지구성 운동수행력에 부정적인 영향을 미친다는 사실은 잘 알려져 있다. 이러한 관점에서 지구성 선수들의 운동수행력 향상을 위한 운동 전과 운동 중 냉각요법의 다양한 중재방법에 관한 연구들이 제시되고 있지만 스포츠 현장에서 실용적으로 적용시킬 수 있는 구체적인 방안에 관한 연구가 필요한 실정이다. 이 총론은 운동유발성 열 스트레스로부터 회복과 운동수행력 향상을 위해 냉각요법에 적용된 중재방법에 관한 연구들을 분석하여 운동 전과 운동 중 그리고 운동 후에 적용될 수 있는 중재방법들을 논의하였다. 실험실 상황에서 실시된 연구결과들은 대부분 지구성 운동수행력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 몸통냉각과 목냉각 같은 국부 냉각요법의 중재방법과 맨틀과 얼음슬러리 섭취 등의 중재방법이 스포츠 현장에서 더 실용적인 중재방법으로 적용될 수 있다. 하지만 대부분의 연구들이 실험실 상황에서 이루어졌기 때문에 스포츠 현장에서 실질적인 경기와 훈련 중에 적용할 수 있는 효과적인 중재방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.