엘리트 레슬링 선수 시합 시뮬레이션 시 쿨링 튜빙 처치가 회복에 미치는 영향

송홍선¹, 김광준¹, 전병오², 이기혁³, 노재현⁴

¹한국스포츠정책과학원, ²경희대학교, ³제주스포츠과학센터, ⁴대한레슬링협회

The Effect of Cooling Tubing Intervention on Recovery in Elite Wrestler Competition Simulation

Hong-Sun Song¹, Kwang-Jun Kim¹, Buong-O Chun², Ki-Hyuk Lee³, Je-Hyoun Noh⁴

¹Korea Institute of Sport Science, Seoul; ²Kyung Hee University, Yongin; ³Center for Sport Science, Jeju; ⁴Korea Wrestling Federation, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to provide a scientific basis for physiological recovery of cooling tubing intervention during simulated match in elite male wrestlers.

METHODS: Fourteen national wrestler were divided Cooling Tubing Group (CTG, n=7) and Non Cooling Group (NCG, n=7). The simulated match was conducted at 3 minutes 1 round, 1 minute rest, 3 minutes 2 rounds, and was performed according to each weight class. At the end of the match, CTG cooled the face, chest, elbow, and thigh by cooling mask, vest, and tubing, and then took a rest. NCG took a rest without any special treatment. To compare and analyze the changes of the two groups, measured the variables at rest, immediately after the simulation, 10 minutes, and 30 minutes.

RESULTS: There was no interaction effect between CTG and NCG intervention. However, the skin temperature ($p<.001$), the chest skin temperature ($p<.01$), the RPE ($p<.001$), blood lactate ($p<.001$), and heart rate ($p<.001$) was a significant difference between the time of measurements, in each group. In addition, CTG showed no significant difference compared to NCG, but most of the variables (HR, RPE, skin temperature, DHEA, and cortisol) showed a tendency to show effects.

CONCLUSIONS: In conclusion, there was no significant difference between the groups. However, CTG showed a decrease in skin temperature, RPE, and fatigue-related hormone compared with NCG, confirmed the possibility that cooling-tubing treatment could have a positive effect on fatigue recovery.

Key words: Cooling Tubing Treatment, National wrestler, Hormone, Recovery

서론

레슬링 경기는 고도로 발달된 최대근력과 파워, 근지구력, 최대유산소 파워 및 무산소능력이 복합적으로 요구되는 종목이다[1,2]. 경기가 진행되는 6분 동안(3분 2라운드, 라운드 간 휴식시간 30초) 선수들은

무산소시스템에 의해 짧고 빠르게 전신의 강한 근력과 파워를 반복적으로 발휘해야 하며, 유산소시스템에 의해 라운드 간 휴식시간과 시합 간 휴식시간 동안 빠른 회복을 도모해야 한다. 레슬링의 에너지시스템 기여도는 ATP-PC 시스템(alactic anaerobic)이 30%, 젖산시스템(lactic anaerobic)이 30%, 유산소시스템(aerobic)이 40%로 추정되고 있다[3]. 이

Corresponding author: Buong-O Chun Tel +82-10-7232-4697 Fax +82-2-970-9593 E-mail tianbingwu@naver.com

*이 논문은 2018년 한국스포츠정책과학원의 지원을 받아 수행한 연구임.

Keywords 쿨링 튜빙 처치, 레슬링국가대표, 호르몬, 회복

Received 9 May 2019 Revised 21 May 2019 Accepted 18 Jun 2019

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

와 같이 폭발적인 동작이 요구되는 레슬링 경기는 무산소파워가 경기력을 결정하는 중요한 요인이며, 폭발적인 공격과 방어로 혈중 젖산농도가 20 mmolL⁻¹까지 상승하는 격렬한 종목이라고 할 수 있다[4,5].

레슬링 시합은 보통 하루에 예선이 3-4경기 이상 치러지며, 한 경기가 종료된 후 다음 경기까지 회복 시간이 짧아 30분 정도의 시간 동안 빠르게 컨디션을 회복하는 것이 다음 시합에서의 경기력과 직결된다고 할 수 있다. 특히, 체급별로 하루에 모든 경기가 끝나던 규정이 2일에 걸쳐 경기가 진행되는 것으로 변경되면서[6], 이틀간 연속적으로 진행되는 경기일정 때문에 선수들은 근손상과 근력저하에 노출될 우려가 있으며, 이는 경기력을 감소시키는 요인으로 작용한다. 이러한 시합 상황에서의 경기력을 극대화시키기 위해서는 평소 트레이닝도 중요하지만, 신속하고 효율적인 회복력으로 경기마다 최상의 컨디션을 유지하는 것도 중요하다고 할 수 있다[7]. 따라서 모든 경기에서 최상의 경기력을 발휘하기 위해서는 피로, 근손상 및 근력저하에서 빠르게 회복하는 것이 경기력을 극대화시키는 데 있어 중요한 요인이라고 할 수 있다.

여러 스포츠 종목에서는 경기 후 회복을 위하여 여러 가지 방법을 적용하고 있다. 그중 전신을 냉각하여 열을 식히고 근손상을 예방하며 근육의 떨림을 증가시켜 활동적인 회복을 가능하게 하는 냉각 방법은 자주 사용되는 방법 중의 하나이다. 이러한 냉각 방법에는 냉각 조끼(cooling vests) 또는 팩(cooling packs), 냉방(cooled rooms) 또는 극저온 냉각기(cryogenic chambers), 얼음 마사지(ice massage) 및 차가운 음료(cold drinks), 신체일부 및 전신 침수(cold-water immersion) 등의 방법이 사용되어 오고 있다[8].

냉각요법이 신체에 미치는 영향에 관해서는 여러 연구결과가 보고되고 있는데, 냉각요법을 통한 전신의 냉각은 말초 혈관 수축을 유도하고 1회 박출량을 증가시킬 뿐만 아니라 근육의 산화능력을 향상시킨다고 보고하였다[9,10]. 특히 10-15°C 이하의 낮은 온도에서 10-15분간 입수하는 저온침수는 피로를 회복하는 데 있어 효과적인 방법으로, 운동 후 피로를 대변하는 혈중 젖산농도 및 활성산소의 감소에 효과적인 것으로 알려져 있으며[11-14], 통증자각도(RPE)를 감소시키고, 근력의 감소를 예방할 뿐 아니라 근손상 회복에 도움을 주는 것으로 보고하고 있다[4]. 한편, 냉각요법의 적용이 피로 및 근손상 지표에 유의한 변화를 주지 못한다는 연구결과가 보고되고 있다[15-17]. 또한, 기존의 저온침수방법은 장비의 휴대성, 처치의 어려움 등으로 30분 정도의 휴식 뒤에 다시 다음 경기에 출전해야 하는 레슬링 선수에게 있어서는 현장에서의 적용이 어려운 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위하여 최근 현장에서는 냉각이 지속적으로 유지되는 쿨링 조끼 및 쿨링 튜빙을 이용한 냉각방법이 활용되고 있다. 이 방법은 지속적으로 온도를 저온으로 유지시켜 주는 보냉제를 활용하여 간단하게 선수들이 원하는 부위에 쿨링 튜빙을 착용하여 몸의 상태를 저온으로 유지시켜 주는 방법으로 현장에서 선수들에게 체

력 회복을 도모하는 데 유용한 대안이 될 수 있을 것이다. 그러나 쿨링 튜빙 처치는 현장에서 많이 활용되고 있는 방법임에도 불구하고, 실제 현장에서 수행되는 쿨링 튜빙 착용에 따른 변화를 과학적으로 살펴본 연구는 아직까지 충분히 진행되지 않은 상황이다.

이 연구는 국가대표 레슬링 선수를 대상으로 시합 후 쿨링 튜빙 착용을 통하여 회복에 도움을 주고 쿨링 튜빙 착용의 과학적 근거를 마련하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구설계 및 대상

이 연구의 대상자는 국가대표 레슬링 선수 14명으로 본 연구의 목적과 취지에 동의한 선수들로 구성하였다. 쿨링 튜빙 착용에 따른 피로 회복 여부를 확인하기 위하여 선수들을 쿨링 튜빙 처치군(Cooling Tubing Group, CTG; n=7)과 대조군(Non Cooling Group, NCG; n=7)으로 분류하여 실험을 진행하였다. 실험실 환경은 연구에 영향을 미치는 요인을 최소화하기 위하여 가능한 소음을 통제하여 조용한 환경에서 진행하였으며, 온도(23-25°C)와 습도(60% 이하)를 조절하였다. 연구에 참여한 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구내용

쿨링 튜빙 착용에 따른 전후 변화를 살펴보기 위하여 실제 경기와 동일한 시합 시뮬레이션을 실시하였다. 시합 시뮬레이션은 각 체급에 맞게 실시하였으며, 3분 1라운드, 휴식 1분, 3분 2라운드로 실시하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Variables	Group	
	Control (N=7)	Ice tubing (N=7)
Age (yr)	29.00±2.73	28.57±2.66
Height (cm)	173.71±6.06	175.29±9.97
Body weight (kg)	86.57±22.24	86.00±20.85
BMI (kg/m ²)	28.32±5.21	27.55±3.36

Values are mean±SD.
BMI, body mass index.

Fig. 1. The experimental design.

시뮬레이션 시험 종료 후 쿨링 튜빙 처치군은 쿨링 마스크(mask), 쿨링 조끼(vest), 쿨링 패드(pad)를 통하여 얼굴(쿨링 마스크), 가슴(쿨링 조끼), 팔꿈치(쿨링 패드), 허벅지(쿨링 패드) 부위를 냉각 처치한 후 30 분간 정적 휴식을 취하였다. 대조군은 다른 처치 없이 정적 휴식을 취하였다. 두 그룹 간의 비교 분석을 위하여 시험 시뮬레이션 전 안정 시, 시뮬레이션 종료 직후, 10분 후, 30분 후에 각 변인들을 측정하였다. 측정 시에는 쿨링 튜빙 처치 장비를 모두 제거한 후 측정을 실시하였다. 각 변인들의 처치 시점과 측정요인은 Fig. 1과 같다.

쿨링 튜빙 처치 장비는 정제수(purified water)와 무독성 젤(non-toxic gel)이 혼합된 젤(gel) 형태의 보냉제가 여러 개의 아이스 셀로 구성되어 냉매포켓부분(wrap)에 삽입되어 탄성 스크랩과 벨크로(velcro)에 부착되어 고정되어 있다. 쿨링 튜빙 장비는 영향을 받는 부위에 7°C의 일정한 온도를 제공한다. 각 쿨링 장비는 착용 전에 4°C의 냉동기에서 60분 동안 동결시켰다.

쿨링 튜빙의 처치 부위는 레슬링 감독 및 코치, 전문가들과의 회의를 통해 레슬링 시험 시 주로 사용되고, 체온이 가장 많이 오르는 부위를 정하여 처치를 실시하였다. 처치된 부위는 얼굴, 가슴, 상완, 대퇴 부위였으며 자세한 처치 부위는 Fig. 2와 같다.

1) 측정변인 및 방법

피부온도는 Fig. 3과 같이 열화상 카메라(T-540, FLIR, USA)를 이용하여 측정하였다. 카메라를 삼각대에 고정시킨 후 동일한 거리(2 m)에 선수들을 세워 안정 시와 시뮬레이션 종료 직후, 회복기 30분 후에 전신을 촬영하였다(Fig. 3). 촬영된 사진의 화소는 640×480 pixel로 전용 분석프로그램을 통해 사진상 얼굴, 가슴, 좌우측 상완, 좌우측 대퇴의 지정한 부위의 온도 값을 평균하여 얻은 값을 분석에 사용하였다.

심박수는 제퍼(Zephyr, Medtronic, USA)를 이용하여 측정하였다. 시

뮬레이션 전 선수들의 가슴 부위에 무선 심박수 측정기(Zephyr Biomess, USA)를 착용하여 고정시킨 후 전용 프로그램(Omnisense 4.0)을 통해 안정 시와 시뮬레이션 종료 직후, 회복기 10분 후, 30분 후의 1분 간의 평균 심박수를 수집하여 분석하였다.

쿨링 튜빙 처치가 주관적인 운동강도에 느끼는 영향을 확인하기 위하여 운동자각도(rating of perceived exertion, RPE)를 활용하였다. 운동자각도(RPE)는 Borg (1982)의 RPE Scale (6-20 Scale)을 이용하여 측정하였다.

근력은 악력을 디지털 측정기(Tkk-1270, Takei, Japan)를 이용하여 각 kg 단위로 측정하였다. 레슬링 시험 시뮬레이션 전 안정 시 악력을 측정하였으며 시뮬레이션 종료 직후, 회복기 30분 후 측정하였다. 선수가 주로 사용하는 주손을 2회 측정하여 좋은 선택하여 기록하였다.

쿨링 튜빙 처치에 따른 피로 회복 상태를 확인하기 위하여 젖산을 측정하였다. 시험 시뮬레이션 전과 종료 직후, 회복기 10분, 30분에 채혈기를 이용하여 손가락 끝에서 혈액 20 μ L를 채취하여 무색의 튜브(1 mL in micro test tube)에 넣어서 충분히 흔들어 섞은 후 젖산분석기(Biosen C_line (EKF-Diagnostic, Barleben, Germany))를 이용하여 젖산 수치를 분석하였다. 혈액 채취 전 알코올을 사용해 피험자들의 손가락을 깨끗하게 한 후 검사를 실시하였으며, 젖산측정은 시험 시뮬레이션 시작 전에 실시한 후 바로 시뮬레이션을 실시하였다. 피로회복 관련 타액 변인은 선행연구들[18,19]을 참고하여 부신피질에서 분비되는 스테로이드 호르몬인 cortisol과 dehydroepiandrosterone (DHEA), 항체단백질인 면역글로빈 A (Immunoglobulin A, IgA)를 선택하였다. 피험자는 표준화된 아침 식사를 마친 뒤, 점심 식사 전 실험에 참여하였다. 시뮬레이션 전 안정을 취한 상태에 타액을 채취한 후 시뮬레이션 종료 직후, 회복기 10분 후, 30분 후 다시 타액을 채취하였다.

타액 샘플은 멸균처리된 전용 튜브를 이용하여 약 2-5 mL의 타액을

Fig. 2. The ice cooling tubing treatment.

Fig. 3. Thermal images during ice cooling tubing treatment.

수집하였다. 타액의 수집은 이물질의 유입을 막기 위해 타액 수집 전 물로 입을 행구도록 하였고 실험이 종료될 때까지 대화 및 음식물 섭취를 금하도록 하였다. 원심분리(1,500×g×15 minutes, 4°C)를 통하여 튜브의 아래쪽에 모아진 타액 샘플만 분리하였으며 수집된 타액 샘플은 분석에 사용될 때까지 -80°C에 보관하였다. 냉동 보관된 타액 샘플은 상온에서 완전히 녹인 후 피가 혼입되거나 오염된 샘플은 분석에서 제외하도록 하였다. 타액 샘플은 효소면역측정법(Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)을 S연구소에 의뢰하여 정밀 분석하였다.

3. 통계처리

통계처리는 Windows SPSS/PC, Ver 21.0 통계 프로그램을 이용하였으며, 측정값은 모두 평균(mean)과 표준오차(standard error)를 산출하였다. 각각의 변인에 대한 쿨링 튜빙 처치 유무와 측정시간의 차이검증은 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 쿨링 튜빙 처치와 측정시간이 유의할 경우 대응 *t*-test와 One-way ANOVA를 실시하였고 사후검정(bonferroni post-hoc test)을 실시하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구결과

1. 피부온도의 변화

얼굴 피부온도는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시

기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에는 유의한 차이가 나타났다($p<.001$)(Table 2)(Fig. 4). 대조군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p<.01$), 운동 직후와 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p<.001$) 쿨링 튜빙 처치군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후에 유의한 차이가 나타났으며($p<.01$), 운동 직후와 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p<.01$).

가슴 피부온도는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에는 유의한 차이가 나타났다($p<.01$)(Table 2)(Fig. 5).

Fig. 4. Skin temperature - Face.

Table 2. Skin temperature changes by cooling tubing treatment

Variables	Group	PRE	IP	30P		F
Face Temperature (°C)	Control	31.70±0.32	30.06±0.34 ^{##}	33.19±0.23 ^{###}	T	29.545***
					G	0.255
	Ice tubing	32.03±0.24	29.67±0.51 ^{##}	31.96±0.48 ^{ss}	TG	2.278
Chest Temperature (°C)	Control	29.69±0.29	31.10±0.33 [#]	31.24±0.39 [#]	T	9.325**
					G	4.773
	Ice tubing	29.10±0.56	31.11±0.54 [#]	29.77±0.46	TG	1.721
Upper arm (R) Temperature (°C)	Control	30.74±0.42	30.60±0.13	31.81±0.54	T	1.512
					G	1.262
	Ice tubing	30.69±0.25	30.01±0.56	30.73±0.94	TG	0.427
Upper arm (L) Temperature (°C)	Control	30.74±0.39	30.80±0.21	31.66±0.51	T	1.957
					G	0.523
	Ice tubing	30.60±0.42	30.54±0.56	31.21±0.38	TG	0.057
Thigh (R) Temperature (°C)	Control	30.17±0.30	30.02±0.81	30.61±2.64	T	0.764
					G	4.431
	Ice tubing	30.03±1.08	29.19±1.47	27.89±2.61	TG	1.876
Thigh (L) Temperature (°C)	Control	30.10±0.59	30.16±1.06	30.66±2.79	T	0.521
					G	4.289
	Ice tubing	29.87±1.00	29.24±1.44	27.94±2.43	TG	1.809

Values are mean ± SE.

PRE, Pre Exercise; IP, Immediate Post Exercise; 30P, 30 minutes Post Exercise; T, time effect; G, group effect; TG, time × group effect.

** $p<.01$, *** $p<.001$, [#]Significant difference with PRE ($p<.05$), ^{##}Significant difference with PRE ($p<.01$), ^{ss}Significant difference with IP ($p<.01$), ^{###}Significant difference with IP ($p<.001$).

대조군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 쿨링 튜빙 처치군 내 측정시기 간에서는 운동전과 운동직후에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

상완 피부온도는 좌측과 우측 모두 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으며, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에도 유의한 차이는 나타나지 않았다.

대퇴 피부온도는 좌측과 우측 모두 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으며, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 운동자각도, 근력, 젖산, 심박수의 변화

운동자각도는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내

측정시기 간에는 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)(Table 3)(Fig. 6).

대조군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 쿨링 튜빙 처치군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후에 유의한 차이가 나타났다($p < .01$).

젖산은 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에는 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)(Table 3)(Fig. 7). 대조군 내 측정시기 간에는 운동 전과 운동 직후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p < .01$), 운동 직후와 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났다($p < .001$) 쿨링 튜빙 처치군 내 측정시기 간에는 운동 전과 운동 직후에 유의한 차이가 나타났으며($p < .01$), 운동 직후와 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났다($p < .01$).

심박수는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정

Fig. 5. Skin temperature - Chest.

Fig. 6. Rating of perceived exertion.

Table 3. RPE, Hand grip, Lactate, HR changes by cooling tubing treatment

Variables	Group	PRE	IP	10P	30P		F
RPE (Grade)	Control	13.86 ± 0.29	16.43 ± 0.20	-	16.43 ± 0.29	T	32.87***
						G	1.708
	Ice tubing	12.14 ± 0.31	16.57 ± 0.20 ^{##}	-	14.43 ± 0.37	TG	1.774
Hand grip (kg)	Control	50.66 ± 3.65	52.23 ± 3.34	-	50.64 ± 3.14	T	3.043
						G	0.034
	Ice tubing	51.20 ± 3.95	53.51 ± 4.34	-	51.96 ± 4.05	TG	0.137
Lactate (mmol/L)	Control	2.02 ± 0.33	6.84 ± 0.53 ^{###}	4.92 ± 0.65 [#]	2.76 ± 0.25 ^{\$\$}	T	65.02***
						G	0.395
	Ice tubing	2.44 ± 0.24	7.55 ± 0.71 ^{##}	5.19 ± 0.70 ^{##}	2.90 ± 0.41 ^{\$\$\$}	TG	0.19
Heart rate (beats/min)	Control	69.12 ± 3.36	170.86 ± 3.66 ^{###}	87.27 ± .25 ^{####}	75.83 ± 3.93 ^{\$\$\$}	T	686.70***
						G	0.651
	Ice tubing	69.08 ± 2.81	170.38 ± 4.75 ^{###}	91.00 ± 5.27 ^{####}	81.75 ± 3.73 ^{\$\$\$}	TG	0.993

Values are mean ± SE.

PRE, Pre Exercise; IP, Immediate Post Exercise; 10P, 10 minutes Post Exercise; 30P, 30 minutes Post Exercise; T, time effect; G, group effect; TG, time × group effect.

*** $p < .001$, [#]Significant difference with PRE ($p < .05$), ^{##}Significant difference with PRE ($p < .01$), ^{###}Significant difference with PRE ($p < .001$), ^{\$\$}Significant difference with IP ($p < .01$), ^{\$\$\$}Significant difference with IP ($p < .001$).

Fig. 7. Lactate.

Fig. 8. Heart rate.

Table 4. Cortisol, DHEA, IgA changes by cooling tubing treatment

Variables	Group	PRE	IP	10P	30P	F	
Cortisol (ng/dL)	Control	305.69±40.66	240.05±1.94	268.60±8.69	317.79±43.28	T	1.549
	Ice tubing	301.01±47.87	234.75±52.29	275.51±4.34	240.02±8.92	G	0.126
DHEA (ng/dL)	Control	190.87±35.57	170.96±23.01	191.42±31.18	200.96±32.24	TG	1.173
	Ice tubing	220.83±44.53	153.48±41.32	168.45±38.30	132.35±33.19	T	1.402
IgA (ng/dL)	Control	169.54±9.75	193.24±25.73	214.40±42.53	293.53±94.00	G	1.477
	Ice tubing	159.25±23.86	188.24±46.71	218.00±38.15	241.54±54.83	TG	0.106
						T	3.176*
						G	0.251
						TG	0.09

Values are mean ± SD.

PRE, Pre Exercise; IP, Immediate Post Exercise; 10P, 10 minutes Post Exercise; 30P, 30 minutes Post Exercise; T, time effect; G, group effect; TG, time × group effect.

시기 간에는 유의한 차이가 나타났($p < .001$)(Table 3)(Fig. 8). 대조군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후, 운동 10분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p < .001, p < .01$), 운동 직후와 운동 10분 후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났($p < .001$). 쿨링 튜빙 처치군 내 측정시기 간에서는 운동 전과 운동 직후, 운동 10분 후에 유의한 차이가 나타났으며($p < .001, p < .05$), 운동 직후와 운동 10분 후, 운동 30분 후에 유의한 차이가 나타났($p < .001$).

악력은 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으며, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았($p < .05$)(Table 3).

3. 호르몬의 변화

코티솔은 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으며, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았($p < .05$)(Table 4).

DHEA는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으며, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측

정시기 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았($p < .05$)(Table 4).

IgA는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 사이에 처치와 측정시기 간에는 상호작용이 나타나지 않았으나, 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 내 측정시기 간에는 유의한 차이가 나타났($p < .05$)(Table 4).

논 의

1. 피부온도의 변화

쿨링 튜빙 처치가 선수들의 피부온도에 미치는 영향을 확인하기 위해 처치를 실시한 부위의 피부온도를 측정된 결과, 처치를 실시한 모든 부위의 피부온도가 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였지만 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 대조군과 쿨링 튜빙 처치군은 시기 간에 다른 양상이 나타났다. 대조군의 얼굴과 가슴온도는 운동 후 30분에 운동 전보다 유의하게 높게 나타났으나($p < .01, p < .05$), 쿨링 튜빙 처치군은 운동 후 30분에 운동 전과 비교하여 유의한 차이가 나타나지 않았다. Quod et al. [20]은 실험실 상황에서 사이클 최대운동 후 냉각중재를 실시한 결과 심부온도가 대조군에 비하여 유의하게 낮게 나

타났다고 하여 이와 유사한 결과를 보고하였다. 또한, 8명의 사이클 선수들을 대상으로 40분간 사이클 운동을 실시한 연구에서도 운동 후 냉각중재가 대상자들의 피부온도와 심부온도를 유의하게 감소시켰다고 하여 이와 유사한 결과를 보고하였다[21]. 냉각요법을 통한 피부온도의 감소는 말초모세혈관의 확장을 감소시켜 전체 심혈관계의 부담을 낮추고[22], 심부온도의 감소에도 영향을 미쳐 운동수행능력에 긍정적인 역할을 한다[23]. 피부온도가 27°C를 초과하면 약 1°C 증가할 때마다 약 1.5%의 유산소 능력이 감소한다는 결과[24]와 운동으로 유발된 고열은 체온조절을 위하여 진행되는 심혈관계의 부담을 증가시키고, 폐환기와 근육의 신진대사를 증가시키며, 중추신경계에 영향을 주어 잠재적으로 피로에 영향을 준다는 결과[25,26]를 감안할 때, 레슬링 경기 후 선수들에게 아이스 튜빙을 처치하여 피부온도를 감소시키는 것은 신속한 피로회복을 유도하여 선수들의 경기력에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 상완과 대퇴 피부온도는 대조군과 쿨링 튜빙 처치군이 비슷한 경향을 보였는데, Lee et al. [27]의 보고에 의한 사지의 피부온도는 지속적인 대사작용을 유지하는 체간 중심과 머리 온도에 비하여 낮고 외부환경에 따라 피부온도 변화가 심하게 나타나기 때문인 것으로 사료된다.

2. 심박수, 젖산, 운동자각도, 근력의 변화

심박수는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 간에 유의한 차이는 나타나지 않았으나 각 그룹 내에서는 측정시기 간에 유의한 차이가 나타났다. 쿨링 튜빙 처치군과 대조군은 운동 직후에 유의하게 증가하였고 운동 10분 후, 운동 30분 후의 심박수는 감소하여 쿨링 튜빙 처치군과 대조군이 비슷한 경향을 보였다. 이는 선행연구에서 냉각중재 후 냉각중재군과 대조군 간에 심박수는 유의한 차이가 없었다고 보고한 연구들과 유사한 결과이다[28,29]. 피부온도가 순간적으로 변화할 때 체내에서 카테콜아민 방출이 증가하는데, 카테콜아민의 증가는 평소보다 심한 혈관수축과 심장박동을 일으키는 것으로 알려져 있다[30,31]. 실전과 비슷한 강도의 레슬링 시뮬레이션을 통한 산소섭취량의 증가 및 교감신경계 활성화가 종료 직후 선수들의 심박수를 증가시켰지만 쿨링 튜빙 처치가 심박수의 감소에는 크게 영향을 미치지 않았던 것으로 생각된다. 이 결과는 쿨링튜빙처치가 레슬링 선수들의 실제 경기에서 심박수에는 큰 영향을 주지 않을 수 있음을 시사한다.

젖산은 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 간에 유의한 차이는 나타나지 않았으나 각 그룹 내에서는 측정시기 간에 유의한 차이가 나타났다. 각 집단 내에서 젖산 변화는 처치군과 대조군이 모두 운동 후에 증가한 뒤 비슷한 수준으로 감소하여 집단 간에 유사한 경향을 보였다. 이 결과는 냉각중재 후 혈중젖산 농도가 대조군과 비교하여 유의한 차이가 나타나지 않았거나 다른 중재방법과 차이가 없었다는 선행연구와 유사한 결과이다[32-34]. 운동 시에 생성되는 혈중 젖산은 피로를 가

하는 물질로서 운동의 강도가 높아질수록 혈중 젖산이 증가하는 것으로 알려져 있다[35]. 일반적으로 냉수침지와 같은 냉각중재는 중추신경에 발생할 수 있는 신경 자극을 완화시키고 증가하는 체열을 정상으로 유지하기 위해 필요한 대사를 감소시켜 에너지를 효율적으로 동원하고 근육의 떨림을 유도하여 젖산 축적을 예방하는 것으로 보고되고 있다[36,37]. 쿨링튜빙처치는 전신 냉수침지와는 다르게 부분적으로 냉각중재를 실시하는 방법으로 냉수침지와 같은 젖산제거의 효과를 보기는 어려울 것으로 보인다. 그러나 30분 후에 처치군과 대조군의 젖산수준은 모두 안정 시 수준으로 유지된 것으로 볼 때, 국가대표 레슬링 선수들의 경우 경기 중에 젖산제거를 위한 냉각중재에 대한 필요성은 적을 것으로 생각된다.

운동자각도는 두 그룹 간에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 쿨링 튜빙 처치군은 운동 30분 후에 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였다. 대부분의 선행연구는 냉각중재 후 운동선수들의 운동자각도가 유의하게 낮았다고 보고하고 있다[38-40]. 운동을 통한 피로의 축적은 근력 및 근수축 속도 감소, 근신경 조절장애 및 무력감 등을 동반하며 선수들의 운동수행능력의 저하를 초래하는 원인이다[41,42]. 특히 피로감은 생리학적 변화에서 기인하지만, 심리적 변화에도 비중이 높다[43]. 선행연구에 따르면 피부에서 과도하게 활성화된 구심성 신경 자극은 중추신경의 피로 유발의 원인 중 하나이지만, 냉각중재는 구심성 신경과 같은 피부에서 발생한 전기적 신호를 중추신경계에 전달하는 것을 감소시켜 주관적인 피로를 개선하는 것으로 보고하고 있다[44]. 쿨링튜빙처치는 피부온도를 감소시키고, 중추신경계의 피로를 완화시켜 주관적인 피로감에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보이며, 주관적인 피로의 감소에 의하여 근력과 파워가 향상되었다는 연구 결과를 감안할 때[39] 현장에서 시행되는 쿨링 튜빙 처치는 선수들의 경기력에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

악력은 두 그룹 모두 시뮬레이션이 종료된 직후 안정 시보다 다소 증가하였다가 30분 후 안정 시와 비슷한 수준을 나타냈으며 그룹 간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. Howard et al. [45]은 활동적인 대학생 10명을 대상으로 냉각중재(하지침수, 12°C), 고온중재(35.5°C), 상온중재(실험실내, 22-23°C) 방법에 따른 근력을 비교한 결과, 하지의 등속성근력과 등척성근력 모두에서 중재방법 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 이후에 보고된 연구에서도 냉각중재 후 근력의 향상은 나타나지 않았다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과가 나타났다[16,46]. 냉각중재가 근육 내에서 위성세포의 활성화와 근비대 신호(동화작용 신호)를 감소 또는 지연시키고, 감소된 근비대 신호는 시간이 지남에 따라 축적되어 근력과 근비대의 개선을 약화시킨다는 것을 감안할 때[47], 이 연구결과는 쿨링튜빙처치가 근력의 향상에는 큰 영향을 미치지 않을 수 있음을 시사한다. 그러나 냉각중재 후 고도로 손상되었던 속근섬유의 신속한 회복이 근파워 향상을 유도하고, 심부온도

감소와 운동자각도 감소에 따른 유산소능력이 향상되었다는 연구들이 보고되고 있어 냉각중재가 근력 이외의 다른 체력에는 긍정적으로 작용할 수 있을 것으로 보이며, 이와 관련하여 현장에서 진행되는 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

3. 호르몬의 변화

타액 코티솔 농도는 두 그룹 모두 운동 종료 직후에 다소 증가하였지만, 운동 30분 후에는 쿨링 튜빙 처치군에서만 다소 감소하는 경향이 나타났다. Lindsay et al. [48]은 종합격투기(mixed martial arts, MMA) 선수 15명을 대상으로 운동 후에 냉각중재를 실시한 결과, 냉수침지그룹이 수동적 회복그룹보다 2시간 후 타액 코티솔이 유의하게 낮게 나타났다고 하며, 냉각중재가 격투종목과 관련된 이화작용과 통증을 감소시키는 데 효과적인 전략이 될 수 있다고 보고하였다. 냉각으로 유도된 혈관수축은 세포로 투과되는 혈액과 림프액을 제한하여 세포안전성(cellular integrity)을 유지하고 염증반응을 감소시켜 코티솔의 분비를 줄일 수 있다[49]. 비록 호르몬 측정의 개인차와 사례수의 부족으로 인하여 코티솔의 감소경향만 나타났지만, 레슬링 현장에서 실시하는 쿨링튜빙처치는 코티솔의 분비를 감소시켜 피로회복과 경기력에 긍정적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 관련하여 사례 수를 추가한 후속연구를 통하여 지속적인 검증이 필요할 것으로 보인다.

타액 DHEA 농도는 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 모두 종료 직후부터 운동 30분 후까지 DHEA 농도가 감소하였으며, 쿨링 튜빙 처치군은 운동 30분 후에 대조군에 비하여 감소하였으나 유의한 차이는 나타나지 않았다. DHEA는 부신피질에 의해 방출되는 스테로이드 호르몬과 테스토스테론의 전구체로 운동에 대한 스트레스 반응 동안 조직 재생의 역할을 하는 물질이다[50,51]. 이 같은 결과는 쿨링튜빙처치가 DHEA 반응에 비교적 적은 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. Carbal-leira et al. [52]은 유도선수를 대상으로 냉각중재와 수동적 회복을 비교한 결과 냉각중재와 수동적 회복이 DHEA에 유의한 차이를 보이지 않았다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보고하였다. 또한, 동일한 연구에서 DHEA는 냉각중재 그룹에 비하여 대조그룹이 조금 더 증가하였다고 보고하였는데, 저자들은 냉각중재가 DHEA에는 적은 영향을 미쳤지만 상대적으로 코티솔의 감소에 크게 영향을 미친 것을 고려할 때, 냉각중재는 근육재생에 대한 생리적 감소반응보다 신속한 회복과정으로부터 얻을 수 있는 이익이 더 클 것이라고 제안하였다. 이와 같이 경기 현장에서 실시하는 쿨링튜빙처치는 근육재생과 관련된 DHEA 반응에는 영향을 적게 미치는 것으로 보이지만, 코티솔 반응과 같은 회복과정에 신속하게 영향을 미쳐 이후에 지속되는 경기력에 긍정적으로 작용할 수 있을 것으로 생각된다.

타액 IgA 농도는 운동 30분 후까지 쿨링 튜빙 처치군과 대조군 모두 증가하였으며, 유의한 차이는 없었지만 쿨링 튜빙 처치군은 대조군에

비하여 증가 폭이 적은 경향을 보였다. Razaie et al. [53]은 엘리트 여자 수영선수 10명을 대상으로 48시간 간격으로 3일간 100 m 수영을 실시한 후 15분간 고온수 침지(40°C)와 저온수 침지(23°C)로 회복중재를 실시한 결과, 고온침지에서 타액 IgA는 19% 증가하였지만, 저온침지에서는 8.9% 증가하여, 저온 침지군이 고온 침지군에 비하여 IgA가 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 해당 연구는 대조군이 없어 수동적 회복과 비교하지는 못하였지만 이러한 결과는 냉각중재가 IgA를 감소시킬 수 있음을 시사하는 결과로 보여진다. Immunoglobulin A (IgA)는 침과 눈물, 모유, 장과 기관지의 점액 등에서 분비되는 물질로[54], 타액 속에 포함된 IgA는 상기도 감염증(upper respiratory tract infection, URTI)의 발병과 밀접하게 관련되어 있는 것으로 알려져 있다[55]. 본 연구에서 IgA는 쿨링 튜빙 처치군이 대조군에 비하여 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 수치상 낮은 경향을 보였다. 이러한 경향은 냉각중재에 따른 염증반응 감소에 의한 것으로 보인다. 선행연구에 의하면 고강도의 훈련과 시합은 근육과 결합조직에 미세한 손상을 초래하고[56,57], 손상된 조직은 다양한 염증성 사이토카인(cytokine)을 생성하여 혈중 사이토카인 농도를 증가시킨다고 보고하고 있다[58]. 냉각중재는 조직의 온도를 감소시킴으로써, 조직의 대사 및 염증반응 등 면역과정을 최소화하여 연부조직의 손상 후 회복을 도울 수 있다[59]. 이와 같이 레슬링 경기 현장에서 실시하는 쿨링 튜빙 처치는 체온저하를 통한 대사저하로 인하여 IgA를 낮출 수 있을 것으로 보여지며, 그에 따른 선수들의 면역기능 저하를 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

결론 및 제언

이와 같이 쿨링 튜빙 처치군과 대조군은 처치 간에 상호작용효과는 나타나지 않았지만, 심박수, 피부온도(가슴), 운동자각도는 시점 간에 유의한 차이를 보였고, 튜빙 처치군은 대조군에 비하여 심박수, 운동자각도, 피부온도, DHEA, cortisol 등 대부분의 측정변인에서 통계적으로 유의하지는 않았지만 효과가 나타나는 경향을 확인할 수 있었다.

결론적으로 두 처치 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 쿨링 튜빙 처치군은 대조군에 비하여 피부온도, 운동자각도의 감소 및 피로 관련 호르몬의 저하를 나타내어 피로 회복에 있어 긍정적으로 작용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 비록 연구대상자의 사례수 부족으로 연구에서 고려한 관련 변인들의 상호작용을 확인하는데 한계가 있었지만, 대상자의 수를 증가한 후속연구를 통하여 쿨링 튜빙 처치에 대한 과학적 근거를 지속적으로 확인할 필요가 있을 것으로 보인다. 또한, 각 변인에 영향을 미칠 수 있는 심리상태의 고려, 측정 시기의 장기적 관찰, 다양한 경기력 변인을 고려한 후속연구가 진행될 필요가 있을 것으로 보인다. 이러한 과학적 근거가 마련된다면 단시간 내에 빠른 회복을 도모해야 하는 레슬링 경기 현장에서 편리하고 신

속하게 적용하여 선수들의 피로회복과 경기력 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

REFERENCES

- Horswill CA. Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Med.* 1992;14:114-43.
- Yoon J. Physiological profiles of elite senior wrestlers. *Sports Med.* 2002;32:225-33.
- Yamaner F, Bayraktaroglu T, Atmaca H, Ziyagil MF, Tamer K. Serum leptin, lipoprotein levels, and glucose homeostasis between national wrestlers and sedentary males turk. *J Med Sci.* 2010;40:471-7.
- Karnincic H, Tocilj Z, Uljevic O, Erceg M. Lactate profile during Greco-Roman wrestling match. *J Sports Sci.* 2009;1:17-9.
- Kraemer WJ, Fry AC, RubinMR, Triplett-McBride T, Gordon SE, et al. Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1367-78.
- United world wrestling. International Wrestling Rules. 2018. https://unitedworldwrestling.org/sites/default/files/2017-12/wrestling_rules_2018_2.pdf.
- Ament W, Verkerke GJ. Exercise and fatigue. *Sports Med.* 2009;39(5):389-422.
- Wegmann M, Faude O, Poppendieck W, Hecksteden A, Fröhlich M, et al. Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. *Sports Med.* 2012;42(7):545-64.
- Hornery DJ, Papalia S, Mujika I, Hahn A. Physiological and performance benefits of halftime cooling. *J Sci Med Sport.* 2005;8(1):15-25.
- Zalewski P, Bitner A, Słomko J, Szrajda J, Klawe JJ, et al. Whole-body cryostimulation increases parasympathetic outflow and decreases core body temperature. *J Therm Biol.* 2014;45:75-80.
- Krüger M1, de Mareés M, Dittmar KH, Sperlich B, Mester J. Whole-body cryotherapy's enhancement of acute recovery of running performance in well-trained athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10(5):605-12.
- Bastos FN, Vanderlei LC, Nakamura FY, Bertollo M, Godoy MF, et al. Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *Int J Sports Med.* 2012;33(11):873-9.
- Tipton M. Cold Water Immersion. In *The Science of Beach Lifeguarding*. CRC Press Inc.
- Crowe MJ, O'Connor D, Rudd D. Cold water recovery reduces anaerobic performance. *Int J Sports Med.* 2007;28(12):994-8.
- Kim CG, Lau PW, Lee JS. Influence of post-exercise muscle cooling on oxidative stress, antioxidants, and lactate levels. *Gazzetta Medica Italiana.* 2017;176(3):85-91.
- Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(11):2139-47.
- Jakeman JR, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics.* 2009;52(4):456-60.
- Schimpchen J, Wagner M, Ferrauti A, Kellmann M, Pfeiffer M, et al. Can cold water immersion enhance recovery in elite olympic weightlifters? An individualized perspective. *J Strength Cond Res.* 2017;31(6):1569-76.
- Maeng HJ. The change of cortisol, testosterone after cryotherapy following exercise-induced muscle fatigue. *Korean Journal of Physical Education.* 2002;41(3):317-23.
- Seo TB, Kim YS, Sung BJ, Kim KJ, Min SK, et al. Salivary variables investigated related to overtraining after continuous exhausting exercise. A Research Report for Korea Institute of Sport Science. 2014.
- Quod MJ, Martin DT, Laursen PB, Gardner AS, Halson SL, et al. Practical precooling: effect on cycling time trial performance in warm conditions. *J Sports Sci.* 2008;26(14):1477-87.
- Duffield R, Green R, Castle P, Maxwell N. Precooling can prevent the reduction of self-paced exercise intensity in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(3):577-84.
- Schlader ZJ, Simmons SE, Stannard SR, Mündel T. Skin temperature as a thermal controller of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:1631-9.
- Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol* (1985). 2010;109(6):1989-95.
- Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol.* 2012;97(3):327-32.

26. Cheung SS, Sleivert GG. Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. *Exerc Sport Sci Rev*. 2004;32(3):100-6.
27. Sawka MN, Leon LR, Montain SJ, Sonna LA. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr Physiol*. 2011;1(4):1883-928.
28. Lee WY, Kim MW, Byun JJ. The Effects of skin temperature and performance changes during endurance exercise in different ambient temperatures. *Journal of Coaching Development*. 2004;12:337-44.
29. Hsu AR, Hagobian TA, Jacobs KA, Attallah H, Friedlander AL. Effects of heat removal through the hand on metabolism and performance during cycling exercise in the heat. *Can J Appl Physiol*. 2005;30(1):87-104.
30. Tyler CJ, Wild P, Sunderland C. Practical neck cooling and time-trial running performance in a hot environment. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(5):1063-74.
31. Castle PC, Macdonald AL, Philp A, Webborn A, Watt PW, et al. Pre-cooling leg muscle improves intermittent sprint exercise performance in hot, humid conditions. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100(4):1377-84.
32. Kozyreva TV, Tkachenko EY, Kozaruk VP, Latysheva TV, Gilinsky MA. Effects of slow and rapid cooling on catecholamine concentration in arterial plasma and the skin. *Am J Physiol*. 1999;276(6):R1668-72.
33. Uckert S, Joch W. Effects of warm-up and precooling on endurance performance in the heat. *Br J Sports Med*. 2007;41(6):380-4.
34. Ihsan M, Watson G, Abbiss CR. What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise? *Sports Med*. 2016;46(8):1095-109.
35. Parouty J, Al Haddad H, Quod M, Leprêtre PM, Ahmaidi S, et al. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(3):483-90.
36. Pilegaard H, Domino K, Noland T, Juel C, Hellsten Y, et al. Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. *Am J Physiol*. 1999;276(2):E255-61.
37. Serban M. Psychological aspect of peaking. *Education Fitness of Sports*, 1979;6:38-46.
38. Morton RH. Contrast water immersion hastens plasma lactate decrease after intense anaerobic exercise. *J Sci Med Sport*. 2007;10(6):467-70.
39. Parris K, Tyler CJ. Practical torso cooling during soccer-specific exercise in the heat. *J Athl Train*. 2018;53(11):1089-97.
40. Delextrat A, Calleja-González J, Hippocrate A, Clarke ND. Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *J Sports Sci*. 2013;31(1):11-9.
41. Tyler CJ, Wild P, Sunderland C. Practical neck cooling and time-trial running performance in a hot environment. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(5):1063-74.
42. Allen DG, Westerblad H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol*. 2001;536(Pt 3):657-65.
43. Lorist MM, Kernell D, Meijman TF, Zijdwind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *J Physiol*. 2002;15;545(1):313-9.
44. Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(1):45-57.
45. Howard RL, Kraemer WJ, Stanley DC, Armstrong LE, Maresh CM. The effects of cold immersion on muscle strength. 1994;8(3):129-33.
46. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The effect of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;28;10(9):e0139028.
47. Roberts LA, Raastad T, Markworth JF, Figueiredo VC, Egner IM, et al. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signaling and long-term adaptations in muscle to strength training. *J Physiol*. 2015;15;593(18):4285-301.
48. Lindsay A, Carr S, Cross S, Petersen C, Lewis JG, et al. The physiological response to cold-water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42(5):529-36.
49. Minett GM, Duffield R, Billaut F, Cannon J, Portus MR, et al. Cold-water immersion decreases cerebral oxygenation but improves recovery after intermittent-sprint exercise in the heat. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(4):656-66.
50. Grasso D, Corsetti R, Lanteri P, Di Bernardo C, Colombini A, et al. Bone-muscle unit activity, salivary steroid hormones profile, and physical effort over a 3-week stage race. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(1):70-80.
51. Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(5-6):505-13.
52. Carballeira E, Morales J, Fukuda DH, Granada ML, Carratalá-Deval V, et al. Intermittent cooling during judo training in a warm/humid environment reduces autonomic and hormonal impact. *J Strength Cond Res*. 2018;5. doi: 10.1519/JSC.0000000000002443.

53. Rezaie Z, Esfarjani F, Marandy SM. Changes in S-IgA level following intensive exercise and immersion in hot and cold water. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012;30(174).
54. Crawford JM, Taubman MA, Smith DJ. Minor salivary glands as a major source of secretory immunoglobulin A in the human oral cavity. *Science*. 1975; 19;190(4220):1206-9.
55. MacKinnon LT, Jenkins DG. Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(6):678-83.
56. Kuipers H. Exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Med*. 1994;15:132-35.
57. Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL, MacLean DA, et al. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *J Physiol*. 1997;499(Pt 3):833-41.
58. Moldoveanu AI, Shephard RJ, Shek PN. The cytokine response to physical activity and training. *Sports Med*. 2001;31:115-44.
59. Meeusen R, Lievens P. The use of cryotherapy in sports injuries. *Sports Med*. 1986;3:398-414.