

다양한 찬물 온도에서 손가락 추위유발성혈관확장의 재생산 반응

김병조 *, 이대택**

Cold-induced Vasodilation At Various Water Temperature And Its Reproducibility During Cold Water Finger Immersion

Byeong-Jo Kim*, Dae-Taek Lee**

Abstract

This study examined the effect of cold water finger immersion at various water temperature on cold-induced vasodilation (CIVD) and its reproducibility to the cold stress. Ten healthy collegiate men (21.4±2.5 yrs, 175.8±4.1 cm, 69.6±7.6 kg, 11.2±3.7 %fat) underwent two tests. At the first test (1ST), subjects immersed their middle fingers at 43°C water for 5 min followed by a resting at an ambient air for 25 min. Then they immersed the finger at one of the five water temperatures (Tw: 5, 8, 11, 14, or 17°C) at random order for 20 min. Once a testing at one Tw was completed, they immediately repeated the testing procedure for another Tw. The second test (2ND) was performed within a week after 1ST with having an identical procedure of 1ST except the order of Tw. During the test, rectal temperature, finger temperature from middle finger nail bed, and heart rate were measured every six second. In conclusion, maximal finger temperature (Tfmax), and Tfmax minus Tw was highly reproducible in this experiment. Minimal finger temperature (Tfmin) and Tfmax were higher as Tw decreased. And Tfdiff was higher as the cold stress decreased. No differences were found in time variables of temperature responses.

초 록

본 연구는 다양한 찬물 온도에 손가락을 침수시켰을 경우 추위유발성혈관확장(Cold-induced vasodilation)이 어떻게 나타나며, 이 반응이 재발현되는지 평가하는데 목적을 두었다. 이를 위해 10명의 건강한 대학생(21.4±2.5 yrs, 175.8±4.1 cm, 69.6±7.6 kg, 11.2±3.7 %fat)이 두 번의 실험에 참가하였다. 첫 번째 실험은 상온환경에서 다섯 번의 실험과정 반복으로 이루어졌다. 실험과정은 43°C의 물에 오른손 가운데 손가락을 5분 동안 담갔다가, 그 후 25분 동안 상온에서 휴식을 가지고, 그 다음 무작위로 물 온도 5, 8, 11, 14, 또는 17°C 중 하나에 손가락을 담갔다. 한 과정이 끝나면 다른 수온에서 같은 방식으로 실험이 진행되었다. 재발현 반응을 평가하기 위해 첫 실험 후 최소 5일 후에 같은 방법으로 두 번째 실험이 진행되었다. 실험 중 심박수, 직장온도, 손톱주위온도가 매 6초마다 측정되었다. 결론적으로 재현성에는 최대손가락온도(Tfmax)와 Tfmax-물온도(Tw)에서 재생산 반응을 보였다. 추위자극에 따른 CIVD의 반응은 추위자극이 높을수록 최소손가락온도(Tfmin)와 Tfmax의 반응은 높게 나타났으며, 추위자극이 낮을수록 Tfdiff의 반응은 증가되었다. 그러나 모든 반응시간에는 유의한 차이는 보이지 않았다.

키워드 : Various water temperature, CIVD, AVAs, Nail-bed temperature

접수일(2009년12월21일), 수정일(1차 : 2010년 5월 25일, 2차 : 2010년 6월 21일, 게재 확정일 : 2010년 7월 1일)

* 국민대학교 체육대학/kbc3926@hanmail.net

** 국민대학교 체육대학/dtle@kookmin.ac.kr

1. 서 론

과거 항공조종사들은 환경적 열 스트레스에 대한 보호 장치 없이 열적 위험에 노출된 상태에서 비행업무를 수행하였다. 현재 항공기술의 발달은 이러한 열 스트레스에 대응하여 다양한 안전장치를 마련하고 있으며, 변화하는 환경에서 임무를 수행하는 조종사들의 신체적 위험성과 불안정성을 보정할 수 있도록 해주고 있다. 그럼에도 장시간 불안정한 환경에서의 작업은 인체 기능에 부정적인 영향을 미치며(Heus et al., 1995) 특히 추위노출은 다양한 생리적 현상을 유발시키게 된다. 추위노출은 동상 및 저체온증과 같은 일반적 상해를 유발하기도 하지만, 근력손실, 신경 전달속도 저하, 그리고 정확한 동작의 조절 능력 저하를 유발하기도 한다(O'Brien et al., 2007). 그리고 인체는 이러한 위험으로부터 자신을 보호하기 위해 많은 생리적 반응을 일으키게 된다(Adams et al., 1962; Kreh et al., 1984).

선행연구에 의하면, 단발성의 강력한 추위에 노출된 인체는 추위에 대응하여 약 5-10분 내에 혈류순환진동 현상을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Lewis, 1930; Wilson et al., 1970). 이러한 현상을 추위유발성혈관확장(Cold Induced Vasodilation: CIVD)이라 부르는데(Bini et al., 1980; Janbu, 1989; Molyneux, 1977), 이는 추위 스트레스에 대응한 혈류반응과 체온조절 기전으로 여겨지고 있다(Bergersen et al., 1999; Burton, 1939; Thoresen et al., 1980).

CIVD의 반응은 개개인과 인종에 따라 다양하게 나타나며(Elsner et al., 1960; Iampietro et al., 1959; Itoh et al., 1970; Meehan, 1955), 음식물 섭취 여부, 알코올 섭취 여부, 고도(altitude), 나이, 스트레스와 같은 많은 요인들에 의해서 영향을 받기도 한다(Daanen, 2003). 또한 국부적 추위에 자주 반복적으로 노출되는 사람들은 CIVD 반응을 발달시키는 것으로 보고되어지고 있다(Krog et al., 1960; LeBlanc et al., 1960; Nelms et al., 1962). 그러나 이러한 매개변수를 중심으로 CIVD에 어떠한 영향을 미치는지 연구한 경우가 대부분이며, 정작 추위노출 시 변화되는 온도

자극에 대해 연구한 경우는 많지 않다.

CIVD 선행연구들의 추위자극 온도는 0°C의 물(Daanen et al., 2000; Moriya et al., 1990), 4°C의 물(Mathew et al., 1977; O'Brien, 2005), 5°C의 물(Daanen et al., 1999, 2000; Sendowski et al., 1997; Struij et al., 2008), 8°C의 물(Kerarmidas et al., 2010; Mekjavic et al., 2008; Reynolds et al., 2007), 10°C의 물(Sawada et al., 2000; Sawada, 1996)로 각각 CIVD의 반응이 다르게 나타나고 있음을 보고하고 있다. 이는 추위자극 온도변화에 따라서도 CIVD의 반응이 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 또한 CIVD의 반응이 재현이 가능한 것인지에 관해서도 현재까지 보고된 연구들은 제한적이며, 미비한 상태이다. 그러므로 추위자극 온도변화가 CIVD 반응과 재현성에 미치는 영향을 알아보는 것이 의의가 있겠다.

따라서 본 연구는 추위에 적응되지 않은 건강한 성인을 대상으로 상온에서 다양한 온도의 찬물에 손가락을 노출시킨 후 이 손가락에 나타나는 CIVD 반응을 알아보고, 그 반응의 크기 및 시간적 발현유형을 평가하는데 목적이 있다. 또한 그 반응들이 반복적인 평가에서 재현될 것인지를 살펴보는데 목적을 두었다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 건강한 남자 대학생 10명을 대상으로 하였다. 연구에 참여하기 전에 이들의 병력이 조사되었으며 본 연구의 결과에 영향을 줄 수 있는 호흡기, 신경계, 내분비계 질환을 보유하고 있지 않음을 확인하였다. 피험자들에게 연구의 목적과 실험과정이 충분히 설명되었으며, 이들은 자의적으로 연구 참여 동의서에 동의한 후 본 연구에 참여하였다. 대상자들의 나이는 21.4 ± 2.5 yrs, 신장은 175.8 ± 4.1 cm, 체중은 69.6 ± 7.6 kg, 체지방률은 11.2 ± 3.7 %, 신체질량지수는 22.7 ± 2.3 kg/m², 안정시 심박수는 69.7 ± 8.3 beats/min, 수면 이후 안정시 뇨비중은 1.021 ± 0.004 , 안정시 직장온은 37 ± 0.2 °C 이었다.

2.2. 연구설계

각 피험자들은 모두 3번의 실험에 참여하였다. 첫 실험은 사전검사로 이들의 신장, 체중, 체지방량, 신체질량지수, 심박수, 노비중 및 직장온이 측정되었다. 두 번째(1ST)와 세 번째(2ND)의 실험은 동일한 과정으로 진행되었으며, 다만 진행 순서에 차이가 있는 반복실험으로 진행되었다. 두 번째와 세 번째의 실험에서 적용되는 물 온도의 순서를 달리하여 피험자들은 각기 5°C, 8°C, 11°C, 14°C, 또는 17°C의 물 온도에 손가락을 담그는 실험에 참여하였다(대호냉각기, 한국). 수온은 선행연구들에서 사용한 온도를 참고하여(범위 0-10°C) 약 3°C의 등간을 두었으며, 최대한의 CIVD가 발생할 수 있는 온도로 5°C를 그리고 최소한의 CIVD가 나타날 수 있는 온도로 17°C를 설정하였다. 각각의 피험자들은 서로 다른 순서에 의해 실험조건이 적용되었다. 또한 2번의 반복 실험은 최소한 5일 이상의 간격을 두고 이루어졌다. 실험은 추위적응이 되지 않았을 것으로 여겨지는 가을에 진행되었다.

2.3. 실험과정 및 절차

실험은 오전 9시부터 시작되었다. 피험자들은 실험 전 24시간동안 과도한 신체활동과 카페인 섭취, 흡연, 알코올 섭취 등을 제한하도록 지시되었으며, 실험 전 최소한 3시간 이상 동안 공복상태를 유지하도록 요구되었다.

실험실은 25°C와 상대습도 50%를 유지하였다. 실험이 진행되기 전에 피험자에게 직장온도(rectal temperature: Tre)와 손톱주위온도(nail bed temperature: Tf)를 측정하기 위한 T-type(copper-constantan) thermocouple (Barnant, USA)이 착용되었다. 심박수(heart rate: HR)는 Pulse Oximetry((주)유니온 메디칼, 한국)를 이용하여 손가락에서 측정되었다. 또한 노비중은 실험 전 UG-1(Atago, Japan)을 이용하여 측정되었다. 실험실에 도착한 피험자의 심박수가 평상시보다 높았을 경우 안정시 수준에 도달할 때까지 안정을 취하였다.

실험이 진행되는 동안 피험자들은 편안하게 앉은 상태를 유지하였으며 최소한의 의복만을 착용

하였다. 실험에 사용된 손가락의 높이는 심장과 수직 높이로 같은 위치에 놓이도록 하였다. Tf는 thermocouple을 오른손 중간 손가락의 손톱 주위를 둘러싼 피부에 1 cm² 정도 3M 테이프를 부착하여 이루어졌다. 직장온도는 온도계를 항문을 통해 약 10 cm정도 삽입되어 측정되었고, 심박수는 왼손 손가락으로부터는 측정되었다.

표 1. 수온과 실험절차

I	II	III
43°C 물에 5분 동안 손가락 침수	25분 휴식	5, 8, 11, 14, 또는 17°C 물에 20분 간 손가락 침수

실험절차는 Table 1에서 보는 바와 같았다. 피험자들은 CIVD 반응 실험에 앞서 43°C의 물에 오른손 가운데 손가락을 5분 동안 담갔다. 이는 모든 피험자들의 차가운 물에 손가락 담그기 전 기본적인 손가락 온도를 유지하고 혈관축소를 없애기 위해 선택되었다. 43°C의 물에서 5분을 경과한 직후 물기가 즉시 제거되었으며, 그 후 25분 동안 휴식을 가졌다. 휴식 후 무작위로 물 온도 5°C, 8°C, 11°C, 14°C, 또는 17°C 중 하나씩 선택되어 총 5번의 찬물 손가락 입수를 실시하였다. 실험 중 HR, Tre, Tf는 매 6초마다 측정되었다.

반복적 실험 즉, 두 번째와 세 번째의 실험은 똑같은 방법과 과정으로 진행되었다. 다만 손가락을 입수시키는 찬물의 온도는 무작위로 선정되어 두 번째 실험에서 사용한 순서로 진행되지 않았다.

2.4. 자료분석 및 통계

각 실험조건에서 CIVD 반응의 비교분석을 위해 측정된 변인 외에 다음과 같은 6가지 변인이 추가적으로 고안되어 산출되었다(Daanen, 1997; Yoshimura and Iida, 1952).

- 1) 최소온도(minimum temperature: Tfmin) : CIVD 반응이 나타나기 바로 직전의 최소

한으로 떨어진 손톱주위온도.

- 2) 최대온도(maximum temperature: T_{fmax}) : CIVD 반응 중에서 최고치에 다다른 손톱 주위온도.
- 3) 반응온도(finger temperature difference: T_{fdiff}) : T_{fmin} 온도부터 T_{fmax} 까지의 온도.
- 4) 시작시간(onset time: Δt_{onset}) : 손가락의 찬물 입수 시간부터 T_{fmin} 까지의 시간 간격.
- 5) 최대치시간(peak time: Δt_{peak}) : T_{fmin} 시간부터 T_{fmax} 까지의 시간 간격.
- 6) 반응시간(time maximum: Δt_{max}) : T_{fmin} 시간과 T_{fmax} 까지의 시간을 포함한 시간.

수집된 모든 측정치는 SPSS ver. 12.0 프로그램을 이용하여 통계적으로 분석되었다. 각 변인의 수치는 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 2번의 반복실험 간의 차이검정은 Paired t-test를 이용하였다. 물 온도 차이에 대한 통계적 유의성은 One-way ANOVA를 실시하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났을 경우 사후검증은 Scheffe를 이용하였다. 모든 검정의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

3. 결 과

본 연구에서 두 번에 걸친 반복실험에 참여한 피험자들의 노비중, 심박수, 직장온도는 Table 2에서 나타난 바와 같다.

표 2. 각 실험에서 피험자들의 기초적 생리상태

실험	노비중 (unit)	심박수 (bpm)	직장온도 (°C)
1ST	1.021±0.0	69.7±8.3	37.0±0.2
2ND	1.022±0.0	70.5±8.3	37.0±0.2

2번의 실험 전 피험자들의 기본적인 조건에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p > .05$). 결과적으로 피험자들이 동일한 조건 하에서 실험이 이루어졌음을 알 수 있다.

3.1. 수온별 T_{fmin} 의 변화

피험자들의 수온에 따른 T_{fmin} 의 변화는 Figure 1에서 나타난 바와 같다. 수온 5°C와 비교했을 때 8°C, 11°C, 14°C, 17°C의 온도에서는 각각 2.98°C, 6.07°C, 8.96°C, 11.97°C로 높게 나타났다. 수온이 증가함에 따라 T_{fmin} 도 점차 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .000$). 집단 간의 차이를 보기 위해 사후검증을 실시한 결과 모든 수온의 조건과 유의한 차이가 나타났다($p < .000$).

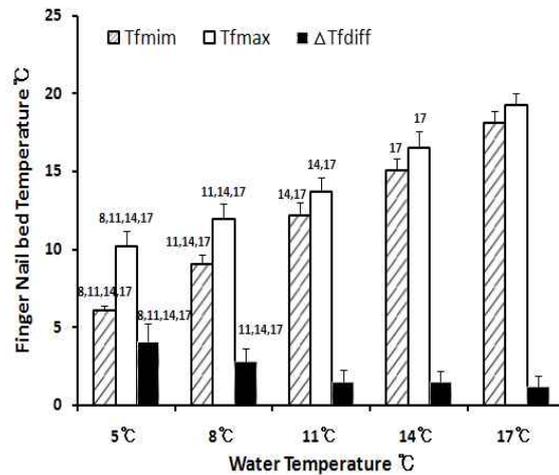


그림 1. 각 수온에서 손가락온도 반응

3.2. 수온별 T_{fmax} 의 변화

수온에 따른 T_{fmax} 의 변화는 Figure 1에서 보는 바와 같다. 실험별 T_{fmax} 는 수온에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .001$). 집단 간의 차이를 보기 위해 사후검증을 실시한 결과 5°C의 조건은 8°C($p < .05$), 8°C의 조건은 11°C($p < .05$), 14°C와 17°C의 조건은 다른 모든 조건과 유의한 차이가 나타났다($p < .000$). 이로써 수온이 증가할수록 T_{fmax} 도 높게 나타나고 있었다.

3.3. 수온별 T_{fdiff} 의 변화

실험별 T_{fdiff} 의 변화는 Figure 1에서 보는 바

와 같이 수온에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .000$). 집단 간의 차이를 보기 위해 사후검증을 실시한 결과 5°C의 조건은 8°C ($p < .05$)와 11°C, 14°C, 17°C ($p < .000$)의 조건에서와 차이를 보이고 있다. 또한 8°C의 조건은 11°C, 14°C, 17°C ($p < .05$)와 유의한 차이가 나타났다. 수온이 낮을수록 Tfdiff는 점차 증가되고 있음을 알 수가 있다.

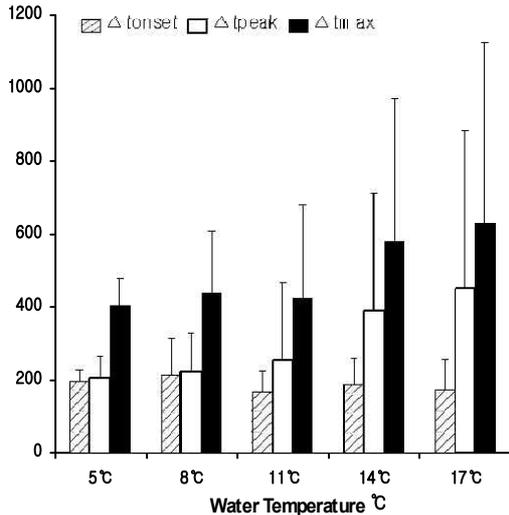


그림 2. 각 수온에서 손가락온도의 시간변인 반응

3.4. 수온별 Δt_{onset} 의 변화

수온에 따른 Δt_{onset} 의 변화는 Figure 2에서 보여주고 있다. 수온 5°C의 조건과 비교했을 때 8°C, 11°C, 14°C, 17°C는 각각 평균 18초, -27초, -8초, -21.6초로 나타났다. 이는 모든 실험 조건에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($p > .05$).

3.5. 수온별 Δt_{peak} 의 변화

실험조건별 Δt_{peak} 의 변화는 Figure 2에서 나타내고 있다. 수온 5°C의 조건과 비교했을 때 8°C, 11°C, 14°C, 17°C는 각각 평균 16.8초, 49.2초, 184.8초, 245.4초로 나타났다. 이는 피험자들

이 수온이 증가함에 따라서 점차 시간이 길어지고 있으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p > .05$).

3.6. 수온별 Δt_{max} 의 변화

실험조건별 Δt_{max} 의 변화는 Figure 2에서 나타난 바와 같이 수온 5°C의 조건과 비교했을 때 8°C, 11°C, 14°C, 17°C는 각각 평균 34.8초, 21.6초, 176.4초, 223.8초로 14°C 이후에 급격히 시간이 증가하고 있으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > .05$).

3.7. 반복적 실험 적용에 따른 온도 변화

반복적 실험 적용에 따른 온도 변화 반응에 대한 결과는 Table 3에서 나타난 바와 같다.

표 3. 온도변인의 실험-재실험 반응

변인	실험	수온 (°C)				
		5	8	11	14	17
$T_{fmax}(^{\circ}C)$	1ST	102±0.0	11.9±1.0	13.7±1.0	16.6±1.0	19.3±0.8
	2ND	9.9±1.3	11.3±1.3	13.7±1.2	16.6±1.2	18.9±0.9
변인	실험	수온 (°C)				
		5	8	11	14	17
$T_{fmax}-T_w(^{\circ}C)$	1ST	5.2±1.0	3.9±1.0	2.7±1.0	2.6±1.0	2.3±0.8
	2ND	4.9±1.3	3.3±1.3	2.7±1.2	2.6±1.2	1.9±0.9

처치별 T_{fmax} 있어서 모든 실험 조건 즉, 5°C, 8°C, 11°C, 14°C, 17°C에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p > .05$). 또한 $T_{fmax} - T_w(^{\circ}C)$ 에서도 모든 조건에서 유의한 차이가 보이지 않았다 ($p > .05$). 이러한 결과는 반복적 CIVD 적용이 피험자들의 온도 반응에 있어서 유사하게 나타나고 있다고 할 수 있을 것이다.

4. 고 찰

본 연구는 건강한 젊은이를 대상으로 다양한

추위자극을 제공하였을 경우 손가락의 CIVD가 어떻게 반응하고 또한 그 반응이 재현되는지를 평가하는데 목적을 두었다. 결과적으로 추위자극 온도에 따라 최소, 최대, 반응온도에서는 유의한 변화가 관찰되었으나 모든 반응시간 변인에서는 유의한 변화가 관찰되지 않았다.

본 연구의 실험은 상대적으로 넓은 온도 범위의 찬물을 이용하여 CIVD의 온도 지표와 시간 지표를 비교분석하였다는 점과 CIVD의 반복재현성이 존재하는지를 평가했다는 것에 중요성이 존재한다. 이전의 연구들에서는 이러한 점들에 대한 평가가 이루어지지 않았다.

선행연구에 의하면, Daanen et al(1999)은 신체 온도 수준이 CIVD 반응에 미치는 영향을 조사하기 위해 고온, 중온, 약간의 저체온 상태로 40분 동안 오른손을 5°C의 물에 노출시키는 실험이 수행된 결과 신체온도가 고온일 때 가장 높게 나타났다. 또한 특정한 주위환경온도(30°C, 25°C, 20°C)에서 각각 10분 동안 왼손가락을 10°C의 물에 반복적 노출을 통하여 CIVD 반응이 20°C에서 점차 나타나지 않았음을 보고하였다(Sawada et al., 2000). 이러한 결과는 신체온도와 주위환경온도가 높을수록 인체가 받는 추위노출 자극온도가 점점 더 낮아지는 현상이 일어난다는 것을 보여주고 있는 것이다.

Mathew et al(1978)은 왼손가락을 대상으로 60분 동안 오른쪽 발을 0°C, 4°C, 8°C, 12°C의 물에 노출시키는 실험이 수행되었다. 그 결과 0°C와 4°C에서는 CIVD패턴이 동일하였으나 8°C에서는 거의 나타나지 않았으며, 12°C에서는 아무런 반응이 나타나지 않았다.

CIVD 반응에 있어서 김병조와 이대택(2008)에 의하면 CIVD 반응온도에서는 유의한 차이를 보이고 있으나, 반응시간에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 실제로 Bergersen et al(1999)은 심각한 국부적 차가움을 통한 AVAs(arteriovenous anastomoses)의 혈관운동신경 활동성과 다른 손가락 혈관에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 CIVD가 나타나는 중 최대 속도의 변화는 유의하지 않았으나, 높은 피부온도와 손가락에 많은 혈류는 AVAs의 평활근세포(smooth muscle cell)

이완에 의한 원인이라는 것을 제안하였다.

이러한 결과에 의하면 CIVD 반응은 자극온도가 낮을수록 반응온도가 상승되고 있으나 반응시간에는 영향을 미치지 못하고 있다는 것을 보여주고 있다. 본 연구에서도 최소온도(Tfmin), 최대온도(Tfmax), 반응온도(Tfdiff)에서 유의한 차이를 보이고 있으나 모든 반응시간에서는 차이가 관찰되지 않았다.

CIVD 재현성에 대한 선행연구에 의하면 Reynolds et al(2007)는 반복적인 추위노출 적용이 CIVD 반응에 미치는 영향을 실험하기 위해 3주 동안 주 5일에 걸쳐 30분씩 8°C의 물에 왼쪽 발목을 노출시켰다. 그 결과 차가운 물에 발진체를 노출시키는 실제적인 조건에서 훈련된 CIVD 반응은 없다는 것을 시사하였다.

Mekjavic et al(2008)은 CIVD의 훈련가능성을 실험하기 위해 13일 동안 30분씩 8°C의 물에 반복적으로 손을 노출시키는 실험을 수행하였다. 그 결과 CIVD에 대한 적응 또는 온도감각에서 어떤 변화도 관찰되지 않았으며, 손 전체를 노출시키는 조건에서 CIVD 반응은 훈련될 수 없다는 것을 제안하였다. 이는 유사한 CIVD 반응이 존재할 수 있다는 것을 의미하고 있는 것이다.

O'Brien(2005)은 CIVD의 재현을 실행하기 위해 30분 동안 4°C의 물에 노출시켜 5번을 반복 측정 하였다. 그 결과 온도와 혈류반응에 있어서 피험자들의 가변성이 유사하게 나타났음을 보고 하였다. 또한 Meehan(1955)와 Daanen(1997)는 CIVD의 평균온도와 최소온도에서 재현성을 찾았으며, 재현성의 감소는 피험자들의 불충분한 통제, 신체온도의 변화, 물에 노출시 손의 깊이 차이, 실험 중 손 또는 신체움직임, 실험 전 신체적 활동에 의해 영향을 받는다는 것을 제안하고 있다.

본 연구에서도 CIVD 반응의 재현은 최대온도(Tfmax)와 평균온도[Tfmax - Tw(°C)]에서 나타났다. 그러므로 CIVD의 재현은 가능하다는 것을 보여주고 있으며, 이러한 CIVD 민감한 반응의 측정은 주위온도를 비롯한 피험자에게 나타날 수 있는 모든 변수를 잘 통제되어야만 오차범위를 줄일 수 있다는 것을 제안한다.

5. 결 론

본 연구는 건강한 젊은성인을 대상으로 다양한 추위자극 온도 노출시 손가락의 CIVD 반응을 알아보고 그 재현성에 대해 평가하였다. 결과적으로 추위자극 온도가 증가함에 따라 최소온도(Tfmin)와 최대온도(Tfmax)가 유의하게 높게 나타났으며, 반응온도(Tfdiff)에서는 추위자극이 낮을수록 점차 유의하게 증가되고 있음을 관찰하였다. 그러나 CIVD의 모든 반응시간(Δ tonset, Δ tpeak, Δ tmax)에는 추위자극에 따라 유의한 변화는 관찰되지 않았다. 또한 반복적 추위자극에 있어 CIVD의 재현성은 최대온도(Tfmax)와 평균 온도[Tfmax - Tw(°C)]에서 유사하게 나타나고 있다. 따라서 추위자극 온도가 낮을수록 CIVD 반응시간에는 영향을 미치지 못하고 있으나 온도를 상승시키는 작용에는 영향을 미치고 있다. 또한 CIVD 반응에 있어서도 재현될 수 있다는 것을 의미한다.

참고문헌

1. 김병조, 이대택. (2008) 다양한 농도의 산소 호흡이 손가락 추위유발성혈관확장에 미치는 영향. 한국생활환경학회지. 15(2), 206-212.
2. Adams, T., Smith, R. E. (1962) Effect of chronic local cold exposure on finger temperature responses. J. Appl. Physiol., 17, 317-322.
3. Bergersen, T. K., Hisdal, J., Walloe, L. (1999) Perfusion of the human finger during cold-induced vasodilation. Am. J. Physiol., 276, 731-737.
4. Bini, G., Hagbarth, K. E., Hynninen, P., Wallin, B. G. (1980) Thermoregulatory and rhythm-generating mechanisms governing the sudomotor outflow in human cutaneous nerves. J. Physiol., 306, 537-552.
5. Burton, A. C. (1939) The range and variability of the blood flow in the human finger and the vasomotor regulation of body temperature. Am. J. Physiol., 127, 437-453.
6. Daanen, H. A. M. (1997) Central and peripheral control of finger blood flow in the cold. Thesis. Free University, Amsterdam, The Netherlands.
7. Daaene, H. A. M., Ducharme, M. B. (1999) Finger cold-induced vasodilation during mild hypothermia, hyperthermia and at thermoneutrality. Aviat. Space Environ. Med., 70, 1206-1210.
8. Daanen, H. A. M., Ducharme, M. B. (2000) Finger cold-induced peripheral vasodilation at high altitude-a field study. High Altitude Med. Biol., 1, 323-329.
9. Daanen, H. A. M. (2003) Finger cold-induced vasodilation: a review. Eur. J. Appl. Physiol., 89, 411-426.
10. Elsner, R. W., Nelms, J. D., Irving, L. (1960) Circulation of heat to the hands of Arctic Indians. J. Appl. Physiol., 15, 662-666.
11. Heus, R., Daanen, H. A. M., Havenith, G. (1995) Physiological criteria for functioning of hands in the cold. Appl. Ergon., 26, 5-13.
12. Iampietro, P. F., Goldman, R. F., Buskirk, E. R., Bass, D. E. (1959) Response of Negro and white males to cold. J. Appl. Physiol., 14, 798-800.
13. Itoh, S., Kuroshima, A., Hiroshige, T., Doi, K. (1970) Finger temperature responses to local cooling in several groups of subjects in Hokkaido. Jpn. J. Physiol., 20, 370-380.
14. Janbu, T. (1989) Blood velocities in the dorsalis pedis and radial arteries during labour. Br. J. Obstet. Gynaecol., 96, 70-79.
15. Keramidas, M. E., Musizza, B., Kounalakis, S. N., Mekjavic, I. B. (2010) Enhancement of the finger cold induced vasodilation response with exercise training. Eur. J. Appl. Physiol., 109(1), 133-140.
16. Kreh, A., Anton, F., Gilly, H., Handwerker, H. O. (1984) Vascular reactions correlated with pain due to cold. Exp. Neurol., 85, 533-546.

17. Krog, F., Folkow, B., Fox, R. H., Lange Andersen, K. (1960) Hand circulation in the cold of Lapps and North Norwegian fishermen to cold water. *J. Appl. Physiol.*, 15, 654-658.
18. LeBlanc, J., Hildes, J. A., Heroux, O. (1960) Tolerance of Gaspe fishermen to cold water. *J. Appl. Physiol.*, 15, 1031-1034.
19. Lewis, T. (1930) Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15, 177-208.
20. Mathew, L., Purkayastha, S. S., Malhotra, M. S. (1978) cold induced vasodilatation response at different water bath temperatures in monkeys. *Aviat. space Environ. Med.*, 49(8), 976-979.
21. Mathew, L., Purkayastha, S. S., Selvamurthy, W., Malhotra, M. S. (1977) Cold induced vasodilatation and peripheral blood flow under local cold stress in man at altitude. *Aviat. Space Environ. Med.*, 48, 497-500.
22. Meehan, J. P. (1955) Individual and racial variations in a vascular response to a cold stimulus. *Milit. Med.*, 116, 330-334.
23. Mekjavic, I. B., Dobnikar, U., Kounalakis, S. N., Musizza, B., Cheung, S. S. (2008) The trainability and contraateral response of cold induced vasodilatation in the fingers following repeated cold exposure. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 104(2), 193-199.
24. Molyneux, G. S. (1977) The role of arteriovenous anastomoses in the peripheral circulation. *Proc. Royal Soc. Queensl.*, 88, 5-14.
25. Nelms, J. D., Soper, D. J. G. (1962) Cold vasodilation and cold acclimation in the hands of British fish filleters. *J. Appl. Physiol.*, 17, 444-448.
26. Moriya, K., Nakagawa, K. (1990) Cold induced vasodilatation of finger and maximal oxygen consumption of young female athletes born in Jokkaido. *Int. J. Biometeorol.*, 81(3), 15-19.
27. O'Brien, C. (2005) Reproducibility of the cold induced vasodilation response in the human finger. *J. Appl. Physiol.*, 98(4), 1334-1340.
28. O'Brien, C., Mahoney, C., Tharion, W. J. (2007) Dietary tyrosine benefits cognitive and psychomotor performance during body cooling. *Physiol. Behav.*, 28, 90(2-3), 301-307.
29. Reynolds, L. F., Mekjavic, I. B., Cheung, S. S. (2007) Cold induced vasodilatation in the foot is not homogenous or trainable over repeated cold exposure. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 102, 73-78.
30. Sawada, S. (1996) Cold induced vasodilatation response of finger skin blood vessels in older men observed by using a modified local cold tolerance test. *Ind. Health*, 34(1), 51-56.
31. Sawada, S., Araki, S., Yokoyama, K. (2000) Changes in cold induced vasodilatation, pain and cold sensation in fingers caused by repeated finger cooling in a cool environment. *Ind. Health*, 38(1), 79-86.
32. Sendowski, I., Savourey, G., Besnard, Y., Bittel, J. (1997) Cold induced vasodilatation and cardiovascular responses in humans during cold water immersion of various upper limb areas. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 75(6), 471-477.
33. Thoresen, M., Walloe, L. (1980) Skin blood flow in human skin as a function of environmental temperature measured by ultrasound. *Acta. Physiol. Scand.*, 109, 333-341.
34. Van der Struij, N. R., Van Es Raymann, R. J., Daanen, H. A. (2008) Finger and toe temperatures on exposure to cold water and cold air. *Aviat. Space Environ. Med.*, 79(10), 941-946.
35. Wilson, O., Goldman, R. F. (1970) Role of air temperature and wind in the time necessary for a finger to freeze. *J. Appl. Physiol.*, 29, 658-664.