

## 동상의 임상적 분석

국군수도병원 외과

최장규, 김현철, 신홍경

- Abstract -

### Clinical Analysis of Frostbite

Jang Kyu Choi, M.D., Hyun Chul Kim, M.D., Ph D., Hong Kyung Shin, M.D.

*Department of Surgery, The Armed Forces Capital Hospital, Gyeonggi-do, Korea*

**Purpose:** Frostbite can affect still soldiers. Initial clinical manifestations are similar for superficial and deep frostbite, so early treatment is identical. It is under-estimated by physicians. We try to identify the challenges of managing these complex tissue injuries.

**Methods:** A retrospective analysis of 84 patients hospitalized at AFCH from 2009 to 2015 was conducted. We investigated differences of epidemiological characteristics, identification of soft tissue injury, treatment and complications between superficial (SF: 43; 51.2%) and deep (DF: 41; 48.8%) frostbite.

**Results:** The major (94.0%) developed frostbite in dry circumstances (89.3%). Wet circumstances (66.7%) were more susceptible to DF rather than dry (46.7%). The 38 (45.2%) arrived to specialist within 7days. Most prone sites were feet, followed by hands. Toes had more deep injuries. DF presented more increased levels of ALT, CPK, CKMB, CRP. The bone scan of W+S+ was 48.3%, 87.1% and W+S- was 20.7%, 12.9%, respectively. The treatment resulted in improved or normalized perfusion scan with matching clinical improvement. It was a good tool to assess treatment response. Eighteen normal and 8 stenotic type of PCR resulted in normal with matching clinical improvement. One continuous obstructive waveform led to minor amputation. Twelve underwent both PCR and MRA. Among 6 normal PCR, 5 showed normal and one stenosis in MRA. All 5 stenosis and one obstruction showed the same findings in MRA. It was a good tool to evaluate vascular compromise. They were treated with rapid rewarming (11.6%, 22.0%), hydrotherapy (16.3%, 29.3%), respectively. Six (14.6%) underwent STSG, 2 (4.9%) had digital amputation in DF. Berasil, Ibuprofen, Trental were commonly administered. PGE1 was administered selectively for 6.8, 10.8 days, respectively. Raynaud's syndrome (16.3%), CRPS (4.7%), LOM (14.6%) and toe deformity (4.9%) were specific sequelae.

**Conclusion:** We should recommend intensive foot care education, early rewarming and evacuation to specialized units. The bone scanning and PCR should allow for a more aggressive and active approach to the management of tissue viability. [ J Trauma Inj 2015; 28: 158-169 ]

**Key Words:** Frostbite, Epidemiology, Bone scanning, PCR waveform, PGE1

\* Address for Correspondence : **Hyun Chul Kim, M.D., Ph.D.**

Department of Surgery, The Armed Forces Capital Hospital,

Post-office box #99, Saemaoul-ro 177-81, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, South Korea

Tel : 82-31-725-6200, Fax : 82-31-8017-7517, E-mail : hckim0812@naver.com

**Submitted** : August 21, 2015 **Revised** : August 24, 2015 **Accepted** : October 4, 2015

## I. 서 론

역사적으로 보면 고대 Hannibal 군대, Washington 장군의 미국 독립 전쟁 중, Napoleon 군대의 러시아 침공 당시에 많은 군인들이 동상으로 사망하였다. 최근에는 동계 스포츠 성행, 노인 인구 증가, 정신 질환 환자나 노숙자 증가, 액화 프로판 가스나 냉동시설과 관련된 산업장 사고 등으로 동상 환자가 늘어나고 있다. 결빙점 이하의 건조한 상황이 아니더라도, 결빙점 가까운 낮은 온도에서 축축한 상태로 오래 있으면 비결빙 한랭 손상으로 더 심각한 동상을 입을 수도 있다.(1)

동상 후 초기의 피부는 심부성 동상이라도 표재성 동상과 크게 차이가 나지 않기 때문에 대개는 같이 취급한다. 그래서 동상은 너무 과소평가되는 경향이 있다. 한편, 전문가에 의한 역학적 분석이나 치료 결과에 대한 보고 역시 국내에서는 미흡하였다. 저자들은 국군수도병원에서 치료한 동상 환자 84명을 대상으로 표재성 동상과 심부성 동상의 역학적 소견, 검사와 치료 결과를 분석해서 임상적 차이점을 알아보았다.

## II. 대상 및 방법

저자 들은 2009년 9월 1일부터 2014년 4월 30일까지 국군수도병원에 입원한 동상 환자 84명을 표재성 동상(제1군; 43명)과 심부성 동상(제2군; 41명)으로 분류하여 의무 기록을 후향적으로 분석하였다.

동상의 정도는 다음과 같이 정의하였다. 제1도는 물질이 잡히지 않고 발적, 부종이 있는 것, 제2도는 감각이 있으면서 맑은 물질이 잡힌 것, 제3도는 피부의 전층이 손상을 받아 검은 물질이 잡히고 감각이 둔해진 것, 그리고 제4도는 피하 조직의 손상이 있는 것으로 분류하였다. 제1도와 제2도를 표재성 동상, 제3도와 제4도를 심부성 동상으로 통계 처리 하였다. 환자가 좌우측 혹은 손발에 다발성 동상을 입었다면 더 심한 곳의 동상을 그 환자의 동상 깊이로 처리하였다.

동상 환자가 입원하면 즉시 혈액 검사(일반 혈액 검사, AST, ALT, CKMB, CPK, LDH)를 시행하였다. 이 검사에 이상이 있으면 안정될 때까지 3~4일 간격으로 추적 검사를 했다. 수상 후 1주일 이내에 입원한 환자 중, 입원 당시 손이나 발가락이 차고 감각이 둔하면 곧바로 40°C 온수로 급속 재가온(rapid rewarming)을 시행하였다. 수상일이 2주일 이내면 가능한 한 온수 물리 치료 요법을 시작했다. 수족지부에 심한 냉감이 있거나, 혈류 순환 장애가 의심되거나, 혈류검사기(Plethysmography: PARKS®, U.S.A.)의 Pulse Cuff Recording (PCR) 검사에서 협착형(stenotic type)을 나타내면 곧바로 PGE1을 정맥주사로 투여하면서, 반복적으로 추적 검사를 하거나 MR 혈관 촬영(MRA)으로 혈류 상태를 확인하였다. 연조직 손상의 정도를 알아보기 위해서는 입

원하면 가능한 한 곧바로 <sup>99m</sup>Tc-HDP scan (3 phase bone scan, 이하; 골조사 검사)을 의뢰하였다. 상처의 물질은 가능한 한 보존하면서 드레싱을 하였고, 피부나 연조직의 손상이 심하고 염증이 동반되었다면 죽은 조직을 긁어내고 부분층 식피술을 시행하였다.

동상의 깊이에 따라, 수상 당시의 건조-습윤 상태, 손상 부위, 수상 후 입원까지의 기간, 조직 손상의 정도를 가늠하는 Isoenzymes의 가장 높았던 수치, 골조사 검사, MRA, PCR 검사 결과, 치료 방법, 합병증에 어떠한 차이가 있었는지 알아보았다.

이들 결과에 대한 빈도 분석, T-test, Chi-square, 교차 분석 등의 통계 처리는 SPSS window System (version: 16.0)으로 했고  $p < 0.05$ 인 것을 통계적 의의가 있는 것으로 처리했다.

## III. 결 과

### 1. 역학적 분석

**빈도:** 매 해 4월 30일을 기준으로 하여 입원연도로 분류하였다. 2009년 9월 1일부터 2010년 4월 30일 사이에 동상을 입었으면 2009년도로, 2014년 5월 1일부터 2015년 4월 30일 사이는 2014년도로 정리하였다. 연도별로는 각 군에는 차이가 없었으나 입원한 동상 환자는 점차 감소하였다 ( $p = < 0.001$ ) (Table 1).

**성별, 연령:** 조사 대상자 84명은 모두 남자였다. 제1군의 평균 연령은  $20.7 \pm 2.2$ 세, 제2군은  $20.9 \pm 2.3$ 세로 각 군간 연령 차이는 없었다( $p = 0.786$ ) (Table 1).

**수상 당시의 환경:** 전체 84명 중 79명(94.0%)이 동계 훈련, 야영, 근무, 제설 작업 중에 동상을 입었다. 나머지 5명(6.0%)은 다른 원인으로 동상을 입었는데 이들은 모두 제1군으로, 1명은 동계 스포츠(스키)를 즐기다가 양측 귀에 표재성 동상을 입었고, 나머지 4명은 액화 가스가 누출되어서 동상을 입었다.

제1군에서는 동계 훈련, 장기간의 구보, 야외 활동 등의 건조 상태에서 동상을 입은 것은 40명(93.0%)이었고 제설 작업, 작업장 안에서의 냉동 작업 같은 습윤 상태에서는 3명(7.0%)이 동상을 입었다. 제2군에서는 각각 35명(85.4%), 6명(24.6%)으로, 건조한 환경에서 동상을 입은 더 많았지만 각 군간 차이는 없었다( $p = 0.218$ ). 그런데, 건조 환경에서의 동상 환자 75명 중 46.7%인 35명이 심부성 동상을 입었지만, 습윤 환경에서는 9명 중 66.7%인 6명이 심부성 동상을 입어서, 습윤 환경에서는 표재성 동상보다는 심부성 동상이 더 많았다( $p = 0.030$ ) (Table 1).

**수상 후 입원(전원)까지 시간:** 수상 후 곧바로 3차병원인 본원으로 입원한 것은 제1군은 35명(81.4%), 제2군은 34명

(82.9%)이었고, 2차 군병원에서 치료를 받다가 본원으로 전원되어 온 것은 각각 5명(11.6%), 4명(9.8%)으로 차이는 없었다( $p=0.962$ ) (Table 2).

사단급(1차 군의료 시설)에서 치료를 받다가, 전문의 치료를 받을 수 있는 2차 군병원으로 후송되어 치료를 받은 후, 전문적 치료를 위하여 3차 군병원인 본원으로 전원된 환자들의 수상 후 도착 시간은 2차 군병원의 입원일을 기준으로 조정하여 통계 처리하였다. 제1군은 수상 후 평균  $14.8 \pm 19.6$  일 후에 입원하였고, 제2군은  $14.8 \pm 15.9$ 일이어서 각 군간 차이는 없었다( $p=0.988$ ).

수상 후 3일 이내에 입원한 것은 제1군은 13명(30.2%), 제2군은 11명(26.8%)이었다. 수상 후 4~7일 사이의 입원은 각

각 8명(18.6%), 6명(14.6%)이었다. 그래서 7일 이내에 조기 입원한 것은 각각 21명(48.8%), 17명(41.5%)로 차이가 없었다. 수상 후 8일 이상이 지나서 입원한 늦은 입원은 제1군은 22명(51.2%), 제2군은 24명(58.5%)로 각 군간 차이는 없었다( $p=0.323$ ) (Table 2).

**동상 부위와 동상 깊이:** 제1군의 43명 중 19명(44.2%)은 안면부, 좌/우 팔/다리의 사지 중 한 곳에만 동상을 입었고, 24명(55.8%)은 다발성 동상을 입었다. 제2군의 41명 중 28명(68.3%)은 한 곳에만 나머지 13명(31.7%)은 다발성 동상을 입어서 제1군에서 다발성 동상이 더 많았다( $p=0.022$ ).

제1군의 다발성 동상 24명 중 12명은 양측 족부에, 10명은 양측 수부에, 1명은 우측 수부와 좌측 족부에, 1명은 양측 수

**Table 1.** Patient demographics.

		Group 1 (n=43) (100)	Group 2 (n=41) (100)	Total (n=84) (100)	p value
Age (yr)	Mean	20.7 ± 2.2 (19-33)	20.9 ± 2.3 (19-30)	20.8 ± 2.2 (19-33)	0.786
Incidence	Year				0.18
	2009	8 (18.6)	7 (17.1)	15 (17.9)	
	2010	10 (23.3)	14 (34.1)	24 (28.6)	
	2011	6 (14)	12 (29.3)	18 (21.4)	
	2012	9 (20.9)	4 ( 9.8)	13 (15.5)	
	2013	7 (16.3)	2 ( 4.9)	9 (10.7)	
Environment	2014	3 (7)	2 ( 4.9)	5 (6)	0.218
	Dry	40 (93)	35 (85.4)	75 (89.3)	
	Wet	3 (7)	6 (14.6)	9 (10.7)	

( ): % within Group, p Value; Year<0.001, Environment\*Depth=0.030

**Table 2.** Transfer pathway, onset.

		Group 1 (n=43) (100)	Group 2 (n=41) (100)	Total (n=84) (100)	p value
Pathway	from				0.962
	Primary H	35 (81.4)	34 (82.9)	69 (82.1)	
	Secondary H	5 (11.6)	4 ( 9.8)	9 (10.7)	
	Civilian H	3 ( 7.0)	3 ( 7.3)	6 ( 7.1)	
Onset	PFD				0.998
	Mean	14.8 ± 19.6 (0-88)	14.8 ± 15.9 (1-88)	14.8 ± 17.8 (0-88)	
Admission	PFD				0.149
	<3	13 (30.2)	11 (26.8)	24 (28.6)	
	4-7	8 (18.6)	6 (14.6)	14 (16.7)	
	(Early <7)	21 (48.8)	17 (41.5)	38 (45.2)	
	8-14	12 (27.9)	10 (24.4)	22 (26.2)	
	15-30	3 ( 7.0)	11 (26.8)	14 (16.7)	
	>31	7 (16.3)	3 ( 7.3)	10 (11.9)	
	(Late >8)	22 (51.2)	24 (58.5)	46 (54.8)	

PFD: post frostbite day, ( ): % within group, p value; Early\*Late=0.323

부와 양측 족부 모두에 동상을 입었다. 제2군의 다발성 동상 13명 중, 9명은 양측 족부에, 2명은 양측 수부에, 1명은 좌측 수부와 좌측 족부에, 그리고 나머지 1명은 안면부와 양측 수부에 동상을 입었다.

좌, 우측 혹은 손, 발의 다발성 동상을 별개로 분류하여 동상 부위를 통계 처리하였다. 제1군은 좌측 족부 20명(46.5%), 우측 족부 18명(41.9%), 우측 수부 16명(37.2%), 좌측 수부 13명(30.2%)의 순이었다. 제2군은 우측 족부 24

**Table 3.** Site and degree of frostbite.

		Group 1 (n=43) (100)	Group 2 (n=41) (100)	Total (n=84) (100)	<i>p</i> value
Multiplicity	Simple	19 (44.2)	28 (68.3)	47 (56.0)	0.022
	Multiple	24 (55.8)	13 (31.7)	37 (44.0)	
Site	R hand	16 (37.2) [76.2]	5 (12.2) [23.8]	21 (25.0) [100]	0.060
	L hand	13 (30.2) [72.2]	5 (12.2) [27.8]	18 (21.4) [100]	
	R foot	18 (41.9) [42.9]	24 (58.5) [57.1]	42 (50.0) [100]	
	L foot	20 (46.5) [50.0]	20 (48.8) [50.0]	40 (47.6) [100]	
	Face	2 ( 4.7) [66.7]	1 ( 2.4) [33.3]	3 ( 3.6) [100]	
	(Total)	69 (160.5) [55.6]	55 (134.1) [44.4]	124 (147.6) [100]	

( ) : % within group, [ ] : % within site item, *p* value Hand\*Foot; Site:0.003, Depth: = 0.006

**Table 4.** Laboratory findings.

		Group 1 [N=43]	Group 2 [N=41]	Total [N=84]	<i>p</i> value
AST	(IU/L)	(n=40) (100)	(n=38) (100)	(n=78) (100)	0.072
	<35	33 (82.5)	24 (63.2)	57 (73.1)	
	36~100	7 (17.5)	11 (28.9)	18 (23.1)	
	>101		3 ( 7.9)	3 ( 3.8)	
	Time (d)	14.6 ± 20.0 (0-88)	15.0 ± 16.3 (1-88)	14.8 ± 18.2 (0-88)	0.928
ALT	(IU/L)	(n=40) (100)	(n=38) (100)	(n=78) (100)	0.043
	<40	35 (87.5)	25 (65.8)	60 (76.9)	
	41~100	5 (12.5)	10 (26.3)	15 (19.2)	
	>101		3 ( 7.9)	3 ( 3.8)	
	Time (d)	14.6 ± 20.0 (0-88)	15.0 ± 16.3 (1-88)	14.8 ± 18.2 (0-88)	0.928
CPK	(IU/L)	(n=25) (100)	(n=25) (100)	(N=50) (100)	0.031
	<174	22 (88.0)	16 (64.0)	38 (76.0)	
	175~500	3 (12.0)	3 (12.0)	6 (12.0)	
	>501		6 (24.0)	6 (12.0)	
	Time (d)	14.9 ± 17.7 (0-62)	12.4 ± 11.6 (1-45)	13.7 ± 14.9 (0-62)	0.567
LDH	(IU/L)	(n=24) (100)	(n=24) (100)	(n=48) (100)	0.278
	<378	16 (66.7)	13 (54.2)	29 (60.4)	
	379~1,000	8 (33.3)	11 (45.8)	19 (39.6)	
	Time (d)	13.5 ± 16.9 (0-62)	12.7 ± 11.8 (1-45)	13.1 ± 14.4 (0-62)	0.859
CKMB	(IU/L)	(n=21) (100)	(n=19) (100)	(n=40) (100)	0.030
	<25	16 (76.2)	8 (42.1)	24 (60.0)	
	26~100	5 (23.8)	11 (57.9)	16 (40.0)	
	Time (d)	16.8 ± 18.7 (0-62)	12.5 ± 11.6 (1-45)	14.8 ± 15.7 (0-62)	0.395
CRP	(mg/dL)	(n=26) (100)	(n=24) (100)	(n=50) (100)	0.023
	<1.0	25 (96.2)	16 (66.7)	41 (82.0)	
	1.1~10	1 ( 3.8)	5 (20.8)	6 (12.0)	
	10.1~50.0		3 (12.5)	3 ( 6.0)	
	Time (d)	12.9 ± 17.6 (0-62)	11.9 ± 12.1 (1-45)	12.4 ± 15.1 (0-62)	0.816

(d): post frostbite day, ( ) : % within group examinee

명(58.5%), 좌측 족부 20명(48.8%), 우측 수부 5명(12.2%), 좌측 수부 5명(12.2%)의 순이었는데, 각 군간 차이는 없었지만( $p=0.060$ ), 각 군 모두 수부 보다 족부 동상이 훨씬 더 많았다( $p=0.003$ ).

동상의 깊이로 분석해 보면, 우측 수부 동상 환자 21명 중 23.8%인 5명이, 좌측 수부 동상 환자 18명 중 27.8%인 5명이 심부성 동상이었다. 한편, 우측 족부는 42명 중 57.1%인 24명이, 좌측 족부는 40명 중 50.0%인 20명이 심부성 동상을 입어서, 족부의 동상은 수부에 비해서 심부성 동상이 더 많았다( $p=0.006$ ) (Table 3).

## 2. 조직 손상 지표 분석(Isoenzymes)

각종 Isoenzyme의 검사는 모든 환자에게 다 시행되지는 못하였지만, 검사 시기는 각 군간 차이는 없었다.

검사 수치가 정상 이상으로 증가되었지만 각 군간 차이가 없었던 것은 AST와 LDH로 각각 7명(17.5%)과 14명(36.8%), 8명(33.3%)과 11명(45.8%)이었다. 제2군에서 이상 검사자가 더 많았던 것은 ALT (5명, 12.5%; 13명, 34.2%), CPK (3명, 12.0%; 9명, 36.0%), CKMB (5명, 23.8%; 11명, 57.9%), CRP (1명, 3.8%; 8명, 33.3%)이었다 (Table 4).

## 3. 조직 손상 위치의 평가

**골조사 검사:** 조직 손상의 위치를 알 수 있는 골조사 검사는 20 mCi의 HDP를 말초 정맥에 주사한 후, 근육이나 골 조직 손상이 의심되는 부위나 임상적으로 손상이 분명한 부위를 중점으로 감마 카메라로 관류-혈액풀, 근육상, 골상의 삼상(three phase)을 촬영했다. 그리고 가능한 한 1~2주 후에 다시 시행하여 결과의 정확도를 높이려 했다. 상처가 있는데 골조사 검사에서 양성으로 판명되면 W+S+로, 상처가 있는데 음성으로 판명되면 W+S-로, 상처가 없는데 골 조사에서 양성으로 판명되면 W-S+로, 상처가 없는데 음성으로 판명되면 W-S-로 처리하였다. 추적 검사를 하였어도 처음 검사 결과를 통계 처리하였다.

제1군에서는 전체의 67.4%인 29명이 수상 후 평균 37.9 ± 43.9일에 검사를 받았으며, W+S+는 14명(48.3%), W+S-는 6명(20.7%), W-S-는 9명(31.0%)이었고, W-S+는 없었다. 제2군에서는 전체의 75.6%인 31명이 제1군보다는 더 빠른 수상 후 평균 19.0 ± 15.3일에 검사를 받았고 ( $p=0.028$ ), W+S+는 27명(87.1%), W+S-는 4명(12.9%)이었다. W-S+와 W-S-는 없었다. 전체적으로, 깊은 상처의 손상 위치 판정에 더 도움이 되었다( $p=0.012$ ).

수상 후 시기 별로 분석해보면, 2주 이내에 검사한 것은 제1군은 8명으로 W+S+와 W+S-가 각각 4명(50.0%)이었고, 제2군은 13명으로 각각 11명(84.6%), 2명(15.4%)이어서

**Table 5.** Result of bone scan by post frostbite day.

Scan		Group 1 (n=29) (100)	Group 2 (n=31) (100)	Total (n=60) (100)	<i>p</i> value	
Total		29 (100)	31 (100)	60 (100)	0.012	
	W+S+	14 (48.3)	27 (87.1)	41 (68.3)		
	W+S-	6 (20.7)	4 (12.9)	10 (16.7)		
	W-S-	9 (31.0)		9 (15.0)		
Interval (PFD)	<2w		8 (27.6) [100]	13 (41.9) [100]	21 (35.0) [100]	0.115
		W+S+	4 (13.8) [50.0]	11 (35.5) [84.6]		
	W+S-	4 (13.8) [50.0]	2 ( 6.5) [15.4]	6 (10.0) [28.6]		
	2w-4w		11 (37.9) [100]	12 (38.7) [100]	23 (38.3) [100]	
		W+S+	8 (27.6) [72.7]	11 (35.5) [91.7]	19 (31.7) [82.6]	
		W+S-	1 ( 3.4) [ 9.1]	1 ( 3.2) [ 8.3]	2 ( 3.3) [ 8.7]	
	4w-8w	W-S-	2 ( 6.9) [18.2]		2 ( 3.3) [ 8.7]	
			5 (17.2) [100]	5 (16.1) [100]	10 (16.7) [100]	
		W+S+	1 ( 3.4) [20.0]	4 (12.9) [80.0]	5 ( 8.3) [50.0]	
	>8w	W+S-	1 ( 3.4) [20.0]	1 ( 3.2) [20.0]	2 ( 3.3) [20.0]	
		W-S-	3 (10.3) [60.0]		3 ( 5.0) [30.0]	
			5 (17.2) [100]	1 ( 3.2) [100]	6 (10.0) [100]	
Time (PFD)	W+S+	1 ( 3.4) [20.0]	1 ( 3.2) [100]	2 ( 3.3) [33.3]	0.333	
	W-S-	4 (13.8) [80.0]		4 ( 6.7) [66.7]		
Time (PFD)		37.9 ± 43.9 (3-153)	19.0 ± 15.3 (1-57)	28.1 ± 33.6 (1-153)	0.028	

PFD: post frostbite day, ( ): % within group, [ ]: % within group interval examinee, *p* value; Group 1=0.012, Group 2=0.881

W+S+가 더 많았지만 통계적 차이는 없었다( $p=0.115$ ). 수상 후 2~4주 사이에 검사한 제1군의 11명 중 W+S+는 8명(72.7%)이었는데, 제2군의 12명 중 W+S+는 11명(91.7%)으로 제1군보다 훨씬 더 많았지만, 통계적 차이는 구할 수 없었다. 수상 후 4~8주 사이에 검사한 제1군의 5명 중 W+S+는 1명(20.0%)이었는데, 제2군의 5명 중 W+S+는 4명(80.0%)으로 제1군보다 훨씬 더 많았지만, 통계적 차이는 구할 수 없었다( $p=0.333$ ) (Table 5).

**MRI 검사:** MRI 검사는 3명에게 시행되었다. 제1군의 1명은 수상 후 제 2일째, 제2군의 1명은 수상 후 제 71일째 검사하였고 모두다 연조직 부종(soft issue swelling)의 소견을 보였다. 제2군의 다른 1명은 복합부위 통증 증후군(CRPS)을 확인을 위해 수상 후 302일째에 하지를 포함한 족부에서 시행하였는데 이상 소견은 없었다.

4. 혈류 검사

상 하지에서 CT 동맥혈관 촬영, MR 혈관 촬영(MRA) 검사가 시도되었다. 동상을 입은 수/족지부에 냉감이 지속되거나, 혈류 부전이 의심되면 입원 후 가능한 한 곧바로 PCR 검

사를 시도하였다. 이는, 수/족지의 말단부에 photo-sensor를 붙이고 Pressure Cuff Instrument-arterial mode로 검사하였다. PCR 파형의 해석은 다음과 같이 하였다. 수축기 시간이 0.2초 이내이며 dirotic notch가 있는 triphasic wave를 정상형(normal type), 0.2초 이상이며 dirotic notch가 없는 monophasic wave를 협착형(stenotic type), 혈류가 없어 확실한 파형을 그릴 수 없는 것을 폐쇄형(obstructive type)으로 정의 하였다.

**CT 동맥혈관 촬영:** 이는 제1군의 2명과 제2군의 3명이 받았다. 제1군의 1명은 레이노 증후군이 의심되어 수상 후 36일째에 상지 CT 동맥혈관 촬영을, 다른 1명은 하지의 심한 저림증으로 47일째에 하지 CT 동맥혈관 촬영을 시행하였지만 모두 정상적인 소견을 보였다. 제2군 3명은 모두 하지에서 CT동맥혈관 촬영을 시행하였다. 1명은 족부 냉감으로 제 13일째에 검사를 받았지만 정상이었다. 다른 1명은 족부의 심한 저림증으로 수상 후 제 32일째에, 나머지 1명은 하지 근력저하로 제 61일째에 받았는데 모두 족부로 가는 혈류량이 감소하는 소견을 보였다.

**PCR, MRA 검사:** 임상적으로 혈류 상태 부전이 의심되거나, 추적 PCR 검사에서 지속적으로 협착형의 파형이 보이

Table 6. Result of MRA by PCR waveform.

		Not (n=15)	Normal (n=6)	Stenosis (n=10)	Obstruction (n=2)	Total (n=33)	p value
MRA(total)			6 (33.3)	10 (55.6)	2 (11.1)	18 (100)	0.549
	Group 1		2 (33.3)	4 (66.7)		6 (100)	
	Group 2		4 (33.3)	6 (50.0)	2 (16.7)	12 (100)	
PCR: Not			1 (16.7)	4 (66.7)	1 (16.7)	6 (100)	0.269
	Group 1		1 (50.0)	1 (50.0)		2 (100)	
	Group 2			3 (75.0)	1 (25.0)	4 (100)	
PCR: Done		15 (55.6)	5 (18.5)	6 (22.2)	1 ( 3.7)	27 (100)	<0.001
	Group 1	12 (75.0)	1 ( 6.3)	3 (18.8)		16 (100)	0.169
	Group 2	3 (27.3)	4 (36.4)	3 (27.3)	1 ( 9.1)	11 (100)	0.001
Normal		13 (68.4)	5 (26.3)	1 ( 5.3)		19 (100)	
	Group 1	10 (83.3)	1 ( 8.3)	1 ( 8.3)		12 (100)	
	Group 2	3 (42.9)	4 (57.1)			7 (100)	
Stenosis		2 (28.6)		5 (71.4)		7 (100)	0.286
	Group 1	2 (50.0)		2 (50.0)		4 (100)	
	Group 2			3 (100)		3 (100)	
Obstruction					1 (100)	1 (100)	
	Group 2				1 (100)	1 (100)	
Time (PFD)							
	PCR (Total) (n=27)		24.4 ± 15.7 (2-60)				0.921
	Group 1 (n=16)		25.0 ± 17.7 (2-60)				
	Group 2 (n=11)		24.4 ± 13.8 (4-47)				
	MRA (Total) (n=18)		36.3 ± 30.4 (10-143)				0.180
	Group 1 (n=6)		50.2 ± 48.3 (14-143)				
	Group 2 (n=12)		29.4 ± 14.6 (10-61)				

PFD: post frostbite day, ( ): % within group PCR item

면, 가능한 한 MRA를 시도하였다.

MRA는 18명이 받았다. 제1군의 6명은 수상 후 평균 50.2 ± 48.3일째에 시행되었고, 2명(33.3%)은 정상, 4명(66.7%)은 혈관 수축으로 혈류가 늦게 전달되는 소견을 보였다. 제2군의 12명은 제1군보다는 좀 더 이른 29.4 ± 14.6일째에 받았지만 통계적 차이는 없었다( $p=0.180$ ). 그 중 4명(33.3%)은 정상, 6명(50.0%)은 혈관 수축의 소견을 보였다. 나머지 2명(16.7%)은 혈관 폐색의 소견을 보였으며, 한명은 우측 제1,2 족지의 근위 지절간 절단을 그리고 다른 한명은 좌측 제2수지부 원위지절간 절단 및 족지 전위술의 수술을 받았다.

MRA 소견은 각 군간 차이는 없었다( $p=0.549$ ) (Table 6).

MRA를 받은 18명 중 PCR 검사를 받지 않은 6명 중 1명(16.7%)은 정상이었고, 4명(66.7%)은 혈관 수축, 나머지 1명(16.7%)은 혈관 폐색의 소견을 보았다. 제1군의 2명은 정상과, 혈관 수축이 각각 1명(50.0%)이었다. 제2군의 4명 중 3명(75.0%)은 혈관 수축, 1명(25.0%)은 혈관 폐색의 소견을 보였는데 이는 족지부의 소절단을 받은 예였다. 각 군간 의미있는 차이는 없었다( $p=0.269$ ) (Table 6).

PCR 검사는 27명이 받았는데, 처음 검사에서 정상 파형(18명)이라도 수/족지부에 지속적으로 냉감이 있으면 추적 검사를 시행하였다. 처음 검사의 파형을 기준으로 분석하였다. 검사 시기는 각 군간 차이는 없었다( $p=0.921$ ). 처음 검사에서 수축형 파형을 보인 8명은 동상 부위의 상처가 호전됨에 따라 결국은 정상형 파형으로 돌아왔다. 나머지 1명은 지속적으로 폐쇄형 파형을 보였고, 결국은 소절단을 하게 되었다(Table 6).

MRI와 PCR을 함께 시행한 것은 12명이었다. PCR 검사에서 정상 파형을 보인 19명 중 13명(68.4%)은 MRA를 시행하지 않았다. MRA를 시행한 6명 중 5명은 정상이었고, 1명

은 혈관 수축 소견을 보였다. 제1군의 MRA 검사자 2명은 정상 1명, 혈관 수축 1명이었다. 제2군의 4명은 모두 혈관 수축의 소견을 보였다. PCR 검사에서 협착형 파형 소견을 보인 7명 중 2명은 MRA를 시행하지 않았다. MRA를 시행한 5명은 모두 혈관 수축의 소견을 보였는데 이는 제1군의 2명과 제2군의 3명이었다. PCR 검사에서 최종적으로 폐쇄형 소견을 보인 1명은 제2군으로 MRA에서도 혈관 폐색의 소견을 보였고, 후에 수지부 절단을 받은 예이었다. 전체적으로, PCR 결과와 MRA결과의 상관 분석으로는 제1군에서는 의미는 없었으나( $p=0.169$ ), 제2군에서는 일치하는 소견을 보였다( $p=0.0501$ ) (Table 6).

### 5. 치료 분석

수상 후 3일 이내에 본원에 입원한 환자 중, 동상 부위가 극히 제한된 경우가 아니면 급성 재가온 요법을 시도하였고, 이는 제1군의 5명(11.6%), 제2군의 9명(22.0%)이었다. 온수 요법은 19명(22.6%)에게 시행되었고, 이는 제1군의 7명(16.3%) 제2군의 12명(29.3%)이었다. 부분층 식피술은 모두 제2군의 6명(7.1%)에게 족지부에서 시행되었는데, 그 중 수상 후 제23일, 24일, 38일째에 시행한 3명은 성공하였으나, 제35, 39, 43일째에 시행한 3명은 이식편 괴사가 생겼다. 소절단은 제2군에서만 2명(4.9%)이 받았다. 한명은 외부 병원에서 20일 동안 단순히 드레싱을 받다가 48일째에 우 제1, 2 족지의 근위 지절간 절단술을 받았고, 나머지 한명은 1차 군진료 기관에서 18일간 단순 드레싱만 받다가 골 괴사가 생겨서 수상 후 39일째에 좌측 제2수지부 원위지절간 절단 및 족지 전위술의 수술을 받았다.

Berasil (prostacyclin analogue)은 가장 많이 사용된 경

**Table 7.** Treatment.

	Group 1 (n=43) (100)	Group 2 (n=41) (100)	Total (n=84) (100)	p value
Rewarming	5 (11.6)	9 (22.0)	14 (16.7)	
Hydrotherpay	7 (16.3)	12 (29.3)	19 (22.6)	
STSG		6 (14.6)	6 ( 7.1)	
Amputation		2 ( 4.9)	2 ( 2.4)	
Berasil	16 (37.2)	15 (36.6)	31 (36.9)	
Ibuprofen	11 (25.6)	8 (19.5)	19 (22.6)	
Trental	4 ( 9.3)	6 (14.6)	10 (11.9)	
Venitol	1 ( 2.3)	2 ( 4.8)	3 ( 3.6)	
Aspirin	1 ( 2.3)	2 ( 4.8)	3 ( 3.6)	
Mannitol		2 ( 4.8)	2 ( 2.4)	
Adalat		1 ( 2.4)	1 ( 1.2)	
PGE1	22 (51.1)	32 (78.0)	54 (64.3)	
PFD (mean)	13.4 ± 19.0 (1-88)	15.4 ± 17.2 (1-88)	14.6 ± 17.8 (1-88)	0.685
Duration (d)	6.8 ± 4.4 (2-21)	10.8 ± 9.2 (3-52)	9.1 ± 7.8 (2-52)	0.068

PFD: post frostbite day, STSG: split thickness skin graft

구 약제로 31명(36.9%)에게 투여되었으며, 제1군의 16명(37.2%)과 제2군의 15명(36.6%)이었다. Ibuprofen은 19명(22.6%)에게 투여되었으며, 제1군의 11명(25.6%)과 제2군의 8명(19.5%)이었다.

Trental (Pentoxifylline)은 10명(11.9%)에게 투여되었으며, 제1군의 4명(9.3%)과 제2군의 6명(14.6%)이었다. 기타 Venitol, Aspirin, Mannitol, Adalat들이 투여되었다.

PGE1은 54명(64.3%)에게 투여되었는데, 제1군은 평균 13.4±19.0일 전에 수상한 22명(51.1%)의 환자에게 평균 6.8±4.4일간 투여했고, 제2군은 평균 15.4±17.2일 전에 수상한 32명(78.0%)의 환자에게 평균 10.8±9.2일간 투여했다. 각 군간 수상일이나 투여 기간에는 통계적 차이는 없었다( $p=0.685, 0.068$ ) (Table 7).

### 6. 합병증

제1군에는 9명(20.9%)이 11예의 합병증을 발생하였다. 레이노 증후군 발생은 7명(16.3%), 심각한 감각 이상이 남은 것은 2명(4.7%)이었다. 복합부위 통증 증후군(CRPS)의 증상으로 나타난 것은 2명(4.7%)이었는데, 1명은 심각한 감각 이상을 함께, 다른 1명은 레이노 증후군을 함께 병발한 경우였다.

제2군에는 9명(12.0%)이 12예의 합병증을 발생하였으며, 제1군과는 차이는 없었다( $p=0.560$ ). 9명중 1명은 족지부 관절 구축 장애와 심각한 감각 이상과 다한증이 함께 병발하였고, 다른 1명은 족지부 관절 구축 장애와 심각한 감각 이상이 함께 병발하였다. 전체적으로, 족지부 관절 구축 장애는 6명(14.6%), 심각한 감각 이상이 남은 것은 2명(4.9%), 족지부의 변형은 2명(4.9%), 다한증은 1명(2.4%)이었다(Table 8).

## IV. 고 찰

Wilderness Medical Society는 동상의 깊이 측정, 치료와 예방 방법을 강력하게 권장하는 항목들을, 그 증거가 문헌에서 인정되는 정도(A: high- B: moderate-, C: low- or very low-quality evidence)에 따라 1A, 1B, 1C로, 그

리고 어느 정도 인정이 되는 것들을 2A, 2B, 2C로 분류하였다.(2) 이에 의하면 1B에는 급속 재가온 요법이, 1C에는 저체온증의 치료, 드레싱, 수액 공급, 전진적 항생제 투여, 혈전용해 요법이, 2C에는 수액 공급, Ibuprofen, 드레싱 제제에 살균액 침부, Aloe vera 연고의 국소 도포, 산소 요법, 물집 제거, 파상풍 예방, 수치료를 이용한 재활 요법, 고압 산소 요법, 외과적 근막 절개나 절단이 포함된다.

저자들은 2009년~2011년 사이에 국군수도병원에서 외래/입원 치료를 받은 62명의 환자를 분석해보고, 예방이나 초기 치료 가이드라인을 제시하였다.(3) 제시한 가이드라인은 다음과 같았다. 첫째, 철저한 안전 수칙 준수와 더불어 예방법을 생활화하도록 부탁하였다. 특히, 습윤 상태에서 족지부에 심한 동상을 많이 입는다는 것을 적극적으로 홍보하였고, 행군이나 훈련 중에는 젖은 양말을 자주 교체하고, 제설 작업을 할 때에 젖은 장갑을 오래 동안 착용하지 말 것을 강조하였다. 둘째, 군이라는 특수 환경에서 급속 재가온 요법은 10% 정도만 시행되었기에, 동상환자를 과소평가하지 말고, 전문의의 진료가 가능한 2차병원 단위 이상의 병원으로 신속히 후송할 것을 권유하였다. 특히, 심부성 동상은 곧바로 3차병원인 수도병원으로 바로 전원해 줄 것을 요청하였다. 셋째, 조직 손상의 정도나 말초 순환 상태를 파악하기 위해 가능한 한 수상 초기에 Isoenzyme, 골조사 검사, MRI/A, Plethysmography를 권장하였다. 그 결과를 바탕으로, 증거 중심의 진료와 효능이 인정된 NSAIDs나 혈관 확장제를 수상 초기부터 투여할 것을 권장하였다.

저자들이 6년간 입원 치료를 받은 84명을 분석해 본 결과, 입원 환자는 2009년도 15명, 2010년도 24명이었는데 그 후로는 18명, 13명, 9명, 5명으로 해마다 점차 감소했다. 2차군병원에서 치료 종결한 데이터가 공유되지 않아서 알 수는 없지만, 심부성 동상의 경우 곧바로 3차병원인 본원으로 바로 전원 한다는 원칙을 따랐다고 본다면 동상은 줄었다고 할 수 있겠다.

수상 당시의 환경과 동상 양상의 분석에서, 94.0%가 업무에 종사하다 동상을 입었고 나머지 6.0%는 동계 스포츠나 액화가스 누출로 동상을 입었다. 건조한 환경에서 동상을 입

**Table 8.** Cases of complications.

	Group 1 (n=43) (100)	Group 2 (n=41) (100)	Total (n=84) (100)
Raynaud syndrome	7 (16.3)	1 ( 2.4)	8 ( 9.5)
LOM		6 (14.6)	6 ( 7.1)
Paresthesia	2 ( 4.7)	2 ( 4.9)	4 ( 4.8)
Deformity (toe)		2 ( 4.9)	2 ( 2.4)
CRPS	2 ( 4.7)		2 ( 2.4)
Hyperhidrosis		1 ( 2.4)	1 ( 1.2)
Total	11 (25.6)	12 (29.3)	23 (27.4)

LOM: limitation of movement, CRPS: complex regional pain syndrome,  $p$  value=0.560



은 경우가 89.3%로 습윤 환경의 10.7%보다 훨씬 더 많았다. 그런데, 건조 환경에서의 동상 환자 46.7%가 심부성 동상을 입었지만, 습윤 환경에서는 66.7%이어서, 습윤 환경에서 더 심한 동상을 입는 것을 확인하였다. 예방 교육 과정에, 습윤 환경에서는 표재성 동상보다는 심부성 동상이 더 발생하기 쉽다는 것을 더욱 강조할 필요가 있겠다.

저자들의 입원 과정 및 수상 후 입원까지 시간(입원전 기간) 분석 결과로는 수상 후 전문의 치료를 받을 수 있는 2차 병원급 단위 이상으로 입원한 시기로는 제1군은 14.8±19.6일, 제2군은 14.8±15.9일로 차이는 없었다. 특히, 동상 수상 후 7일 이내의 조기 입원은 각각 48.8%, 41.5%로 각 군간 차이는 없었다. 전체적으로 동상 환자의 45.2%만이 조기 입원 치료를 받은 셈이다. 동상을 입어도 처음부터 그 깊이가 명확하지 않고, 동상 부위의 상처가 서서히 변화한다는 특성도 있지만, 동상을 너무 과소평가하는 경향도 후송이 늦어지는 요인일 것이라고 추측된다. 그래서 빠른 시일 내에 전문적인 치료가 가능한 병원으로 후송되어야 하는 것은 아직도 남아 있는 문제점의 하나이다.

저자들의 동상 부위와 동상의 깊이 분석 결과로는, 단발성 동상은 제1군은 44.2%, 제2군은 68.3%여서, 표재성 경우에 더 많은 여러 사지에 다발성 동상을 입었다. 동상 부위는 각 군 모두 수부보다는 족부가 훨씬 더 많았고, 족부의 동상은 수부에 비해서 심부성 동상이 더 많았다. 그러므로 동상 방지가 이드라인에는 발 관리에 대한 항목이 더 강조되어야 하겠다.

저자들은 조직 손상의 정도를 파악하려고, 입원하는 날 바로 AST, ALT, CPK, LDH, CKMB, CRP 검사를 시행하였다. 입원 환자의 모든 환자에게서 검사가 시행되지 않았고, 수상 후 3일 이내에 입원한 것은 제1군은 30.2%, 제2군은 26.8%로 초기에 혈액 검사가 시행된 경우가 적어서 임상적 의미는 다소 적었다. 심부성 동상 환자에서 ALT, CPK, CKMB, CRP 검사 수치가 더 증가하였지만 AST, LDH 검사는 표재성 동상과 차이는 없었다. 수지부나 족지부에 국한된 경우가 많은 것을 감안한다면, 조직 손상의 정도를 예측할 수 있는 Isoenzyme의 최고치가 그렇게 높지는 않을 것으로 예측된다. 향후, 수상 후 가능한 한 급성기 초기에 시행하는 것이 의미 있겠다.

Technetium pyrophosphate를 이용한 골조사 검사는 피하 연조직이나 골 조직의 손상을 파악하는 데에 큰 도움이 된다. Cauchy 등(4)은 재가온 후 제 2일째에 시행한 골 조사의 소견으로 절단할 가능성과 위치를 예측할 수 있다고 하였다. Bhatnagar 등(5)은 수상 후 10~180일 사이에 골 조사를 시행하였다. 동상 병변이 호전되는 것을 골 조사에서 염증 소견이 적어지거나 정상화되는 것으로 확인하였다.

저자들의 경우, 골조사 검사는 제1군에서는 전체의 67.4%가 수상 후 평균 37.9일에 받았는데 제2군에서는 좀 더 많은 75.6%의 환자가 더 빨리 19.0일에 검사를 받았다. W+S+는

제1군에서는 48.3%였는데, 제2군에서는 87.1%였다. W+S-는 제1군에서는 20.7%였는데, 제2군에서는 12.9%였다. 이는 표재성 동상이 수지부와 족지부에 국한된 경우가 많은 것을 감안한다면 예측된 결과로 간주 할 수 있겠다. 수상 후 검사 시기별 분석에서도, 2주 이내 검사 결과 W+S+는 표재성 동상은 50.0%, 심부성 동상은 84.6%였고, 2~4주 사이의 검사는 각각 72.7%와 91.7%, 4~8주 사이의 검사는 각각 20.0%와 80.0%였다. 골 조사 추적 검사에서는 처음 검사에서 보이던 조직의 염증 소견이 동상의 상처가 나아지면서 점차 소멸되는 것을 확인할 수 있었다. 이 검사는 조직 손상 판명에 유익한 검사로 확인되었으므로 향후 치료 지침의 가이드라인으로 사용할 수 있겠다.

MRI/A 검사는 수상 초기의 관류 상태나 괴사된 조직의 영역을 확인하는데 도움이 된다고 알려져 있다. 특히 심한 동상에서 주위 조직의 영상과 함께, 폐색된 혈관을 동정할 수 있어서 괴사 조직의 경계선을 명확히 알 수 있다고 한다.(6) 저자 들의 경우 MRI 검사는 표재성 동상에서 1명, 심부성 동상에서 2명에게 시도되었는데 수상 후 제 2일째와 71일째에 검사한 2명은 연조직 부종의 소견을 보였다. 시행한 예가 적어서 그 유용성에 대한 평가는 아직 이르다.

CT 혈관 촬영은 레이노 증후군, 심한 저림증, 족부 냉감, 하지 근력 저하 등을 평가하기 위해서 5명이 검사를 받았으나 2명만이 족부로 흐르는 혈류량이 감소하는 소견을 보였다. 이 검사로 하지의 경골, 비골 동맥의 영상은 평가 할 수 있으나 족지부의 혈류를 파악하기는 힘들어서 유용성이 높다고 할 수는 없었다.

혈류 검사기(Plethysmography)의 PCR 파형검사는 비침습적이고, 간편히 그리고 쉽게 혈류 상태를 파악할 수 있는 검사이다.(7) 저자 들은 임상적으로 혈류 상태 부진이 의심되거나, 추적 PCR 파형 검사에서 지속적으로 협착형의 파형이 보이면, 가능한 한 MRA를 시도하였다. 저자 들은 PCR결과와 MRA 소견과의 상관관계를 조사해 보았다. PCR 검사는 27명이 받았는데, 처음 검사에서 정상 파형 수/족지부에 지속적으로 냉감이 있으면 추적 검사를 시행하였다. 처음 검사당시에 정상 파형을 보인 18명과 수축형 파형을 보인 8명은 동상 부위의 상처가 호전됨에 따라 결국은 정상형 파형으로 돌아 왔지만, 나머지 1명은 지속적으로 폐쇄형 파형을 보였고 결국은 소절단을 하게 되었다. MRA 검사는 18명이 받았다. 그 결과는 각 군간 차이는 없었고, 정상은 6명(33.3%), 혈관 수축은 10명(55.6%), 혈관 폐색 소견은 2명(11.1%)이었다. MRA 검사자 18명 중 PCR 검사를 받지 않았지 않은 것은 6명이었다. MRA와 PCR 검사를 동시에 받은 12명에 불과하였다. 이 12명 가운데, PCR이 정상인 6명 중 5명은 MRA에서 정상이었고, 표재성 동상의 1명만 혈관 수축 소견을 보였다. PCR 검사에서 수축형 파형을 보인 5명은 모두 MRA에서도 혈관 수축을 보였다. 폐색형 파형의 1명은 MRA에서도

혈관 폐색의 소견을 보였고 결국은 소절단을 받았다. 표재성 동상에서는 통계적으로는 상관관계는 없었지만, 심부성 동상에서는 일치 하는 소견을 얻었고, 전체적으로, PCR 검사는 MRA의 결과와 일치한다고 평가되었다. 이 검사는 동상 환자의 혈류량 평가(monitoring)에 중요한 도구로 사용될 수 있겠다.

Wilderness Medical Society에서 권장하는 병원전 처치로서, 동상 후 곧바로 재가온(1B)을 시행하는 것은 확실한 동상 치료의 첫 단계이다. 재가온 후에는 prostaglandin이나 thromboxane이 방출된다. 현장에서 재가온한 후에 다시 한냉 손상을 입으면 더 큰 손상이 생기기 때문에 차라리 몇 시간 동안 동결되어 있는 상태로 두는 것보다 더 나쁘다. 그래서, 동상 치료 전문 병원이 2시간 거리 이내에 있다면 곧바로 시설로 옮긴다. 불이나 오븐 또는 전열기구(라디에이터 또는 헤어드라이어)를 통해 발생하는 열보다는 물로 해동하는 것이 가장 효과가 있고, 그냥 물에 담그는 것보다는 물을 자주 휘저어 준다.(1,8) 급속 재가온은 저속 재가온보다 더 효과적이다.(9) 가능하다면 온도계로 측정해 가면서 물 온도 37°C~39°C를 유지한다. 동상 부위는 감각이 둔해서 잘못하면 화상을 입을 수도 있기 때문에 물 온도 45°C 이상은 해롭다.

저자들의 경우, 동상 예방 프로그램을 배포하고 교육하였지만, 군에서 동상을 입은 후 곧바로 재가온 요법을 시행하는 것은 쉬운 일은 아니다. 수상 후 3일 이내에 본원에 입원한 환자 중, 극히 제한된 부위의 동상이 아니라면 급성 재가온 요법을 시도하였다. 입원전 이미 재가온 요법을 받았거나 본원에 입원하여 재가온 요법을 받은 것은 표재성 동상에서는 11.6%(5명)이었고, 심부성 동상에서는 22.0%(9명)에 불과하여 아직도 급성 재가온의 치료는 제대로 시행된다고 할 수는 없었다.

Wilderness Medical Society에서 권장하는 전문 센터의 치료로서, 일차 처치에서 시행된 저체온의 치료(1C)나 수액 요법(1C)이 잘 되었나 우선 확인하고, 미흡하다면 바로 신속 재가온을 시행한다(1B). 동상으로 생긴 물집은 제거하지 않는 것이 원칙이고 선택적으로 제거한다. 대개는 주사바늘을 이용하여 물만 뽑아낸다.(10,11) 물집을 벗겨버리면 노출된 조직이 건조해진다. 재가온 후에 자주 생기는 수포도 터뜨리지 말고 그대로 둔다. 맑은 물집이 너무 탱탱해져서 터질 것 같다면 물만 뽑아내고 마른 거즈로 감아서 감염이 생기는 것을 줄인다. 출혈성 물집은 물을 뽑거나 제거하지 않는다. 드레싱을 할 때에는 손가락과 발가락이 서로 붙어 있지 않도록 거즈 또는 패딩을 사용하여 분리하고, 마찰로부터 보호될 수 있도록 동상 부위에 마른 거즈를 듬뿍 댄다. 앞으로 부종이 생길 것을 대비해서 다소 느슨하게 붕대를 감는다.(12) 초기에 수 치료 등으로 재활을 하는 것이 중요하다. 간혹 동상 부위가 오래동안 무감각한 상태로 남아 있기도 한다. 재가온 후에는 하루에 1~2회, 37°C~39°C 온도로 수치료를 한다.(1,8,13) 수치료를 하면 순환 상태가 좋아지면서, 표재성

박테리아를 줄여주며, 죽은 조직을 제거하기 쉽다. 어느 정도의 온도로 얼마동안, 언제까지 하는 것이 좋다는 권고안은 없다. 재가온 후 재관류가 이루어지면 연조직에서 구획 증후군이 생길 수 있다. 외과적 가피 절개나 근막절개는 꼭 필요한 경우에만 시행한다(1C). 동상 후에 죽은 조직이 경계가 확실해지기까지는 1~3개월이 걸린다. 골조사 소견, MRA 검사로 경계를 알 수 있다.(6,10) 죽은 조직의 경계가 확실해질 때까지 절단은 하지 않는다. 동상 치료에는 “Frostbite in January, amputate in July”란 격언이 있다.(14) 동상 부위가 괴사되면서 이차 염증이 생겼다면, 그리고 염증으로 패혈증의 소견이 보이면 바로 절단한다.(13) 어설피게 외과적 처치를 한다거나, 할 필요 없는 절단을 한다면, 환자에게는 엄청난 후유증을 만들어 주게 된다. 경험 있는 외과 의사가 절단할 것인지, 절단하면 언제 할 것인지 결정하는 것이 중요하다(1C).

저자들의 분석에서는 온수 요법은 표재성 동상에는 16.3%, 심부성 동상에서는 29.3%가 시행되었다. 부분충식 피술은 모두 다 족지부에서 시행되었는데, 괴사 부위에 충분한 육아조직이 형성된 후에 시도하였다. 심부성 동상 환자의 14.6%(6명)에게 시행되었는데, 3명은 이식편 괴사가 생겨서 그렇게 만족스러운 결과는 아니었다. 소절단은 심부성 동상의 2명(4.9%)에게 시행되었다. 전체적으로 소절단율은 2.4%였다. 1명은 48일째에 우 제 1, 2족지의 근위 지절간 절단술을, 나머지 1명은 39일째에 좌측 제 2수지부 원위지절간 절단 및 족지 전위술의 수술을 받았다.

투여되는 약물 요법으로, Ibuprofen (2C)은 비스테로이드성 소염제(NSAIDs)로 arachidonic pathway를 억제해서 혈관 수축, 진피 허혈, 나아가서는 조직 손상을 일으키는 prostaglandins과 thromboxanes의 생산을 감소시킨다. NSAIDs 중 어느 약물을, 어느 정도 용량으로 사용하여야 효과가 있는지 확실히 밝혀진 것은 없다. Ibuprofen은 큰 부작용이 없어 가장 많이 사용되고 있다. 동상을 입은 현장에서 곧바로 prostaglandins의 악역을 막는 최소량인 12 mg/kg를 하루에 2회 분복으로 복용할 것을 권장한다. 통증이 심하면 최대 용량으로 하루에 2400 mg을 4회 분복할 수도 있다.(12,15) 통상, 상처가 다 나아지거나 외과적 처치가 필요하게 되는 4~6주 동안 투여한다.(11) 저자들의 경우, 2010년도까지는 각 치료 시설이나 담당 의사의 선호에 따라 경구 약이 투여되어서 그 효과를 분석할 수는 없었다. 주로 Berasil을 처방하였다. 2010년도부터는 상처가 깊지 않으면 Ibuprofen을 기본으로 하고, 임상적으로 혈류 상태가 불안정하면 의사의 선호도에 따라 Berasil이나 Trental을 추가로 사용할 것을 권장하였다. 투여된 약제에 따른 효과는 분석할 수 없었다.

혈관 확장제(1C)에 대해서는, 혈관 확장 작용이 있는 Prostaglandin E1 (PGE1)이나 Prostacyclin analogue인

Iloprost이외에 Aspirin, Nitroglycerin, Pentoxifylline, Phenoxybenzamine, Nifedipine, Buflomedil들이 일차 약으로나 보조약으로 권장되어져 왔지만 특별히 어느 제품이 더 우수하다고는 할 수는 없다.(12,16) Yeager 등(17)은 PGE1은 혈관 확장만이 아니라 혈소판 응결을 막아서 미세혈전에 의한 폐색을 줄인다고 하였고, 신속 재가온을 시행하지 못한 환자에게는 PGE1을 동맥 주사할 것을 제안하였다.

최근의 보고에 의하면, Iloprost가 수족지부 절단을 줄이는데 큰 효과가 있다고 한다.(12,18) Buflomedil은 alpha adrenolytic 제제로서 유럽에서 많이 사용되고 있지만 동물 시험에서 효과가 없다는 보고도 있다.(19) 혈관촬영에서 혈관수축이 있다면 촬영 도중에 Reserpine을 동맥내로 투여한다. 그러나 동맥내로 Reserpine 주사 하는 것은 효과가 없다는 보고도 있다.(20) Pentoxifylline이 동물 실험과 임상에서 큰 효과가 있다고 보고되었고, 통상, 400 mg을 하루에 3번, 2~6주간 복용한다.(21)

저자들은 2010년도까지는 PGE1의 효과를 긍정적으로 기대하였고 확실한 기준 없이 사용하였다. 2011년도부터는 PCR 검사를 이용하여 수,족지부의 파형이 정상화 되면, 피부 병변을 고려하여 PGE1을 가능한한 투여하지 않았다. 투여 기간은 10일을 기준으로 하여 상태에 따라 조절하였다. 분석의 결과를 비교해 보면 PGE1은 54명(64.3%)에게 투여되었는데, 표재성 동상에서는 평균 13.4일 전에 수상한 22명(51.1%)의 환자에게 평균 6.8일간 투여했고, 심부성 동상에서는 평균 15.4일 전에 수상한 32명(78.0%)의 환자에게 평균 10.8일간 투여했다. 표재성 동상에서 더 적은 환자에게 투여 기간이 더 짧았지만 통계적 차이는 없었다. 비 침습적이고 개관적인 데이터를 제시할 수 있는 PCR 파형 검사나 혈관 초음파를 좀 더 활용한다면, PGE1을 언제까지 투여할 것인가의 결정에 좋은 자료가 될 것으로 판단된다. 근거에 의한 투약일 조정은 좀 더 연구를 해야 할 숙제의 하나이다.

혈전 용해 요법(1C)에 대해서는, 족지부의 근위지 관절 부위 이상에 동상을 입었다면, 혈전 용해 요법을 고려해 본다. 그 목적은 미세 혈관 혈전을 용해하는 것이다. 재가온 후 24시간 이내에 정맥 또는 동맥으로 tPA를 투여하여 괴사될 수 있는 조직을 살리자는 것이다. 혈전 용해 요법의 문제점은 전신적이거나 카테터 삽입 부위의 출혈, 구획 증후군, 조직 보존 실패이다. 재가온 후에 동상이 깊어서 심각한 문제가 생길 것이 예상되면 혈관 촬영을 시행하고 동맥내로 tPA 등을 투여한다. Bruen 등(22)은 재가온 후 24시간 이내에, 동맥내로 tPA를 투여하면 괴사될 가능성이 있는 조직을 살릴 수 있다고 보고하였는데, 수상 후 24시간 이내에 tPA를 투여하여 수족지 절단율을 41%에서 10%로 줄였다고 보고하였다. 최근, 정맥내 투여를 권장하기도 한다.(23) Twomey 등(24)은 24시간 이상 추위에 노출되었거나, 허혈 시간이 6시간 이상이거나, 결빙-해동의 과정이 여러번 반복되었다면

별로 효과가 없다고 하였고 혈전 용해 요법을 할 때에 tPA 정맥 주사로 Heparin을 함께 투여하면, 국소 혈전의 재발을 줄인다고 하였다. 최근, Cauchy 등(18)은 Aspirin에 Buflomedil, Prostacyclin, tPA 단독 또는 복합 요법의 효과를 비교 분석해 보고, 3도 이상의 동상에서는 tPA와 Prostacyclin을 함께 사용할 것을 권유하였다. 저자들은 아직까지 사용한 경험은 없다.

가벼운 동상은 영구적인 손상 없이 치료되기도 하지만, 간혹 사지 절단으로 인해 오랜 입원치료가 필요한 경우도 있다. 상처가 다 나은 후에 가장 흔한 합병증은 다한증, 감각이상, 감각소실, 하지의 냉감, 냉감 반응 이상으로 찬 곳에 노출되면 부종이 발생하는 것 등 다양하다. 후유증의 하나인 탈색이나 골의 변화는 계속 그대로 남아 있게 된다. 동상 반흔에서 피부 상피암이 생길 수도 있다.

저자들의 분석에서는 표재성 동상에서는 레이노 증후군이 16.3%로 월등히 많았고 그 다음으로는 심각한 감각 이상이 4.7%였다. 특이하게도 2명이 추후에 CRPS로 발전되었다. 심부성 동상에서는 동상 부위 치료 후 족지 관절 구축 장애가 14.6%로 가장 많았고, 족지부 변형과 심각한 감각 이상이 각각 4.9%가 있었다. 레이노 증후군이 2.4%로 표재성 동상 보다는 적었다.

## V. 결 론

저자들은 국군수도병원에서 2009년~2014년의 6년 동안 입원 치료한 남자 84명의 동상 환자를 대상으로 표재성 동상과 심부성 동상의 임상적 차이를 알아보았다.

- 1) 입원 환자는 동상의 2011년도 이래 점차 감소하였다.
- 2) 환자의 94.0%가 추위에 노출되어 동상을 입었고, 89.3%가 건조한 환경에서 수상하였다. 습윤한 환경에서는 건조한 환경보다 심부성 동상이 더 많이 발생하였다(66.7% vs 46.7%).
- 3) 수상 후 7일 이내 전문의 치료가 시행된 것은 절반도 되지 않았다(표재성 48.8% vs 심부성 41.5%).
- 4) 표재성 동상은 심부성 동상보다 더 다발성으로 발생했다. 수부보다는 족부에서 동상을 더 많이 입었고, 족부의 동상은 수부에 비해서 심부성 동상이 더 많았다.
- 5) 심부성 동상에서 ALT, CPK, CKMB, CRP 검사 수치가 더 증가하였지만 AST, LDH는 표재성 동상과 차이는 없었다.
- 6) 골조사 검사의 W+S+는 표재성 동상에서는 48.3%, 심부성 동상에서는 87.1%였고, W+S-는 각각 20.7%, 12.9%였다. 추적 검사에서는 처음 검사에서 보이던 조직의 염증 소견은 동상의 상처가 나아지면서 점차 소멸되는 것을 확인할 수 있어서, 조직 손상 판명에 유의한 검사로 확인되었다.

- 7) PCR 검사자 27명 중, 처음 검사 당시에 정상 18명과 수축형 8명은 동상 부위의 상처가 호전됨에 따라 정상 파형으로 돌아왔고, 지속적으로 폐쇄형 파형은 보인 1명은 후에 소절단을 받았다. 그 중 12명은 MRA 검사를 함께 받았다. PCR의 정상 파형 6명은 MRA에서 5명은 정상 1명은 혈관 수축 소견을 보였다. PCR의 수축형 파형 5명은 모두 MRA에서도 혈관 수축을, 폐쇄형 파형의 1명은 혈관 폐색의 소견을 보여서 MRA의 결과와 일치하였다.
- 8) 재가온 요법은 표재성 동상의 11.6%, 심부성 동상의 22.0%가 받았다. 온수요법은 각각 16.3%, 29.3%이었다. 심부성 동상의 6명(14.6%)이 부분층 식피술을 받았고, 2명(4.9%)이 수/족지부의 소절단을 받았다. 주로 사용된 약제는 Berasil, Ibuprofen, Trental이었다. PGE1은 PCR 검사의 결과에 의거하여 혈류 상태에 따라 선택적으로, 표재성 동상의 22명(51.1%)에게 평균 6.8일간, 심부성 동상의 32명(78.0%)에게 평균 10.8일간 투여되었다.
- 9) 합병증으로는 표재성 동상 9명(20.9%)의 11예 중 레이노 증후군과 CRPS, 심부성 동상 9명(12.0%)의 12예 중 관절 구축 장애와 족지부 변형이 많았다.

종합하면, 동상 예방 교육 프로그램에는 발관리가 강조되어야 하겠다. 동상은 과소평가하지 말고 빠른 시일 내에 전문적인 치료가 시작되어야 하겠다. 골조사 검사는 조직 손상의 정도와 치유 과정을 평가할 수 있는 검사이다. PCR 검사는 동상 환자의 혈류량 평가에 중요한 도구로 사용될 수 있다. 이러한 증거를 바탕으로 적절한 약제 선택과 혈관 확장제의 투여의 기준을 제시하는 것이 바람직하겠다.

## REFERENCES

- 1) Imray C, Grieve A, Dhillon S. Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgrad Med J* 2009; 85: 481-8.
- 2) McIntosh SE, Opacic M, Freer L, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW et al. Wilderness Medical Society practice guidelines for the prevention and treatment of frostbite: 2014 update. *Wilderness Environ Med* 2014; 25(4 Suppl): S43-54.
- 3) Shin HK, Kim HC, Hong IK. Analysis of Frostbite(1). *J Korean Burn Soc* 2011; 14: 128-42.
- 4) Cauchy E, Chetaille E, Lefevre M, Kerelou E, Marsigny B. The role of bone scanning in severe frostbite of the extremities: a retrospective study of 88 cases. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 497-502.
- 5) Bhatnagar A, Sarker BB, Sawroop K, Chopra MK, Sinha N, Kashyap R. Diagnosis, characterisation and evaluation of treatment response of frostbite using pertechnetate scintigraphy: a prospective study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002; 29: 170-5.
- 6) Barker JR, Haws MJ, Brown RE, Kucan JO, Moore WD. Magnetic resonance imaging of severe frostbite injuries. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 275-9.
- 7) Smith DJ, Bendick PJ, Madison SA. Evaluation of vascular compromise in the injured extremity: a photoplethysmographic technique. *J Hand Surg Am* 1984; 9: 314-9.
- 8) Britt LD, Dascombe WH, Rodriguez A. New horizons in management of hypothermia and frostbite injury. *Surg Clin North Am* 1991; 71: 345-70.
- 9) Mills WJ. Frostbite. A method of management including rapid thawing. *Northwest Med* 1966; 65: 119-25.
- 10) Murphy JV, Banwell PE, Roberts AH, McGrouther DA. Frostbite: pathogenesis and treatment. *J Trauma* 2000; 48: 171-8.
- 11) McCauley RL, Hing DN, Robson MC, Hegggers JP. Frostbite injuries: a rational approach based on the pathophysiology. *J Trauma* 1983; 23: 143-7.
- 12) Zafren K. Frostbite: prevention and initial management. *High Alt Med Biol* 2013; 14: 9-12.
- 13) Jurkovich GJ. Environmental cold-induced injury. *Surg Clin North Am* 2007; 87: 247-67.
- 14) Erikson U, Pontén B. The possible value of arteriography supplemented by a vasodilator agent in the early assessment of tissue viability in frostbite. *Injury* 1974; 6: 150-3.
- 15) Rainsford KD. Ibuprofen: pharmacology, efficacy and safety. *Inflammopharmacology* 2009; 17: 275-342.
- 16) Mills WJ. Comments on this issue of Alaska Medicine--from then (1960) until now (1993). *Alaska Med* 1993; 35: 70-87.
- 17) Yeager RA, Campion TW, Kerr JC, Hobson RW, Lynch TG. Treatment of frostbite with intra-arterial prostaglandin E1. *Am Surg* 1983; 49: 665-7.
- 18) Cauchy E, Cheguillaume B, Chetaille E. A controlled trial of a prostacyclin and rt-PA in the treatment of severe frostbite. *N Engl J Med* 2011; 364: 189-90.
- 19) Daum PS, Bowers WD, Tejada J, Morehouse D, Hamlet MP. An evaluation of the ability of the peripheral vasodilator buflomedil to improve vascular patency after acute frostbite. *Cryobiology* 1989; 26: 85-92.
- 20) Bouwman DL, Morrison S, Lucas CE, Ledgerwood AM. Early sympathetic blockade for frostbite--is it of value? *J Trauma* 1980; 20: 744-9.
- 21) Hayes DW, Mandracchia VJ, Considine C, Webb GE. Pentoxifylline. Adjunctive therapy in the treatment of pedal frostbite. *Clin Podiatr Med Surg* 2000; 17: 715-22.
- 22) Bruen KJ, Ballard JR, Morris SE, Cochran A, Edelman LS, Saffle JR. Reduction of the incidence of amputation in frostbite injury with thrombolytic therapy. *Arch Surg* 2007; 142: 546-51.
- 23) Johnson AR, Jensen HL, Peltier G, Delacruz E. Efficacy of intravenous tissue plasminogen activator in frostbite patients and presentation of a treatment protocol for frostbite patients. *Foot Ankle Spec* 2011; 4: 344-8.
- 24) Twomey JA, Peltier GL, Zera RT. An open-label study to evaluate the safety and efficacy of tissue plasminogen activator in treatment of severe frostbite.