

수완진동 증후군 환자에서 발생한 족부의 레이노현상 1예

울산의대 울산대학교병원 산업의학과

최나리 · 심창선 · 윤재국 · 김석환 · 박형욱 · 이지호 · 유철인

— Abstract —

A Case of Raynaud's Phenomenon of both Feet in a Rock Drill Operator with Hand-arm Vibration Syndrome

Nari Choy, Chang Sun Sim, Jae Kuk Yoon, Suk Hwan Kim, Hyoung Ook Park, Ji-Ho Lee, Cheol In Yoo

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Ulsan University Hospital,
University of Ulsan, College of Medicine, Ulsan, Korea*

Background: There have been many studies on hand-arm vibration syndrome (HAVS) for almost a century. The Stockholm Workshop scale has been accepted as a useful tool in diagnosing HAVS. Although they are not standard tests for diagnosis, cold provocation test and plethysmography of the fingers are commonly used as objective measurements to confirm the vascular component of HAVS. However, there are only a handful of case reports and studies worldwide on Raynaud's phenomenon in the toes. We report the case of a patient with HAVS who developed Raynaud's phenomenon in the toes after the vibration exposure had ceased. To our knowledge, this is the first report of this entity in Korea.

Case Report: A 58-year-old male, who had been diagnosed with HAVS in 2003, first noticed white toes in the summer of 2006 after immersing his feet in cold water. He had been working as a rock drill operator since 1976 for almost 30 years and had symptoms on his fingers since 1992. He underwent the cold provocation test, photoplethysmography, Nerve conduction velocity, and basic laboratory tests to rule out other causes of secondary Raynaud's phenomenon. To describe the severity of his feet, it could be classified as vascular stage 2 and sensorineural stage 1 if we were to apply the Stockholm Workshop scale.

Conclusions: The patient showed vibration-induced white toes, and we would like to share the results of objective findings related to his condition. When diagnosing HAVS, symptoms of the feet should be assessed by the occupational and environmental medicine physicians. Further studies are needed to standardize test methods to diagnose "vibration-induced white toes."

*This work was funded by Ulsan University Hospital (Biomedical Research Center Promotion Fund)

Key Words: Feet, Raynaud's phenomenon, Vibration syndrome, Rock drill, Vibration-induced white toes

〈접수일: 2008년 2월 5일, 채택일: 2008년 3월 25일〉

교신저자: 심 창 선 (Tel: 052-250-7288) E-mail: zzz0202@naver.com

* 이 논문은 울산대학교병원 (생의과학연구소 학술연구비)의 지원을 받아 연구되었음 (2007년-017)

서 론

수완진동 증후군(hand-arm vibration syndrome, HAVS)은 수지에 전달되는 진동과 관련된 증상, 징후로서 혈관장애, 말초신경질환, 근골격계 증상이 한 가지 이상 나타나는 질환을 말한다.

수완진동 증후군을 일으킨다고 알려진 대표적인 공구로는 전기톱(chain saws), 칩핑 망치(chipping hammer), 착암기(rock drill) 등이 있다¹⁾. 수지진동에 노출되는 근로자 숫자는 나라마다 아주 다양한데, 1997년에 영국에서 주당 1회 이상 수지진동에 노출된 남성 근로자 수는 420만일 것이라고 추정 하였으며²⁾, 1981년에서 1983년 사이에 미국 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)에서 시행한 전국 직업 노출 조사 (National occupational survey)에서 약 145만 명이 진동기구를 사용한다고 보고되었다³⁾. 국내에서는 2005년 근로자 건강진단 결과에 의하면 진동에 대한 특수건강진단을 받은 근로자수는 19,335명이나⁴⁾ 진동에 노출되는 근로자의 수는 더 많을 것으로 추정된다.

진동 노출에 의한 수완진동 증후군에 대한 보고는 많았지만, 진동에 의한 족부의 창백지에 대한 보고는 적었으며, 주로 일본에서 1960년대부터 1990년대 중반까지 보고되었다. 전신진동 및 족지의 직접적인 진동 노출에 의해 초래된 족지 창백에 대한 보고들과⁵⁻¹⁰⁾, 국소진동 공구를 사용한 근로자들에서 족지 창백이 초래된 사례들을 대상으로 한 연구들도 보고되었다^{8,11,12)}. 그러나 이러한 연구들 대부분은 객관적인 검사에 의한 자료 보다는 증상 위주로 보고하였다.

현재까지 국내에서는 진동에 의한 족부의 레이노현상을 보고한 증례는 없다. 착암기 사용으로 인한 수완진동 증후군으로 진단 받은 환자에서 최근 족부의 레이노현상이 발

생한 사례를 문헌고찰과 여러 가지 임상검사를 통하여 직업적 족부 레이노현상으로 진단하였기에 보고하는 바이다.

증 례

환자: 57세, 남자 (2007년 8월 현재)

주소: 1년 전부터 저온환경에서 양측 족지(좌,우 2, 3, 4번째 발가락)의 창백 및 감각 저하

현병력 및 직업력: 상기 환자는 1976년부터 석탄 광업소에서 굴착작업을 위해 압착공기식 착암기(25 kg)를 하루 평균 3시간 동안 사용하기 시작하였다. 착암기는 2인 1조로 사용하였으며 한 사람은 양손으로 착암기를 잡고 그의 보조역할을 담당하는 근로자는 아랫방향으로 굴착작업시 발을 이용하여 착암기를 고정하는 작업을 하였다. 첫 2년 동안은 주로 발로 착암기 고정 작업을 하였고 그 이후에는 주로 손을 이용하여 착암기를 사용하였다. 착암기는 갱내에서 사용하였으며 작업 장소는 일년 내내 고온 다습한 환경이었다. 2005년에 정년퇴직하기까지 총 11년 동안 착암기를 사용하였으며 그 중 7년 동안은 독일 및 한국에 있는 중석 광업소에서 착암기를 사용하였다. 1988년부터 2001년까지는 관리직으로 일을 하면서 간헐적으로 천공기와 끌뿔을 시범적으로 사용하던 중 저온환경에서 손가락의 창백지와 감각저하 및 통증이 발생하였고 점점 악화되었다. 다시 2001년부터 굴착작업을 시작하게 되었으며 2003년도에 양측 수완진동 증후군이라는 진단을 받고 굴착 작업을 중단하였다. 진단 후 치료를 받기 시작하였으며 그 이후로는 착암기 및 기타 진동 공구를 거의 사용하지 않았다.

과거력 및 사회력: 2003년도에 특수건강검진을 통해 소음성 난청을 판정 받았다. 음주력은 소주 1~2병/주 정도였으며 흡연력은 30 갑·년이었고 내원당시 수완진동

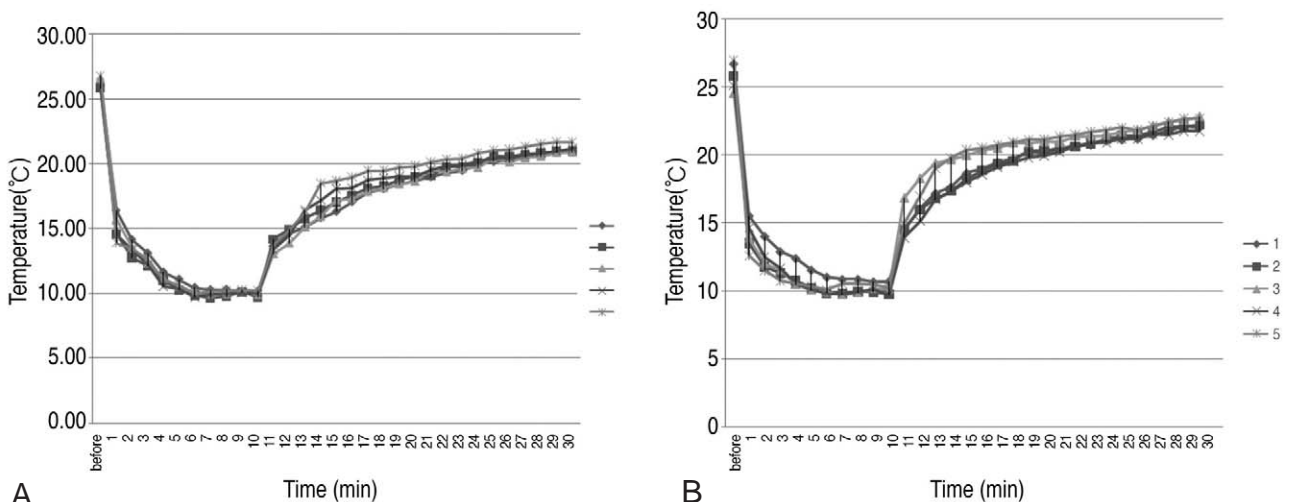


Fig. 1. Skin temperature of each toe before and after the cold provocation test (A) Left toes (B) Right toes

증후군 치료로 인해 칼슘 채널 길항제를 복용하고 있었으며 외상 및 기타 약물 복용은 없었다.

가족력: 특이 사항은 없었다.

임상 진찰: 진찰 상 혼합결체조직질환 및 혈관질환과 관련된 기타 증상은 없었다.

검사 소견: 기본적인 혈액검사 결과는 2003년도부터 2005년까지 타병원에서 시행한 특수건강검진 결과지를 참조하였으며 특이한 소견은 없었다. 면역학적 검사인 류마토이드 인자(RA factor), 항핵항체 (antinuclear anti-

body) 및 한랭글로불린 (cryoglobulins) 및 혈청 단백질 전기영동 (serum protein electrophoresis) 검사 상 특이 소견이 없었다.

심전도, 하지 방사선 촬영 및 하지 신경전도 검사는 정상소견을 보였다.

수지 냉각부하검사결과와 비교하기 위하여 족지 냉각부하검사를 실시하였으며 측정 당시 계절은 여름이었고 실내 온도는 25℃이었다. 수온은 circulation water bath (Vision, Model VS-1902WF, Korea)로 10℃로 유지하였고 피부온도 측정은 Takara thermistor thermometer (Technol seven, model K730, Japan)를 사용하였다.

족지의 온도를 측정하기 위해 피검자의 모든 족지에 각각 열감지 센서를 부착하였으며, 족지온도는 1분 간격으로 자동 측정하여 출력되었다(Fig. 1). 책상에 앉은 자세에서 바닥에 위치한 10℃의 냉수에 10분 동안 양측 족부를 담그면서 각 족지의 온도 변화를 보았다(Table 1). 족부를 10℃에 담근 후 우 2, 4번째 그리고 좌 2, 3, 4번째 족지의 온도가 냉수의 온도 이하로 떨어졌으며 표로는 제시하지 않았으나 7분 후에 우측 3번째 족지도 물의 온도 이하로 떨어졌다(Table 2). 냉각부하검사 뒤 실온에서 가장 먼저 검사 전 피부 온도로 회복되는 시점은 좌 3번째 족지가 상온에서 24~25분 사이였으며 29~30분 사이에 좌 2번째 족지의 온도가 회복되었다. 가장 증상이 심했던 우 3, 4번째 족지는 실온에서 30분이 경과한 후에도 검사 전 피부온도로 회복되지 않았지만 냉각부하검사를 종결하였다(Fig. 2).

족지 냉각부하검사 결과는 이 환자가 겨울에 실시한 수지검사 결과와 비교했을 때는 회복률이 높았으나 같은 날짜에 동일한 조건에서 시행한 수지검사 결과와 비교했을 때는 수지검사 결과보다 떨어져 있었다(Table 3, 4) (Fig. 3). 또한 우측 족지의 회복률이 가장 낮았다.

혈관질환을 배제하기 위해 냉각부하검사를 마친 후 침

Table 1. Skin temperature of each toe before and after the cold provocation test (Unit: ℃)

	Right foot (1st-5th)	Left foot (1st-5th)
baseline	26.10	26.75
	25.84	25.81
	26.57	24.55
	25.89	25.15
	26.77	26.99
6 th mins*	10.48	11.02
	9.90	9.84
	10.11	9.93
	9.74	9.83
	10.04	10.13
10 th mins*	10.18	10.70
	9.71	9.77
	9.89	10.15
	9.99	9.74
	10.24	10.26
25 th mins [†]	21.83	23.11
	21.71	23.60
	21.73	24.97
	21.67	22.25
	22.23	23.18

*: While immersed in 10℃ water

[†]: 15 mins in the room temperature (25℃)

Table 2. Recovery rate of the toes after the cold provocation test

	1 st toe	2 nd toe	3 rd toe	4 th toe	5 th toe
5 mins*					
Right foot	39%	46%	44%	51%	51%
Left foot	50%	53%	68%	54%	61%
10 mins [†]					
Right foot	54%	58%	52%	57%	58%
Left foot	59%	66%	75%	66%	65%

* the recovery rate at 5 minutes after the cold provocation test = (Tsk at 5 mins after-Tsk at 10th min in cold) / (Tsk baseline-Tsk at 10th min in cold)

[†] the recovery rate at 10 minutes after the cold provocation test = (Tsk at 10 mins after-Tsk at 10th min in cold) / (Tsk baseline-Tsk at 10th min in cold)

Tsk = Skin temperature

대위에 바로 누운 자세에서 발목-상완 지표(ankle-brachial index)를 측정하였으며 이는 정상 범위 내에 있었다. 그 뒤 족지의 혈관 초음파 도플러(Cardinal

Health Co, Nicolet Vascular vasoguard, USA)를 시행하였다. 양측 상완 동맥(brachial artery)의 혈압과 양측 각 족지의 혈압을 비교한 뒤 혈류량을 광혈류측정기(photoplethysmography)로 측정하였다(Table 4). 에어컨을 사용하여 실내 온도를 21℃로 만든 후 양 족부를 4℃ 냉수에 2분 동안 담근 후 다시 혈압을 측정하였다. 혈관외과 전문의와 협진 결과 양측 족지의 광혈류검사에서 특별한 소견은 없었으나 단지 냉각부하 후 광혈류 측정 시에 맥파가 불규칙한 것으로 보아 한랭 노출시 레이노현상이 유발될 수 있을 것이라는 결론을 내렸다.

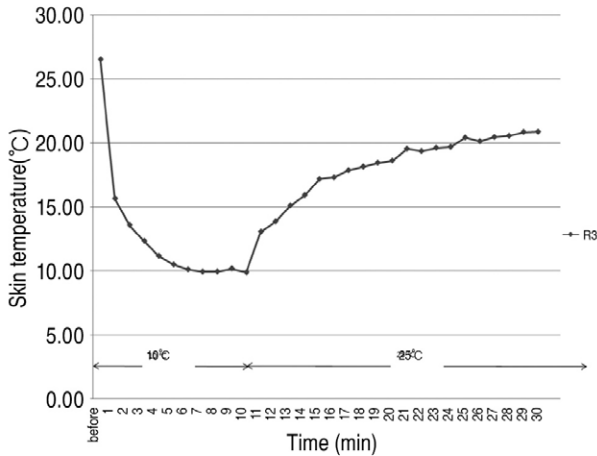


Fig. 2. Changes in the skin temperature of 3rd right toe before, during and after the cold provocation test.

고 찰

국내에서는 2005년도에 국소진동에 노출되는 근로자는 약 2만 명으로 추정하고 있으며⁴⁾, 노재훈 등^{13,14)}이 일부 탄광 작업기 사용자를 대상으로 1981년과 1988년에 시행한 연구에서는 수완진동 증후군의 증상 유병률이 12~13% 이었다. 그러나 이러한 사례들은 수완진동 증

Table 3. Recovery rate of the fingers after the cold provocation test

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
2006 winter					
Right hand	46%* / 68% †	34%* / 70% †	25%* / 56% †	29%* / 60% †	38%* / 75% †
Left hand	46%* / 68% †	62%* / 90% †	33%* / 79% †	31%* / 61% †	36%* / 50% †
2006 summer					
Right hand	71%* / 73% †	76%* / 88% †	62%* / 81% †	82%* / 84% †	38%* / 75% †
Left hand	81%* / 87% †	89%* / 91% †	79%* / 88% †	61%* / 88% †	76%* / 91% †

* the recovery rate at 5 minutes after the cold provocation test = (Tsk at 5 mins after-Tsk at 10th min in cold) / (Tsk baseline-Tsk at 10th min in cold)

† the recovery rate at 10 minutes after the cold provocation test = (Tsk at 10 mins after-Tsk at 10th min in cold) / (Tsk baseline-Tsk at 10th min in cold)

Tsk = Skin temperature

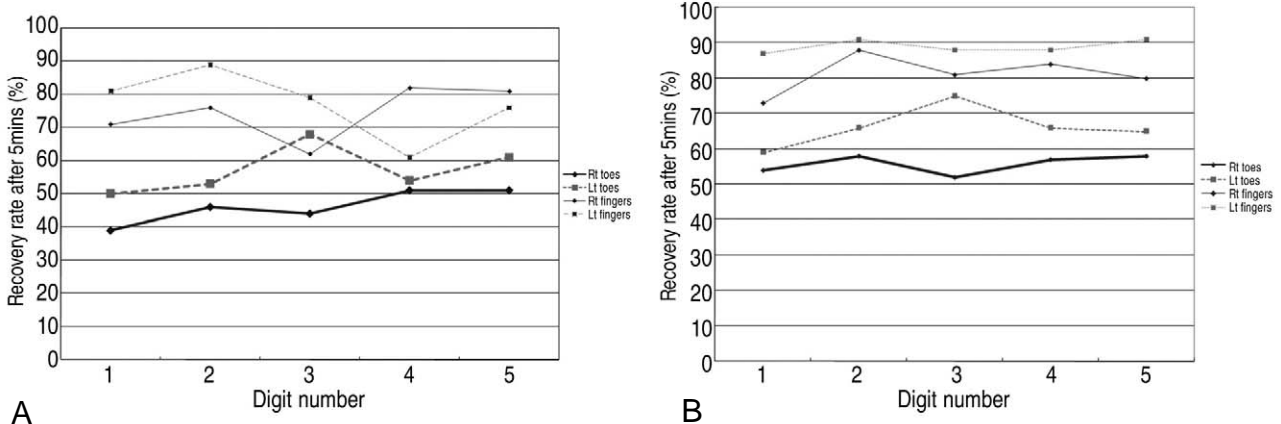


Fig. 3. Comparison between the recovery rate of fingers and toes taken on the same day. (A) 5 minutes after the cold provocation test (B) 10 minutes after the cold provocation test.

후군에 대한 연구들로 족부의 레이노현상에 대한 보고는 국내에서는 아직까지 없었다.

많은 수는 아니지만 국외에서는 몇 차례 보고된 바 있다. 이들 중 Hedlund⁷⁾의 연구 결과에 의하면 전신진동이나 족지의 직접적인 진동노출이 족지의 레이노현상과 통계학적으로 의미가 있었다. 총 27명의 탄광부 중 11명에게 수지 레이노현상이 있었으며 이중 5명에서 족지 레이노현상이 같이 동반 되었다. 이들 근로자들은 주로 국소진동에 먼저 노출된 후 전신진동에 노출되었으며, 한 근로자에서는 수지 레이노현상 없이 족지 레이노현상이 있었고 대부분의 경우 수지 레이노현상이 먼저 생긴 후 족지 레이노현상이 발생하거나 같은 시점에서 발생하였다. Sakakibara¹⁵⁾는 수지 진동 공구에 의한 족지 혈관 장애를 알아보기 위해 다른 질환이 없는 342명의 전기톱 사용자와 277명의 착암기 사용자를 대상으로 수지와 족지의 감각 저하 및 냉증을 호소하는 빈도, 총 진동공구 사용 시간과 창백지와외의 관계를 보았으며 창백지의 빈도는 수부 및 족부의 냉증 빈도와 관련이 있었다. 그 이후 Sakakibara¹²⁾는 국소진동 노출에 대한 간접적인 영향을 보기 위해 전기톱을 건강한 사람들에게 사용하게 한 다음 수지와 족지의 혈류량 및 피부 온도의 감소를 보고하였다. 또한 전기톱 사용 근로자에게서 수족부의 감각이상이나 냉증을 느끼는 빈도를 조사한 결과 수족부 증상도 전기톱의 사용시간과 관련이 있었다고 하였다.

수완진동 증후군의 발병 기전에서 혈관 장애는 진동의 직접적인 영향으로 인한 혈관 수축 및 혈관 비후와 간접적인 교감신경의 활성화에 의한 전신적인 영향으로 설명하고 있다¹⁶⁻²³⁾. 교감신경의 활성화에 의한 전신적인 영향은 Sakakibara²³⁾에 의하여 증명되었는데, 창백지가 있는 환자와 대조군에서 심전도를 사용하여 심박동수의 변화를 측정 한 결과 진동에 의해 창백지를 호소하는 군에서 냉각부하검사 시 대조군에 비해 교감신경의 활성화도가 증가되어 있었다고 보고하였다.

본 증례에서 환자가 사용한 진동공구는 착암기로 수지 진동공구로 분류되어 있으나¹⁶⁾, 작업 시 발로 기기를 고정하는 행위로 인해 족부에도 직접적으로 진동이 전달될

수 있다. 환자는 직업력상 11년동안 착암기(총 23,000시간 정도)를 사용하였으며, 그 중 2년간(총 1,000 시간 정도)은 족부에 직접적인 진동 노출이 있었다. 착암기의 사용이 아직 족부에 영향을 미치는 진동 노출 시간에 대해서는 알려진 것이 없으나 수지에서 누적 손상을 미칠 수 있는 노출 시간은 평균 8,000시간(최소 2,000시간)²⁴⁾ 정도로 알려져 있어 이를 감안한다면 본 증례인 경우 족부에 직접적인 진동 노출만으로 환자의 현상을 설명하기에는 족부의 진동 노출 시간이 부족하다. 따라서 이 환자의 경우는 족부의 직접적인 진동노출과 수지 진동에 의한 교감신경 활성화와 같은 간접적인 원인도 같이 작용하였을 것으로 추정된다.

현재까지 진동에 의한 족부 창백지를 진단하기 위해 표준화된 객관적인 검사 및 평가 방법에 대한 연구는 없다. 그리하여 본 증례에서는 수완진동 증후군을 진단하는 방법을 그대로 족지에 적용한 뒤 환자의 수지검사 결과와 비교했다.

수완진동 증후군에서 현재 널리 쓰이고 있는 진단 방법은 수지 냉각부하검사 및 혈류검사와 같은 객관적인 방법과 스톱홀름 분류 방법을 병행하는 것이다^{16,25,26)}. 수지 냉각부하검사 방법 중 10℃에서 10분간 냉각부하검사를 하는 방법이 피검자에게 고통을 줄이면서 최대한의 혈관 수축을 일으킬 수 있다고 보고되고 있으며^{27,28)} 본 증례에서도 이 방법을 사용하였다. 족지 냉각부하검사를 시행한 후 결과 비교를 위해 같은 날 환자에서 수지 냉각부하검사를 시행하였다. 본 증례에서는 냉각부하 후 상온에서 5분 및 10분 뒤의 회복률을 계산하였고 족지 냉각부하검사 결과가 수지 냉각부하검사 결과에 비해 떨어져 있었다(Table 4). 하지만 이 방법을 족부의 혈관 장애의 중증도를 평가하기 위해 그대로 적용할 수 있을지에 대해서는 논란의 여지가 있으므로 추후 적절한 검사방법에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

만약 본 증례에서 수지의 스톱홀름 분류법을 족지에 적용한다면 2R(3)/2L(3)로 stage 2에 해당 할 것이다. 본 환자는 족지에 창백지가 발생하기 14년 전에 수지 창백지가 발생하였다. 이는 Toibana 등⁸⁾의 보고에서 전기톱을

Table 4. The results of photoplethysmography in the room temperature and after 2 mins of cold stress test

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
Right foot					
Room temp	0.98*	0.89*	0.99*	0.87*	1.05*
After	1.17*	0.88*	0.79*	0.72*	1.04*
Left foot					
Room temp	1.04*	1.07*	1.08*	0.89*	1.00*
After	1.04*	0.66*	0.85*	0.88*	1.35*

*ratio between BP of dorsal digital artery and BP of brachial artery



Fig. 4. The picture of the patient's feet showing the Raynaud's phenomenon.

사용한 4명의 근로자들이 수완진동 증후군이 먼저 발생한 뒤 전기톱 사용을 13년 동안 중단 하였다가 다시 사용한 지 10년 후에 족부 창백지가 발생한 예와 비슷한 경우이다. 또한 Hedlund⁷⁾의 연구 보고에서는 위에서 언급한 바대로 수지진동 공구 및 전진진동에 노출된 근로자에게서도 손에 증상이 먼저 발생하는 경향을 보였다. 이러한 연구 결과들은 주로 수지가 족지에 비해 진동에 직접적으로 노출되었다는 것을 의미하거나 혹은 족부의 경우 양말과 신발을 신고 있기 때문에 족부의 창백지가 비교적 늦게 발견되었을 가능성이 높다는 것을 시사한다.

앞에서 소개된 연구들과 다른 점이 있다면 본 환자는 진동 노출을 중단한 뒤 족부에 창백지를 호소했다는 점이며 이는 크게 2가지 원인으로 설명할 수 있을 것이다. 하나는 환자의 족부 창백지는 이전에 발현되었으나 증상이 없어 뒤늦게 발견하였을 가능성이 있다. Sakakibara¹⁵⁾에 의하면 감각저하나 냉증과 같은 증상 없이도 창백지가 있을 수 있다고 하였고, 김성칭 등²⁰⁾은 진동공구를 사용하는 근로자 중 수지 증상이 있는 군과 없는 군을 비교한 결과 대조군에 비해 노출군에서 냉각부하검사 결과가 저하되어 있어 수지 자각 증상을 호소하기 전에 이미 혈관장애가 와 있을 것이라는 결론을 내렸다. 반대로 최환석 등³⁰⁾은 수족부의 감각이상자에서의 레이노병의 유병률에 대해 조사하였으며 수족 냉증을 호소하는 사람의 43%에서만 레이노현상이 관찰되었다고 한다. 그러므로 창백지와 혈관장애에 의한 증상의 발현시기가 같을 것이라고 가정하는 것에는 문제점이 있으며 본 환자에서 족부의 창백지가 이전부터 있어 왔으나 환자가 미처 발견을 못했을 가능성이 있는 것이다. 또 하나는 진동 노출을 중단한 후에도 진동 증후군이 진행될 수 있다는 점이다. Kurozawa

등³¹⁾에 의하면 수완진동 증후군으로 진단받은 군에서 15년 동안 추적조사한 결과 진단 시 단계(stage)가 높을수록 예후가 좋지 않다고 하였다. 하지만 이에 대한 근거는 아직 부족하고 추후 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 족부 창백지가 발생하기까지의 잠복기와 진동 노출량과 발생 빈도, 객관적인 진단 방법에 대한 연구도 필요할 것이다.

그럼에도 불구하고 이번 증례에서 환자의 족부레이노현상은 저온 환경에서 족부 창백지가 발생했을 때 찍은 칼라사진(Fig. 4)과 냉각부하검사 등으로 확인하였으며, 기타 2차성 레이노증후군을 일으킬 수 있는 혈관장애, 자가면역질환, 근골격계질환 등을 심진도, 혈압, 혈액 및 소변검사, 발목-상완 지표, 혈관 초음파 도플러, 하지 단순 방사선 촬영, 하지 신경진도검사 및 근전도를 통해 배제하였기에 족부의 레이노드 현상은 근로자의 진동노출과 관련이 클 것으로 볼 수 있다. 기타 원인으로 연령 및 흡연력이 질환 발생에 영향을 미쳤을 것으로 생각되며, 그 외 소음이 질환 발생을 촉진 및 악화시켰을 것으로 예상할 수 있다³²⁾.

요 약

배경: 지난 세기 동안 수완진동 증후군에 대한 연구는 많이 이루어졌으며 스톡홀름 분류는 유용한 진단도구로 인정되고 있다. 아직 표준 검사법은 없지만 수지 냉각부하검사와 혈류검사는 수완진동 증후군을 확진 및 평가하기 위한 객관적인 검사방법으로 주로 쓰이고 있다. 그러나 아직 족지의 레이노현상에 대한 보고는 전 세계적으로 많지 않으며 국내에서는 아직 보고 된 경우가 없어 본 증례를 통해 수완진동 증후군으로 진단 받은 환자에서 발생한 족지의 레이노현상을 국내에서는 처음으로 보고하고자 한다.

증례: 약 30년간 공기압력식 착암기를 사용한 48세 남자로 양측 수완진동 증후군으로 진단받고 진동공구 사용을 중단하였으나 여름에 냉수에서 족지에도 창백지가 발생하는 것을 발견하게 되었고 본원에서 검사를 받게 되었다. 수지 냉각부하검사, 광혈류검사, 족지혈압측정, 신경진도검사, 혈액검사 및 기타검사를 시행하여 레이노현상을 일으킬만한 2차 원인들을 배제하였다. 스톡홀름 분류를 족지에 적용한다면 stage 2에 해당한다.

결론: 진동공구 사용 근로자에서 족부의 레이노현상에 대한 객관적인 검사들과 다른 원인들을 배제한 상태에서 국내 최초의 진동에 의한 직업성 족부 창백지로 진단을 하여 보고하는 바이다.

참 고 문 헌

- 1) Harada N, Yoshimura M, Laskar MS. A mini-review of

- studies conducted in Japan using finger-skin temperature during cold-stress tests for the diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 1999;72(5):330-4.
- 2) Palmer KT, Griffin MJ, Bendall H, Pannett B, Coggon D. Prevalence and pattern of occupational exposure to hand transmitted vibration in Great Britain: finding from a national survey. *Occup Environ Med* 2000;57:218-28.
 - 3) NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hand-arm vibration. Cincinnati, Ohio: U.S. Department of Health and Human Services. 1989.
 - 4) Ministry of Labor. The results of the periodic health examinations of workers in 2005. Yeolim Pub. Seoul. 2006. (Korean)
 - 5) Mills JH. Pneumonic hammer disease in an unusual location. *Northwest Med* 1942;41:282-3.
 - 6) Gomibuchi R, Ohi T. So-called "white waxy finger." *Jpn J Trauma Occup Med* 1967;15:177-82. (Japanese)
 - 7) Hedlund U. Raynaud's phenomenon of fingers and toes of miners exposed to local and whole-body vibration and cold. *Int Arch Occup Environ Health* 1989;61:457-61.
 - 8) Toibana N, Ishikawa N, Sakakibara H, Yamada S. Raynaud's phenomenon of fingers and toes among vibration-exposed patients. *Nagoya J Med Sci* 1994;57:S121-8.
 - 9) Suzuki Y, Nishiyama K, Nagaysasu M, Nishibara S. A case of the occupational Raynaud's phenomenon observed on the foot of vibrating tool operator. *Shikoku Acta Med* 1966;22:70-2. (Japanese)
 - 10) Hashiguchi T, Sakakibara H, Furuta M, Yamada S, Horio K, Toibana N. Raynaud's phenomenon in the lower extremities induced by vibration exposure, report of tree cases. *Jpn J Trauma Occup Med* 1988;36:651-7. (Japanese)
 - 11) Sakakibara H, Hashiguchi T, Furuta M, Kondo T, Miyao M, Yamada S. Circulatory disturbances of the foot in vibration syndrome. *Int Arch Occup Health* 1991;63:145-8.
 - 12) Sakakibara H. Sympathetic responses to hand-arm vibration and symptoms of the foot. *Nagoya J Med Sci* 1994;57:S99-111.
 - 13) Roh JH. Prevalence of the vibration syndrome among rock-drillers in the anthracite mining area. *Korean J Prev Med*. 1981;14(1):75-80. (Korean)
 - 14) Roh JH, Moon YH, Shin D, Cha BS, Cho SN. Change of skin temperature of workers using vibrating tools. *Korean J Prev Med* 1988;21(2):257-64. (Korean)
 - 15) Sakakibara H, Akamatsu Y, Miyao M, Kondo T, Furuta M, Yamada S, Harada N, Miyake S, Hosokawa M. Correlation between vibration-induced white finger and symptoms of upper and lower extremities in vibration syndrome. 1988;60:285-9.
 - 16) Mansfield NJ. Human response to vibration. CRC press LLC. Boca Raton. 2005.
 - 17) Pyykko I, Stark J, Farkkila M, Hoikkala M, Korhonen O, Nurminen M. Hand-arm vibration in the aetiology of hearing loss in lumberjacks. *British J Ind med* 1981;38:281-9.
 - 18) Gemne G. Pathophysiology of white fingers in workers using hand-held vibration tools. *Nagoya J Med Sci* 1994;57:87-97.
 - 19) Sakakibara H, Yamada S. Vibration syndrome and autonomic nervous system. *Cent Eur J Public Health* 1995;3:S11-4.
 - 20) Stoyneva Z, Lyapina M, Tzvetkov D, Vodenicharov E. Current pathophysiological views of vibration-induced Raynaud's phenomenon. *Cardiovasc Res* 2003;57:615-24.
 - 21) Herrick, AL. Pathogenesis of Raynaud's phenomenon. *Rheum* 2005;44:587-96.
 - 22) Harada N, Mahbub MH. Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 2007 Sep 26. Available:<http://www.springerlink.com> [cited 2008 Jan 16].
 - 23) Sakakibara H, Luo J, Zhu SK, Hirata M, Abe M. Autonomic nervous activity during hand immersion in cold water in patients with vibration-induced white finger. *Industrial Health* 2002;40:254-9.
 - 24) Cohen R, Horie S. Injuries caused by physical hazards. In: LaDou J (eds) *Current occupational and environmental medicine*. 4th ed. McGraw-Hill Companies. New York. 2007. pp 122-50.
 - 25) Thompson A, House R, Manno M. Assessment of the hand-arm vibration syndrome: thermometry, plethysmography and the stockholm workshop scale. *Occup Med (Lond)* 2007;57(7):512-7. Available:<http://www.ovid.com/> [cited 2008 Jan 16].
 - 26) Bonvenzi M. A follow up study of vascular disorders in vibration-exposed forestry workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2008;81(4):401-8. Available:<http://www.springerlink.com> [cited 2008 Jan 16].
 - 27) Kim KA, Yim HW, Lim Y, Yun IG. A case of Raynaud's syndrome in worker exposed to hand-arm vibration. *Korean J Occup Environ Med* 1991;3(1):119-23. (Korean)
 - 28) Yoo CI, Lee JH, Lee CR, Lee H, Choi Y, Kim Y. Evaluation of finger skin temperature by cold provocation test for diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Korean J Occup Environ Med* 2002;14(2):124-33. (Korean)
 - 29) Kim SC, Lee TJ. Subjective complaints and abnormal change of the digital skin temperature after immersion in cold water among vibratory tool workers. *J Catholic Medical College* 1974;27:369-75. (Korean)
 - 30) Choi WS, Ock SM, Byeon JH, Jung SH, Park KS, Park JW, Yoo DJ, Lee JB, Kim CM. The prevalence of diagnosis as Raynaud's disease among the people complaint of abnormal sensation on hands and feet. *J Korean Acad Fam Med* 2003;24:1085-91. (Korean)

- 31) Kurosawa Y, Nasu Y, Hosoda T, Nose T. Long-term follow-up study on patients with vibration-induced white finger (VWF). 2002;44(12):1203-6.
- 32) Pyykko I, Starck J, Pekkarinen J. Further evidence of a

relation between noise-induced permanent threshold shift and vibration-induced digital vasospasms. Am J Otolaryngol 1986;7(6):391-8.