Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 32, No. 4 pp.303-308, August 2013 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2013.32.4.303

The Health Effect of Hand Arm Transmitted Vibration

Jung-Wan Koo

Department of Occupational and Environmental Medicine, Center for Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Seoul, 150-713

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to understand health effect of hand-arm transmitted vibration. **Background:** Electronic vibration tools have been used in many industries. These tools evoke hand-arm transmitted vibration that cause hand-arm vibration syndrome. **Method:** Various papers on the hand-arm transmitted vibration and its health effects have been reviewed to know what health effect caused. **Results:** Hand-arm transmitted vibration causes circulatory, neural, musculoskeletal and other disturbance. **Conclusion:** The previous studies focused on the epidemiology and physiology for hand-arm transmitted vibration. So, now we should focus on a prevention and guideline of hand-arm transmitted vibration. **Application:** These results can be used to know health effect of hand-arm transmitted vibration.

Keywords: Hand arm vibration syndrome, Hand arm transmitted vibration

1. Introduction

최근의 산업화 및 정보화에 따라, 과거에 근로자들이 시행하던 작업들이 자동화 되었으며, 이에 따라 많은 전통적인 유해인자로부터 근로자들이 자유로워지게 되었다. 이러한 자동화의 수단인 동력공구의 사용으로 인하여 생산성이 높아지고, 작업에 필요한 생리적 에너지가 감소하였다. 동력공구로는 에어임팩트, 착암기, 연마기, 굴착기, 전기톱, 체인톱, 에어드라이버, 치핑 해머, 그라인더 등이 있으며, 중공업, 조선소, 자동차 등의 제조업과 광산, 임업, 건설업, 그리고 정비 공정 등에서 많이 사용하고 있다(NIOSH, 1989). 가솔린, 압축공기, 수압, 전기 등을 이용하여 작동되는 동력공구들은 국소 진동을 일으킨다. 전동공구를 사용하는 근로자가 노출되는 대부분의 진동은 수전달 진동(hand arm transmitted vibration, HAV)이며, 수전달 진동에 장시간 노출되면 상지의 혈관계, 신경계, 근골격계의 복합적인 증상 또는 질병을 일으키는 것으로 알려져 있다(Griffin, 1990).

이탈리아의 Lorgia(1911)는 광부에서 레이노드 증상과 진동공구의 관련성이 있을 것이라고 처음으로 발표하였으며, 미국의 Hamilton(1918)은 공기 해머를 이용하는 석공에게서 발생한 손가락의 여러 가지 증상을 직업성 레이노드 현상(Occupational Raynaud's phenomenon)이라고 하였다. 산업이 발전함에 따라 전동공구들은 전 세계적으로 보급되었으며, 이에 따라 전동공구에 따른 건강장애에 대한 보고도 증가하였다.

전동공구를 통한 수전달 진동으로 인한 징후와 증상은 통증, 저림, 손가락의 창백함, 이상 감각 등으로 알려져 있으며, 이러한 복합적인 장해에 대하여 여러 가지 용어가 사용되었으나, 1983년 영국 런던에서 순환장해, 감각 및 운동신경 장해, 근골격계 장해 등의 세 종류의 장해로 수완진동 증후군(Hand-Arm Vibration Syndrome)을 정의하였으며, 스톡홀름 워크샵 분류(Stockholm-revised vibration syndrome classification system)에 따라 수완진동 증후군을 재정

Corresponding Author: Jung-Wan Koo. Department of Occupational and Environmental Medicine, Center for Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Seoul, 150-713.
Mobile: +82-10-9139-1402, E-mail: jwkoo@catholic.ac.kr
Copyright@2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

립하여 현재까지 사용하고 있다(Table 1, 2; Gemne et al., 1987).

Table 1. Vascular component of the Stockholm Workshop classification of hand arm vibration syndrome

Stage	Criteria
0	No attack
1	Occasional blanching attacks affecting tips of one or more fingers
2	Occasional attacks distal and middle phalanges of one or more fingers
3	Frequent attacks affecting all phalanges of most fingers
4	As in stage 3, with trophic skin changes in the finger tips

Table 2. Sensorineural component of the Stockholm Workshop classification of hand arm vibration syndrome

Stage	Criteria
0SN	Vibration exposed but no symptom
1SN	Intermittent numbness with or without tingling sensation
2SN	Intermittent or persistent numbness, reduced sensory perception
3SN	Intermittent or persistent numbness, reduced tactile discrimination and/or manipulative dexterity

수전달 진동을 일으키는 공구(Table 3)와 직업(Table 4)이 다양하며, 노출되는 근로자 수는 상당한 것으로 보고되고 있다. 1997년에 영국에서 주당 1회 이상 수전달 진동에 노출된 남성 근로자 수는 420만명이라고 추정하였고(Palmer et al., 2000), 미국 NIOSH의 직업 노출조사에서는 약 145만명이 진동공구를 사용한다고 보고하였다(NIOSH, 1989). 국내에서는 착암기 사용 근로자에게서 수지진동 증후군의 유병률을 12.6%, 22.8%로 보고하였으며(Roh, 1981; Roh et al., 1988), Yim et al.(2000)은 그라인더 사용에 의한 수지진동 증후군 6례를 보고하였다. 또한 Park과 Yim (2000)은 경기, 인천지역 근로자를 대상으로 수지진동 증후군 증상 유병률 조사를 통하여 46.8%의 증상 유병률을 보고하였으며, Choi et al.(2003)은 부산, 울산, 경남지역 직업병감시체계를 이용하여 21,000명의 근로자 중 154명의 근로자를 수지진동 증후군 의심 환자로 분류하였다.

본 연구에서는 수전달 진동으로 인한 인체의 건강영향에 대해 알아봄으로써, 수지진동 증후군을 포함한 건강장해의 예방 및 관리에 필요한 기초 정보를 알아보고자 한다.

Table 3. Some tools associated with HAVS

Drill	Grinders
Jack-leg	Pedestal grinders
Stoper	Disc grinders
Plugger	Swing-beam grinders
Hammer	Angle grinders
Jack Hammer	Straight grinders
Spade	Orthodontic
Diamond	Sanders/buffers
Dental	Orbital sanders
Guns	Oscillating(jitter-bug)
Hilte	Rotary burrs
Rivetting	Floor polishers/buffers
Chipping	Saws
Fettling	Chain
Needle	Brush
Kango	Band
Impact	Concrete
Wrenches	Block
Pneumatic screwdrivers	Other
Pneumatic knives	High-pressure hoses
	Swaging
	Vibrating pokers(concrete)
	Grass trimmers

Table 4. Some occupations associated with HAVS and type of tool

Occupation	Type of tools
Assembly workers	Wrenches, screwdrivers, grinders, sanders, buffers
Aircraft	
Vehicle	
Auto body shop workers	Wrenches, screwdrivers, grinders, sanders, buffers, pneumatic knives
Bricklayers	Block saws
Drop forge workers	Handles and tongs
Carpenters	Saws, screwdrivers, wrenches, needle guns
Construction workers	Guns(various), jack hammers, vibration pokers
Die shop workers	Drills(various)
Electricians	Hilte guns, screwdrivers
Foresters	Chainsaws, brush saws
Foundrymen	Grinders(various), fettling, chipping guns

Table 4. Some occupations associated with HAVS and type of tool (Continued)

Occupation	Type of tools
Ironworkers	Wrenches, grinders(various)
Laborers	Jack hammers, vibrating pokers, concrete saws
Mechanics	Wrenches, grinders
Millwrights	Grinders, impact wrenches
Miners	Drills(various)
Pipefitters	Hilte guns
Press operators	Handles and tongs
Riveters	Riveting guns, wrenches

2. Health Effect of Hand-arm Transmitted Vibration

수전달 진동이 인체에 미치는 영향은 크게 창백지(Vibration induced white finger)를 대표로 하는 순환기계 이상, 손가락의 감각이상과 운동기능의 이상을 포함하는 신경계 이상 및 근골격계 이상으로 나누어지며 그 외에도 수전달 진동으로 인한 많은 건강영향들이 연구 중에 있다.

2.1 Circulatory disturbance(white finger)

창백지는 진동으로 인한 레이노드 현상의 다른 이름으로 진동공구를 사용하는 직종에서 직업병으로 인지되어 왔으며, 유병률은 진동공구를 사용하는 근로자에게서 5~80%로 다양하게 보고되고 있다(Griffin, 1990). 진동공구를 사용한 사람은 사용하지 않는 사람에 비하여 한랭반응에 대하여 피부온도가 더욱 저하되는 현상을 보이며, 이는 혈관수축에 의한 혈류량의 감소로 설명되고 있다(Okada, 1971). 수전달 진동에의 노출은 부신 수질과 말초 교감신경말단에서 분비되는 신경전달물질인 노르에피네프린을 증가시키고, 이로 인한 수부의 혈관수축이 레이노드 현상에 기여한다. 더불어서 신경의 허혈에도 영향을 미치고, 이러한 영향은 진동의 강도와 빈도수에 비례한다(Egan, 1996).

수전달 진동은 중추 혈관수축반사(central vaso-constrictor reflex)를 강화시킴과 동시에 말초 혈관벽 두께의 증가, 내피손상, 수용체들의 변화 등을 일으켜 혈관수축이 쉽게 일어나게 한다. 창백지 발생에는 물리적인 혈관수축 뿐만이 아니라 면역인자나 혈액의 점도 변화와 같은 다양한 인자들이 관여하는 것으로 알려져 있다(Bovenzi, 1997).

2.2 Sensory and motor disturbance

말초, 특히 손가락의 저림, 무감각, 촉각의 상실, 미세 동작 정확도의 감소 등은 진동공구를 사용하는 근로자에게서 흔히 볼 수 있는 신경이상 증상이다. 감각신경 이상은 연구에 따라 수 퍼센트에서 80%까지 보고되고 있다(Bovenzi, 1997).

손가락의 무감각, 촉각의 상실과 같은 감각신경 이상의 기전은 진동으로 인한 피부의 여러 가지 기계적 수용기(Meissner's corpuscle, Pacinian corpuscle, Merkel cell neurite complexes, Ruffini endings)의 이상과 수용기의 구심성 신경 손상에 의한 것으로 생각되고 있다. 전자현미경 연구에 의하면 수전달 진동에 노출된 사람의 손가락 조직에서 신경주위의 섬유화, 탈수초, 축삭변성, 신경섬유 소실이 발견되며, 수전달 진동으로 인한 신경이상은 운동이상 보다는 감각이상을 일으킨다(Peter, 2000). 감각신경 이상은 진동에의 노출이 지속적일수록, 노출의 기간이 길수록, 평생 동안의 축적된 노출의 정도가 클수록 증가하는 것으로 알려져 있다(Bovenzi, 2005).

진동감각의 저하와 민첩한 손기술 같은 운동기능의 저하 또한 수전달 진동에 의해 나타날 수 있다. 수전달 진동에 의한 신경 손상은 운동신경보다 감각신경에서 더 심한데, 이러한 운동기능의 저하는 수전달 진동에 의한 신경이상보다는 감각이상에 의한 피드백 장애가 운동기능 이상에 기여한 것으로 보인다(Flodmark, 1997).

몇몇 연구에서는 진동의 노출과 수근관 증후군(Carpal Tunnel Syndrome)간의 연관성을 제시하고 있다. 수근관 증후군은 손, 손목 등을 반복적으로 사용하거나, 수공구를 이용하는 근로자에게 빈발하는 신경계 질환이다. 그러나 수근관 증후군과 수전달 진동과의 관계를 독립적으로 밝힌 연구는 아직 없으며, 진동을 제외하고도 수완진동 증후군이 호발하는 직종과 수근관 증후군이 호발하는 직종은, 많은 직업적 위험인자를 공유하고 있어 추가적인 연구가 필요하다(NIOSH, 1997).

2.3 Bone and joint disorders

수전달 진동과 관련된 뼈와 관절 질환은 논란이 많은 영역이다. 많은 연구에서 수전달 진동과 상지의 여러 질환을 연결시키고 있으나, 진동과 질환과의 특이 관계를 증명하지 못하였다(European Committee, 1996).

초기의 영상의학적인 연구에서는 수전달 진동에 노출된 근로자에게서 상지의 액포(vacuole) 및 낭포(cyst)의 유병률이 높은 것으로 알려졌으나, 이는 공구를 이용함에 있어서 가해지는 힘 및 인간공학적 인자에 영향을 많이 받는 것

으로 알려졌다. 최근의 연구에서 수전달 진동과 이러한 질환의 발생의 증가는 연관성이 없는 것으로 나타났다(Bovenzi, 1997).

손목 골관절염과 팔꿈치 관절증 및 골증식증의 위험도가 50Hz 미만의 낮은 진동수의 진동공구를 이용하는 광부, 건설 근로자 등에서 증가하는 것으로 보고되었으며(European Committee, 1996), 월상골 연화증(Kienbock's disease)과 주상골의 가성관절증의 유병률 증가도 몇몇 연구에서 보고되었다. 그러나 많은 연구에서 상지의 뼈나 관절 질환과 진동공구와의 연관성은 없는 것으로도 보고되었는데, 이는 진동과 더불어 뼈와 관절의 과도한 힘, 비정상적인 자세, 그리고 여러 가지 인자들이 합쳐져서 질병을 일으키는 것으로 생각되기 때문이다. 따라서 현재까지 수전달 진동과 뼈나 관절 질환의 관련성은 명확히 알 수 없다(Bovenzi, 1997; European Committee, 1996).

2.4 Muscle and tendon disorder

수전달 진동에 오랜 기간 노출된 근로자들은 근육 힘의 약화, 팔과 손의 통증 등의 증상을 호소한다. 실험실 연구에서는 30Hz에서 480Hz까지의 진동에 노출된 쥐의 근육조직의 파괴와 근육 세포막의 투과성 증가가 발견되었다(Lundborg, 1987). 진동에의 노출은 악력을 약하게 하는 것으로 보고되었으며, 몇몇 보고에서는 근피로로 인한 장해를 보고하기도 하였다. 진동으로 인한 직접적인 근육의 손상이나 말초 신경 손상이 이러한 근육 증상의 원인으로 생각되고 있다. 이러한 증상 이외에도 건염(tendinitis), 건초염(tenosynovitis), 뒤퓌트렌 수축(Dupytren's contracture)과 같은 질병의 발생 또한 수전달 진동에 노출된 근로자에게서 발생한 것으로 보고되었다(NIOSH, 1997). 수근관의 형태를 직접 측정하기 위하여 실용성과 비용-효과적인 면을 감안한 초음파검사를 이용하여 손목비 및 수근관비를 측정하여 수근관 증후군과의 상관성을 보고하였다(Kim et al., 2002).

수전달 진동에 노출된 근로자에게서 손가락과 손이 붓는 것은 흔한 증상인데, 보통 경증이거나 오래 지속되지 않는다(Palmer, 1975). 그러나 드물게는 붓기가 심하거나 오래 지속될 수 있으며, 이차적인 수근관 증후군과 함께 혈관부종(angioedema)이 발생된 사례가 보고된 바 있다(Wener, 1983).

2.5 Others

손가락과 마찬가지로 발가락도 진동판대 같은 것으로 인하여 국소적인 진동에 노출될 수 있고, 수완진동 증후군과 유사한 증상이 발생할 수 있다(Sakakibara, 1988). 국소진동에 의한 족부의 창백은 일본에서 주로 1960년대부터 1990년대까지 보고되었으며, 대부분 객관적인 검사보다는 증상 위주로 보고하였다(Toibana, 1994). 발가락의 레이노드 현상은 국외에서 몇 차례 보고된 바 있으며, 국내에서도 Choy et al.(2008)이 착암기 사용시 발로 착암기를 고정하여 사용하여 직접적으로 족부에 진동 노출이 있었던 근로자에게서 발생한 족부 레이노드 현상을 보고하였다. 족부의 레이노드 현상은 수완진동 증후군과 같은 직접 진동으로 인한 영향 뿐 아니라, 수전달 진동으로 인한 교감신경활성화로 인한 전신적인 영향도 질병 발생에 기여했을 것으로 생각된다.

진동공구를 사용하는 근로자는 청력 손실이 증가하는 것으로 오래 전부터 보고되어 왔다. 진동공구가 소음을 발생시킬 뿐만이 아니라, 국소진동이 일으킨다고 알려진 교감신경의 항진, 혈관수축들의 생리적인 변화는 소음이 난청을 일으키는 생리적인 기전과 유사하므로 소음과 더불어 상승효과(synergic effect)를 일으키거나 난청을 발생시킬 수 있다는 가설을 기초로 한 것이다(Pinter, 1972; Iki et al., 1990).

실험실 연구에서 중이 및 측두부 수술 시 절개에 사용되는 절개톱의 사용 시 진동의 강도가 강해짐에 따라 청력의 역치가 증가하였다는 보고가 있으나(Zou et al., 2001), 두부의 진동에 의한 비가역적 청력 손상이 발생하기 힘들고, 수부의 국소 진동이 손목, 주관절, 상완 부위를 거치면서 감쇠된다는 결과를 볼 때 수부의 진동 노출이 와우까지 전달될 기회는 많지 않을 것으로 보여(Yoon et al., 2011), 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3. Conclusion

수전달 진동은 진동에 노출되는 말초에 순환기계, 신경계, 근골격계 이상을 초래하여, 창백지, 감각 · 운동 이상 등의 증상을 포괄하는 수완진동 증후군을 일으킨다.

국소 진동을 일으키는 진동공구의 종류가 매우 다양하며, 그것을 사용하는 직업 또한 굉장히 다양하고, 국소 진동에 노출되는 사람이 많음에도 불구하고, 국소 진동 관련 연구는 국내에서는 활발하지 않았다. 외국의 경우에도 6, 70년대를 시작으로 제조업, 건설업 등의 산업의 발전에 따라 수전달 진동에 대한 연구가 활발하게 이루어졌으나, 최근에는 그 정도가 현저하게 줄어든 상태이다. 이는 국소 진동이 인체에 미치는 영향이 과거부터 알고 있던 수완진동 증후군 이외에 특별한 건강영향이 밝혀지지 않았으며, 일부 이러한 증상은 진동에 노출되지 않으면 가역적이고, 자동화 및 진동 저감장치의 발달로 인하여 과거보다 국소 진동에 노출되는 근로

자의 감소도 일부 기여했을 것으로 생각된다. 또한 과거에는 수전달 진동에 의한 증상에 대한 유병률 등의 연구가 많았다면, 현재에는 증상의 조기 발견법에 대한 연구와, 진동 노출을 저감시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 주로 이루어지고 있어, 그 연구의 경향 또한 변화하고 있다.

수전달 진동의 인체영향이 밝혀진 지 오래됐음에도 불구하고, 아직까지 많은 사람이 수전달 진동에 노출되고 있으며, 아직까지도 진동의 노출에 따른 수완진동 증후군의 진단 기준에 대한 논의가 최근까지도 진행되고 있는 실정이다. 그러므로 앞으로는 수전달 진동에 의하여 발생한 혈관, 신경, 근골격계 증상을 객관적으로 조기 발견할 수 있는 검사법의 연구와 함께 진동에 대한 노출을 줄이기 위한 인간공학적 고려, 명확한 선별 기준의 마련이 필요하며, 근로자들의 건강증진에 더욱 도움이 되는 실제적인 방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

References

Bovenzi, M., *Hand-transmitted vibration*, In Stellman JM (ed)., Encyclopaedia of Occupational Health & Safety, 4th ed., Geneva, International Labour Office, 1997.

Bovenzi, M., Health effects of mechanical vibration, *Giornale Italiano Di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia*, 27(1), 58-64, 2005.

Choi, Y.H., Yoo, C.I., Lee, J.H., Lee, C.R., Lee, H., Kim, Y.W., Chae, C.H., Koh, S.B., Kim, E., Lee, L.J. and Kim, Y.H., Epidemiologic characteristics of hand-arm vibration syndrome through occupational disease surveillance system in Busan, Ulsan, Kyungnam province, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 15(3), 261-268, 2003.

Choy, N., Sim, C.S., Yoon, J.K., Kim, S.H., Park, H.O., Lee, J.H. and Yoo, C.I., A case of Raynaud's phenomenon of both feet in a rock drill operator with hand arm vibration syndrome, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 20(2), 119-126, 2008.

Egan, C.E., Espie, B.H., McGrann, S., McKenna, K.M. and Allen, J.A., Acute effect of vibration on peripheral blood flow in healthy subjects, *Occupational and Environmental Medicine*, 53, 663-669, 1996.

European Committee for Standardization, *Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body*, CR Report 12349., Brussels, CEN, 1996.

Flodmark, B.T. and Lundborg, G., Vibrotactile sense and hand symptoms in blue collar workers in a manufacturing industry, *Occupational and Environmental Medicine*, 54, 880-887, 1997.

Gemne, G., Pyykkö, I., Taylor, W. and Pelmear, P.L., The Stockholm Workshop Scale for the classification of cold induced Raynaud's phenomenon in the hand-arm vibration syndrome (revision of the Taylor-Pelmear scale), *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 13, 275-278, 1987.

Griffin, M.J., *Handbook of human vibration*, Academic press, London, 1990.

Hamilton, A., *Effects of the Airhammer on the Hands of Stonecutters, Industrial Accident and hygiene Series*. Bureau of Labor Statistics/ Department of Labor report no.19, bullentin no. 236, Wasington, DC., U.S Government Pringting Office, 1918.

Iki, M., Kurumatani, N., Moriyama, T. and Ogata, A., Vibration-induced white finger and auditory susceptibility to noise exposure, *Kurume Medical Journal*, 37, S33-44, 1990.

Kim, D.S., Cheong, H.K., Lim, H.S., Kwon, Y.W., Lee, J.M., Cho, D.H. and Choi, D.S., Carpal tunnel configuration measured by ultrasonography as a risk factor of carpal tunnel syndrome in motor part manufacturing workers, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 14(3), 213-226, 2002.

Lundborg, G., Intraneural edema following exposure to vibration, *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 13, 326-329, 1987.

NIOSH, *Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hand-arm vibration*, Cincinnati, Ohio, U.S Department of health and Human Service, 1989.

NIOSH, *Musculoskeletal disorders and workplace factors*, Publication no. 97-141, Washington, DC., DHHS, NIOSH, 1997.

Okada, A., Yamashita, T., Nagano, C., Ikeda, T., Yachi, A. and Shibata, S., Studies on the diagnosis and pathogenesis of Raynaud's phenomenon of occupational origin, *British Journal of Industrial Medicine*, 28, 353-357, 1971.

Palmer, K.T., Griffin, M.J., Bendall, H., Pannett, B. and Coggon, D., Prevalence and pattern of occupational exposure to hand transmitted vibration in Great Britain: finding from a national survey, *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 218-228, 2000.

Park, H.S. and Yim, S.H., An investigation of the symptom Prevalence of hand-arm vibration syndrome among the workers using powered hand tools, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 19(3), 93-107, 2000.

Pelmear, P.L. *et al*., *Clinical Tests for Vibration White Finger*. In: Vibration White Finger in Industry, Academic Press, London, 1975.

Peter, L.P. and David, L., Review of occupational standards and guidelines for hand-arm (Segmental) vibration syndrome (HAVS), *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(3), 291-302, 2000.

Pinter, I., *Hearing loss of forest workers and of tractor operators (interaction of noise with vibration)*, Proceedings of the international congress on noise as a public health problem, Washington, The USA Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control, 1973.

Roh, J.H., Prevalence of the vibration syndrome among rock-drillers in the anthracite mining area, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 14(1), 75-80, 1981.

Roh, J.H., Moon, Y.H., Shin, D., Cha, B.S. and Cho, S.N., Change of skin temperature of workers using vibrating tools in anthracite mines, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 21(2), 357-364, 1988.

Sakakibara, H., Akamatsu, Y., Miyao, M., Kondo, T., Furuta, M., Yamada, S., Harada, N., Miyake, S. and Hosokawa, M., Correlation between

vibration induced white finger and symptoms of upper and lower extremities in vibration syndrome, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 60, 285-289, 1988.

Toibana, N., Ishikawa, N., Sakakibara, H. and Yamada, S., Raynaud's phenomenon of fingers and toes among vibration-exposed patients, *Nagoya Journal of Medical Science*, 57, S121-128, 1994.

Wener, M.H., Metzger, W.J. and Simon, R.A., Occupationally acquired vibratory angioedema with secondary carpal tunnel syndrome, *Annals of Internal Medicine*, 98, 44-46, 1983.

Yim, S.H., Kim, R.H., Yang, G.S., Yang, J.I., Kim, S.S., Chun, H.J. and Park, S.B., 6 Cases of hand arm vibration syndrome in grinding workers exposed to hand-arm vibration, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 12(3), 421-429, 2000.

Yoon, J.K., Yoo, C.I. and Lee, J.H., Effect of hand transmitted vibration on the auditory system. *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 23(1), 18-30, 2011.

Zou, J., Bretlau, P., Pyykkö, I., Starck, J. and Toppila, E., Sensorineural hearing loss after vibration: an animal model for evaluating prevention and treatment inner ear hearing loss, *Acta Otolaryngolica*, 121, 143 -148, 2001.

Author listings

Jung-Wan Koo: jwkoo@catholic.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Public Health, Graduate School of The Catholic University of Korea

Position title: Professor, Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea

Areas of interest: Musculoskeletal Disorder, Occupational and Environmental Medicine

Date Received : 2013-07-02

Date Revised : 2013-07-24

Date Accepted : 2013-07-25