

Comparative study of the Korean Regulations, Standards and Guidelines for the Human Vibration with Other Countries

Day Sung Kim¹, Dong-Kyung Lee², Kyoo Sang Kim³

¹Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, Incheon, 403-711

²Education and Training Institute, KOSHA, Incheon, 403-711

³Department of Environment & Occupational Medicine, Seoul Medical Center, 131-865

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to review the literatures on the regulation, standard and guideline for the human vibration in Korea and other countries. **Background:** This review can be used to prevent various diseases caused by the human vibration as a basis for the development of the policy. **Results:** In Korea, the general employers' duties related to human vibration are set forth the Health Measures(Article 24) in the Occupational Safety and Health Act. And then an employer shall take measures to protect the health of the workers concerned by improving other working conditions relating to working hours for the vibration prevention measures referred to in Article 24 of the Act. The European Union adopted a Directive in 2002 on minimum requirements for the health and safety of workers exposed to vibration. New Regulations on Vibration at Work will be introduced in Great Britain on 2005 to implement the Directive. In the U.S., both ANSI and ACGIH adopted the ISO standard for measurement and suggested exposure action and limit values. In Japan, the Ministry of Labor decided that the vibration syndrome among operators of rock drills and riveters etc. could be included in an occupational disease(1947). In addition, ISO standard was based on proposals and draft documents of many countries such as U.K, Japan and European, etc. **Conclusion:** In Korea, Occupational Safety and Health Act prevent vibration to health, but do not include exposure limits. It is therefore important to consider the new duties regarding to vibration risks added to the general duties.

Keywords: Human vibration, Hand-Arm vibration, Whole-Body vibration, Musculoskeletal disorders

1. Introduction

진동이란 어떤 물체가 외력에 의하여 평형상태에 있는 위치에서 전후, 좌우 또는 상하로 흔들리는 것으로 정의하고 있으나, 소음·진동관리법 제2조(MOLEG, 2013) 및 안전보건기술지침(KOSHA, 2012)에는 '기계·기구·시설, 그

밖의 물체의 사용으로 인하여 발생하는 강한 흔들림으로 정의하고 있다. 동법은 공장, 생활환경, 교통 등에서 발생하는 진동이 주변지역, 주변 인구에 어떠한 영향을 주느냐를 검토하기 위해 생활진동 환경평가, 공장진동 배출평가, 교통진동 배출평가 등을 통해 배출허용기준에 따라 진동을 규제하고자 규정되었다. 다만, 산업현장에서는 진동이 발생하는 기계·기구를 사용하는 근로자에게 어떠한 영향을 주느냐에 따

Corresponding Author: Day Sung Kim. Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA, Incheon, 403-711.

Phone: +82-32-510-0838, E-mail: ergoman@kosha.net

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>

라 이에 대한 건강장해를 예방하는 것을 목적으로 한다.

이러한 인체진동은 생체에 작용하는 기진과 전파되는 범위에 따라 전신진동과 국소진동으로 구분된다. 전신진동은 트랙터, 대형차량, 선박, 항공기, 기중기, 분쇄기 등과 같은 지지 구조물을 통해서 전신에 전파되는 진동이며, 주로 요통, 소화기관, 생식기관의 장애, 신경 계통의 변화 등을 유발하는 것으로 알려져 있다. 국소진동은 임팩트 렌치, 착암기, 연마기, 굴착기, 전기 톱, 체인톱 및 그라인더 등과 같이 손과 같은 신체의 특정부위에 국소적으로 전달되는 진동을 의미하며, 레이노드 증후군(Raynaud's Syndrome)과 같은 신경계 질환과 말초신경 장애, 근골격계질환 등이 발생하는 것으로 알려져 있다.

그럼에도 불구하고, 국내의 진동에 관련된 연구들은 전신 또는 국소진동에 대한 측정과 평가에 치우쳐 있고, 건강장해와 직접적 관련성에 대한 연구는 많지 않은 것으로 조사되었다. 무엇보다 독자적인 측정방법이나 평가, 규제기준 등에 대한 연구는 미흡한 상황이다.

따라서, 본 연구는 인체진동에 대한 국내외 규제, 표준 및 가이드라인에 대해 전반적으로 고찰함으로써 제도보완 및 향후 인체진동 관련 연구활동의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. Background

인체진동에 대한 국·내외 제도에 대한 고찰을 위해 본 연구에서는 다양한 국내의 규제, 표준 및 가이드라인을 수집하였다. OSHA, HSE, WISHA, IAPA, CCOHS, WorkSafe BC 등 외국의 산업안전보건 유관기관에 대한 법안, 연구보고서 및 기술지침 자료를 조사하였고, Science Direct, EBSCOhost, KSI KISS, Scientific Commons 등의 주요사이트를 통해 'Vibration' 또는 '진동', '인체진동' 등의 단어 검색을 통해 연구논문 등의 자료도 조사하였다. 특히, 산업안전보건연구원에서 수행한 다양한 연구보고서(Jang et al., 2004; Lee et al., 2006; Kim et al., 2011)을 중심으로 연구를 진행하였다.

2.1 Review of the regulation in Korea

진동과 관련된 국내 제도를 살펴보면, 산업통산자원부의 광산보안법 시행규칙 제6절 '진동에 의한 광해방지기준'이 있고, 앞에서 언급한 환경부의 규제인 소음·진동관리법 제2조에 진동에 대한 정의와 더불어, 정온한 생활환경을 유지하기 위하여 사업장, 공사장 및 교통현장 등에서 발생하는 진동을 규제하고자 허용기준을 마련하였다(MOLEG, 2013).

1990년대 중반부터 국소진동 노출평가 관련 연구가 시작되었고, 이 시기의 국제사회 국소진동 연구는 국제표준화기구(International Organization for Standardization; ISO)에서 제시한 ISO 5349(1986)에 의해 측정 및 평가가 이루어졌다. 이에 우리나라에도 국소진동에 대한 측정·평가기준의 필요성이 대두되었다(Kim et al., 2011). 진동에 관한 기준은 2000년도에 한국산업안전보건공단 안전보건기술지침으로 '국소진동 측정 및 평가지침'을 마련했으며, 산업안전보건법에서는 진동에 관한 규정으로 법 제24조(보건조치) 제2호에서 진동에 의한 건강장해 예방을 위하여 사업주가 필요한 조치를 취하도록 하였다. 다만, 2003년에 하부규정이 제정되기 전까지 원활하게 시행되지 못하였다. 또한, 산업안전보건법 제43조(건강진단) 및 동법 시행규칙 제98조에 관련 사항이 규정되어 있다.

인체진동이 발생하는 기계·기구를 사용하는 사용자의 건강장에 예방을 위한 구체적으로 내용을 살펴보면, 상위법인 산업안전보건법 제24조(보건조치) 제2호에 '방사선·유해광선·고온·저온·초음파·소음·진동·이상기압 등에 의한 건강장해를 통해 진동에 대한 예방의무를 규정하고 있고, 시행령 제32조(유해·위험작업에 대한 근로시간 제한 등)를 통해 '착암기 등에 의하여 신체에 강렬한 진동을 주는 작업'에 대하여는 작업시간과 휴식시간을 적정하게 배분하고, 근로조건을 개선토록 규정하고 있다. 또한, 산업안전보건법 제43조(건강진단) 및 동법 시행규칙 제98조에 따라 진동작업에서 발생하는 진동에 근로자를 종사하도록 하는 경우 특수 건강진단을 받도록 강제하고 있다.

또한, 산업안전보건기준에 관한 규칙 '제4장 소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방'에 진동을 발생시키는 기계·기구의 명칭이 열거되어 있으며, 사업주는 근로자를 진동작업에 종사시키는 경우 필요한 교육을 실시하고 보호구를 지급하는 등의 조치를 강구하도록 하였다. 동 규칙 제512조 4호에 진동을 발생시키는 기계·기구로 착암기, 동력을 이용한 해머, 체인톱, 엔진 컷터, 동력을 이용한 연삭기, 임팩트 렌치, 그 밖에 진동으로 인하여 건강장해를 유발할 수 있는 기계·기구를 사용하는 작업을 진동작업으로 정의하고 있다. 이러한 작업에는 진동보호구 지급, 유해성 등의 주지, 사용설명서의 비치, 관리를 하도록 규정하고 있다(Table 1). 또한, 동 규칙 제656조에서 진동으로 인해 발생하는 건강장해로 대표적인 근골격계질환에 대해 유해요인조사를 통해 질환을 예방토록 정하고 있다.

권고기준인 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)에는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편(보건기준) 제4장(소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방)의 규정에 의거 진동발생 기계·기구를 사용하는 작업에 종사하는 근로자의 건강장해 예방과 관련하여 실시하는 '국소진동의 측정과 평가방법'을

Table 1. Vibration rules on the local rule on occupational safety and health standard in Korea

Articles	Contents
Article 518 (Distribution of personal protective equipment for vibration, etc)	An employer, where he has workers engaged in vibration work, shall distribute vibration personal protective equipment such as vibration proof gloves.
Article 519 (Reminding of harmfulness, etc)	Where workers are engaged into vibration work and cause inform workers of the matters falling under any of the following subparagraphs: 1. Effect on human body and its symptoms. 2. Personal protective equipment selection and its wearing method. 3. Vibration machine · apparatus management method. 4. Vibration hazard prevention method.
Article 520 (Placement of vibration machine · apparatus user manual, etc)	An employer shall place vibration machine · apparatus user manual in a workplace where workers are engaged in vibration work.
Article 521 (Vibration machine · apparatus management)	An employer shall manage vibration machine · apparatus to ensure its normal operation by regularly checking and repairing it.

제정(2000)한 이래 수 차례 개정되었다(KOSHA, 2012). 이는 ISO 5349-1, ISO 5349-2, 미국표준협회(American National Standards Institute; ANSI)의 ANSI S3.34-1986, 미국산업위생가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 ACGIH TLV for Vibration와 같은 국외의 진동관련 규제, 표준 및 가이드라인을 참고하여 국소진동의 정의, 국소진동 노출 측정 · 평가에 영향을 주는 요인, 국소진동 측정준비, 국소진동의 측정, 국소진동의 평가, 국소진동에 대한 1일 노출량 권고기준을 규정하고 있다. 1일 노출량 권고기준은 8시간을 기준으로 일일 진동 노출량은 $5.0m/s^2$ 를 초과하지 않도록 하고 있다.

인체진동의 측정 · 평가기준과 관련된 한국산업표준(Korean Industrial Standard; KS)은 Table 2와 같이 ISO를 준용하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 주로 인체진동에 대한 측정방법, 평가, 건강에 대한 영향 및 진동 노출수준 등을 기술하고 있다(KSA, 2013).

2.2 Review of the regulation in other countries

선진국에서는 오래 전부터 산업현장에서의 진동 노출을 제

Table 2. List of Korean standard related to vibration

Standard code	Standards
KS B ISO 2631-1	Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements
KS B ISO 2631-2	Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 2: Vibration in buildings(1Hz to 80Hz)
KS B ISO 2631-4	Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guide way transport systems
KS B ISO 2631-5	Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks
KS B ISO 5349-1	Mechanical vibration-Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration-Part 1: General requirements
KS B ISO 5349-2	Mechanical vibration-Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration-Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace

한하는 강제적인 규정을 시행해오고 있는데, 최초의 규제는 1955년 (구)소련의 보건규정(USSR Hygiene Regulation 191-55)이다. 이후 일본, 유럽, 미국 등 많은 나라에서 단체별 혹은 국가별로 법규나 시행령 등이 제정되어 시행되고 있다(Kim et al., 2011).

(구)소련의 보건규정에서는 최초로 100Hz 이상의 주파수에서 최대 허용 가능한 진동의 크기를 0.005mm 제한하였다. 이후에 Andreeva-Galanina는 100Hz의 주파수 범위에서 허용된 높은 진동이 관절에 영향을 주는 것을 예방하기 위하여 주파수 기준을 64Hz로 개정토록 제안하였고, Louda는 진동의 전달 크기와 피대상물의 지각 정도에 대한 연구에 근거하여 새로운 기준을 제안하였다. 동 연구결과는 체코슬로바키아 보건위생규정(Czechoslovakian Ministry of Health Hygiene Regulation No. 33(1967)의 형성에 영향을 주었는데, 8Hz에서 500Hz의 옥타브 밴드에서 진동을 측정하도록 하였고, 시간에 따른 진동가속도 값을 규정하였는데 이는 ISO 5349(1979)의 내용에 지대한 영향을 미쳤다(Griffin, 2003).

ISO에서 손으로 전달되는 진동에 대한 국제기준을 마련하는데 15년이란 시간이 걸렸다. 이러한 협의는 1969년 체코슬로바키아(시간에 대한 중속성)와 1970년 일본(주파수 가중값)으로부터의 제안에서 시작되었다. 이 초안은 대부분 국

가의 승인으로 채택되었으나 국제기준이 되지 못하고 두 번째 버전이 준비되었고, 1984년 DIS 5349(2)로 발표되었다. 수정된 두 번째 버전은 1986년 ISO 5349로 발표되었다. 그 후 수 차례의 개정을 거쳐 현재는 2001년 ISO 5349-1과 5349-2가 사용되고 있다(Griffin, 2003).

이러한 ISO의 기준은 유럽연합이 진동에 대한 기준을 제정하여 관련국가들로 하여금 자국기준을 마련하는데 도움을 주었고, 유럽 각 국은 진동으로 인한 장해예방을 위해 ISO의 기준을 널리 사용하되, 저마다 각 국의 지침, 기준, 규격으로 채택하고 있다.

2.2.1 European union

유럽연합(European Union, EU)은 인체진동에 대한 건강 영향을 예방하기 위해 두 가지 측면에서 접근하고 있다. 하나는 사업주에게 의무를 부과함으로써 진동의 노출로부터 작업자를 보호하도록 하고 있으며, 다른 하나는 EU에 판매되는 기계·기구에 대한 진동 범위를 제한하고자 제조업자

와 공급업자에게 의무를 부과하고 있다. 이는 다국가 유럽경제공동체(European Economic Community; EEC)의 형성과 연이은 구성 국가 무역 장벽제거와 함께 EEC 참여 국가에서 제조되거나 수입되는 다양한 종류의 상품에 대해 일련의 기준을 만드는 것이 불가피했기 때문이다. 또한 EEC 근로자를 상품과 국소 및 전신진동을 포함한 물리적 인자에 의한 직업적 유해로부터 보호할 필요가 있었다. 본질적으로 기준 대신에 규정규칙과 기술적 정보가 포함된 일련의 지령을 발표하였다. 참가 국가가 이 기준을 채택하면, 법적으로 구속력이 있고 EEC 참여 국가가 국내 생산 제조업자와 수입업자 모두 동일한 순응을 확인하는데 사용한다. 그러므로 생산품은 진동 및 문서화된 관련 기술적 검사 과정에 대해 라벨을 붙이기를 요구하는 특정 지령을 만족시켜야 한다. 각 EEC 상품 지령을 충족시키는 제조업자는 시장과 다른 구성 국가에 그들 상품을 파는데 허가를 받는다. 이때 기계적 진동에 대한 EEC 지령의 대부분은 ISO 5349에서 가져왔다(Nelson and Brereton, 2005; Lee et al., 2006).

Table 3. Regulation for vibration of EU(Directive 2002/44/EC)

Titles	Contents
Determination and assessment of risks	<ul style="list-style-type: none"> - The level, type and duration of exposure, including any exposure to intermittent vibration or repeated shocks; - The exposure limit values and the exposure action values laid down in Article 3 of this Directive; - Any effects concerning the health and safety of workers at particularly sensitive risk; - Any indirect effects on worker safety resulting from interactions between mechanical vibration and the workplace or other work equipment; - Information provided by the manufacturers of work equipment in accordance with the relevant Community Directives; - The existence of replacement equipment designed to reduce the levels of exposure to mechanical vibration; - The extension of exposure to whole-body vibration beyond normal working hours under the employer's responsibility; - Specific working conditions such as low temperatures; - Appropriate information obtained from health surveillance, including published information, as far as possible.
Provisions aimed at avoiding or reducing exposure	<ul style="list-style-type: none"> - Other working methods that require less exposure to mechanical vibration; - The choice of appropriate work equipment of appropriate ergonomic design and, taking account of the work to be done, producing the least possible vibration; - The provision of auxiliary equipment that reduces the risk of injuries caused by vibration, such as seats that effectively reduce whole-body vibration and handles which reduce the vibration transmitted to the hand-arm system; - Appropriate maintenance programmes for work equipment, the workplace and workplace systems; - The design and layout of workplaces and work stations; - Adequate information and training to instruct workers to use work equipment correctly and safely in order to reduce their exposure to mechanical vibration to a minimum; - Limitation of the duration and intensity of the exposure; - Appropriate work schedules with adequate rest periods; - The provision of clothing to protect exposed workers from cold and damp.
Worker information and training	<ul style="list-style-type: none"> - The measures taken to implement this Directive in order to eliminate or reduce to a minimum the risks from mechanical vibration; - The exposure limit values and the exposure action values; - The results of the assessment and measurement of the mechanical vibration and the potential injury arising from the work equipment in use; - Why and how to detect and report signs of injury; - The circumstances in which workers are entitled to health surveillance; - Safe working practices to minimize exposure to mechanical vibration.

유럽연합 의회는 진동에 의한 위험으로부터 근로자를 보호할 목적으로 '물리적 인자(진동)에의 근로자 노출에 관한 보건안전 최소 요구기준(Directive 2002/44/EC)'을 2002년 6월 6일자로 발표하였다. 이에 따라 유럽연합의 회원국은 2005년 6월 6일까지 이 기준에 부합하는 자국기준을 마련하도록 강제하였다. Directive 2002/44/EC는 ISO 2631-1 (1997)의 건강평가 내용을 참고하여 표준화되었다. 이 기준에 대한 구체적인 내용은 Table 3과 같으며, 이는 기계적 진동으로부터 발생하는 안전보건상의 위험으로부터 근로자를 보호하기 위한 최소 기준이다(Nelson and Brereton, 2005; Jang et al., 2004).

사업주의 의무로는 2005년 6월 EU법을 통해 국소진동과 전신진동으로 인해 발생할 수 있는 안전보건상의 위험을 조사하고 통제하도록 규제하였는데, 조치의 내용은 진동 발생원을 제거하거나 최소로 줄이는 것으로, 위험과 노출에 대한 조사, 필요한 위험 개선대책을 계획하고 실행하는 것, 적절한 작업설비를 제공하고 유지보수 하는 것, 작업자에게 정보를 제공하고, 위험에 대한 교육을 실시하는 것과 위험 개선 프로그램의 효과를 위해 감시하는 것을 포함한다.

본 의무사항은 국소진동의 경우에는 ISO 5349-1(2001), 전신진동의 경우에는 ISO 2631-1(1997)을 참고하여 하루의 진동 노출량을 규정하고 있다. 이는 유럽연합표준(European Committee for Standardization: CEN)에는 포함되어 있지 않았으나, ISO 5349(2001)의 부분을 채택하였고, 'A(8)'방법을 사용하여 전신진동으로 인한 하루 노출량을 조사할 수 있는 가이드라인을 제공하는 새로운 표준을 채택하였다. 제조업자와 공급업자는 안전보건의 위험을 제거하거나 줄인 제품을 설계하도록 하기 위한 조치로써 안전하게 사용할 수 있는 정보를 제공해야 한다. 기계의 구조나 설계 시 진동의 발생을 최소화할 수 있는 특별한 조치를 하도록 의무를 부과하고 있다.

유럽에서는 노출기준과 관련하여서는 ISO의 기준을 전적으로 따르도록 규정하고 있다. ISO에서는 인체진동에 대한 실험결과를 이용하여 수직 및 수평진동에 대한 인체의 전신진동 노출에 관한 평가기준으로 ISO 2631(1974)을 제정하였으며, 1985년과 1997년 두 차례 개정을 실시하였다. ISO 2631에서는 건강(Health), 불편도(Comfort), 인지(Perception), 멀미(Motion Sickness) 등의 측면에서 작업자에게 영향을 줄 수 있는 수준인가에 대한 평가방법을 제시하고 있다. 이 중에서 건강(Health)영역에 제시된 조치가 필요한 관리기준으로 2.8m/s²와 넘지 말아야 할 노출 한계기준으로 5.6m/s²를 제시하고 있다. 학자에 따라 그 기준은 3.0m/s²와 6.0m/s²를 사용하기도 하지만, 국내 대부분의 연구들은 전자를 기준을 따르고 있다(ISO, 1997).

ISO 5349는 손을 통하여 팔로 전달되는 국소진동에 대한

평가기준으로, 6~1,250Hz의 주파수 범위에서 주파수 가중 에너지 등가 가속도를 이용한 국소진동 분석방법과 일일 4시간 노출에 대한 한계진동의 지침을 제시한 것이다. ISO 5349는 공인된 기준이라기 보다는 제안된 하나의 가설이라고 할 수 있다. 이 기준에 의하면, 1일 4시간씩 주파수 가중 가속도로써 7m/s² 이상의 국소진동에 노출되면 대부분의 사람은 10년 이내에 백지증을 보일 것으로 예측하고 있다(ISO, 2001). 국소진동에 대한 관리기준으로 2.5m/s², 노출 한계기준으로 5.0m/s²를 제시하고 있다. ISO 5349(1986)는 ISO 5349(2001)가 나오기 전에 설정된 기준으로 두 기준의 주요한 차이는 주파수 보정 등가에너지 가속도 값으로 노출을 평가하는 것으로써, 4시간을 기준으로 한 노출을 기준으로 할 것인가 8시간을 기준으로 할 것인가 하는 부분이다(ISO, 2002).

국소진동에 매일 노출되는 경우 EEC 지침의 요구사항은 Table 4와 같이 요약할 수 있다. 국소진동에 대한 1일 8시간 에너지등가 노출기준(Exposure limit)은 5m/s²로 하였고, 관리기준(Action limit)은 2.5m/s²로 규정하고 있으며, 근로자의 진동 노출이 정기적으로 8시간 교대 근무로 평균 2.8m/s²(4시간 매일 노출은 3.9m/s²)를 넘으면 예방조치를 권고하고 있다(Directive 2002/44/EC, 2002). 또한, 건강평가와 관련하여 노출시간과 변환 가속도에 대한 전신진동수준은 8시간 등가 주파수 가중 가속도 값(A(8))의 관리기준은 0.5m/s², 노출기준은 1.15m/s²로 규정하고 있다(Table 5). 간헐작업으로 인하여 일반적으로는 관리기준 이하이나 부분적으로 노출기준이 초과되는 날이 있는 경우 40시간 평균치로 노출기준이 초과되지 않도록 하되, 이 경우 1일 노출시간과 비교한 평가보다 위해성이 적음을 입증하여야 한다. 국소진동의 노출 측정·평가는 ISO 5349-1(2001)에 따라 실시하고, 국소진동의 노출 측정을 위한 장비의 조건은 ISO 5349-2(2001)에 따르도록 규정하고 있다.

Table 4. Exposure limit and action levels for hand-arm vibration of EU

Exposure values	Action levels
2.5m/s ²	The Daily Exposure Action Values. The employer shall establish and implement programme of measures intended to reduce to a minimum exposure to mechanical vibration, if the Action value is exceeded. Evaluation and control of the risk for the health leading to a reduction of vibrations.
5m/s ²	The Daily Exposure Limit Values. In any event, workers shall not be exposed above the exposure limit value. Worker's health preventive measures must be put in place.

Table 5. Exposure limit and action levels for whole body vibration of EU

Exposure values	Action levels
0.5m/s ²	The Daily Exposure Action Values. This value means the level of daily exposure for any employee which, if exceeded, requires specified action to be taken to reduce risk, such as periodic monitoring, training or medical surveillance.
1.15m/s ²	The Daily Exposure Limit Values. This value means the level of daily exposure for an employee which must not be exceeded.

이와 유사하게, 몇몇 유럽연합 국가 특히 독일, 아일랜드와 포르투갈은 국소진동에 대해 특수 법률이 있고 대부분 일반법에 참고기준이 있다. 덴마크, 프랑스, 독일, 네덜란드는 의학적 검사를 요구하고 있으며, 노출한계를 권고하고 있다. 예를 들어, 덴마크 3m/s²; 프랑스 7.5m/s²; 독일 2.5m/s²; 네덜란드 3m/s²이다. 이처럼, 몇몇 유럽 국가가 진동 노출 근로자 보호를 위해 예방지침을 잘 세우고 있다 (Lee et al., 2006). 또한, 유럽공동체에서는 Directive (2006/42/EC)에 의해서 2010년부터 기계류로부터 전달되는 진동이 손과 팔에 전달되는 국소진동의 경우 2.5m/s², 전신진동의 경우 0.5m/s²를 초과시 제품 사용설명서에 진동 가속도를 명시하는 것을 의무화하고 이러한 조치를 취하지 않으면 진동발생 기계류의 수출·입에 제한을 두어 진동에 의한 근로자 건강장해 예방에 노력하고 있다(Directive 2006/42/EC, 2006).

2.2.2 Great britain

영국에서는 1970년대 초 진동중후군에 대한 산업재해 자문회의의 조사와 관련하여 보건 및 사회보장부(Department of Health and Social Security, DHSS)에서 지원한 연구결과, 조사대상으로 선정된 제조업 분야에서 1984년과 1986년 사이에 영국 산업안전보건청(Health and Safety Executive, HSE)에서 수행한 조사로부터 약 130,000명의 근로자가 상대적으로 긴 기간 동안 수직 진동에 노출되었고 건설업에 종사하는 일용 근로자 약 22,000명이 매일 수직 진동에 노출되는 것으로 추정되었다(Lee et al., 2006).

영국의 진동에 관한 기준은 1975년 영국표준협회(British Standard Institute, BSI)가 잠정제출안(BS DD 43(1975): Guide to the evaluation of exposure of the human hand-ram system to vibration)으로 간소화된 형태의 문서로 발표하였으며 그 후 ISO 내에서 고찰이 이루어졌다. BS DD 43는 정확하지도 명백하지도, 그리고, 표준도 아니었지만 단순 가이드로서 ISO가 국제 규격의 형태로 협의하기

까지의 10년 동안 유용하게 사용되었다(Griffin, 2003).

영국의 산업보건안전법(Health and Safety at Work Act, 1974)에 진동장해 예방을 위한 별도의 기준을 가지고 있지 않았지만, BS 6842는 손으로 전달되는 진동의 심각성에 영향을 주는 인자들에 대한 가이드를 제공하고, 진동 노출의 심각성이 어떻게 정량화 되어야 하는지 설명하였다(BS, 1987). 이후 1999년 산업보건안전법의 일반기준, 보건안전관리규정(Management of Health and Safety Regulations), 1995년의 산업재해 및 직업병 보고규정(Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrence Regulations)과 1998년의 산업용장비사용규정(Use of Work Equipment Regulations)는 적용되고 있다. 특히 1992년의 장비안전보급규정(Supply of Machinery Safety Regulations)과 1994년의 장비안전보급수정규정(Supply of Machinery Safety Amendment Regulations)에 따라 장비를 생산하거나 공급하는 사업자에게 진동에 대한 자료와 보건 상 유해방지를 위한 정보 제공을 하도록 의무화하였다(HSE, 2013).

유럽연합 의회에서 Directive 2002/44/EC에 의거하여 진동에 의한 위험으로부터 근로자를 보호하기 위해 2005년 6월 6일까지 국가별 기준을 제정하도록 권고한 이후, 영국은 진동으로 인한 건강장해를 예방하기 위하여 2005년 7월 6일 'The Control of Vibration at Work Regulation'을 발효하였다. 이 법규에는 국소진동 및 전신진동에 대한 관리기준과 노출기준을 도입하였는데 관리기준은 사업주가 노출을 감소시키기 위한 공학적인 대책을 마련해야 하는 수준이며, 노출기준은 초과해서는 안되는 수준을 의미한다. 본 법규의 노출기준은 EU의 노출기준과 일치한다(Table 4, 5). Table 6은 HSE의 진동예방법에 대한 주요내용을 정리한 것이다.

사업주의 의무사항은 근로자가 위험에 노출되면, 사업주와 장비 제조업자는 산업보건안전법(HSW Act) Section 2(1)과 산업안전보건 관리에 관한 규칙(Management Regs, 1992)을 포함하여 현재의 법적인 기준을 만족하도록 조치들을 취해야 한다. 진행단계를 살펴보면, 규칙 3에서 정한 적합하고 충분한 위험성 평가를 실시해야 하고, 규칙 4에서는 위험성 평가를 통해 확인된 위험성을 현실 타당한 방법으로 최소화하기 위한 개선조치들을 추진해야 한다. 또한, 사업주는 필요 시 규칙 5에서 정한 건강감시 프로그램을 실행해야 한다. 국소진동 중후군은 부상, 질병, 위험상황 발생 보고 규칙에 따라 산업재해로 보고해야 한다.

제조업자 및 공급업자의 의무로는 산업보건안전법(HSW Act) Section 6에는 설계자, 제조업자, 수입업자, 공급업자로 하여금 현실 타당한 방법으로 건강에 대한 위험성 없이 안전하게 설비와 장비를 공급하고, 안전사용에 관한 정보를 제공하도록 의무화하고 있다. 또한, 안전한 기계류 공급에 관한

Table 6. Regulation for vibration of HSE

Titles	Contents
Application	- These Regulations shall have effect with a view to protecting persons against risk to their health and safety arising from exposure to vibration at work.
Exposure limit and action values	<ul style="list-style-type: none"> - For hand-arm vibration <ul style="list-style-type: none"> (a) The daily exposure limit value is 5m/s^2 A(8); (b) The daily exposure action value is 2.5m/s^2 A(8); - For whole body vibration <ul style="list-style-type: none"> (a) The daily exposure limit value is 1.15m/s^2 A(8); (b) The daily exposure action value is 0.5m/s^2 A(8)
Assessment of the risk	<ul style="list-style-type: none"> - The magnitude, type and duration of exposure, including any exposure to intermittent vibration or repeated shocks; - The effects of exposure to vibration on employees whose health is at particular risk from such exposure; - Any effects of vibration on the workplace and work equipment, including the proper handling of controls, the reading of indicators, the stability of structures and the security of joints; - Any information provided by the manufacturers of work equipment; - The availability of replacement equipment designed to reduce exposure to vibration; - Any extension of exposure at the workplace to whole-body vibration beyond normal working hours, including exposure in rest facilities supervised by the employer; - Specific working conditions such as low temperatures; and - Appropriate information obtained from health surveillance including, where possible, published information.
Control of exposure	<ul style="list-style-type: none"> - Other working methods which eliminate or reduce exposure to vibration; - Choice of work equipment of appropriate ergonomic design which, taking account of the work to be done, produces the least possible vibration; - The provision of auxiliary equipment which reduces the risk of injuries caused by vibration; - Appropriate maintenance programmes for work equipment, the workplace and workplace systems; - The design and layout of workplaces, work stations and rest facilities; - Suitable and sufficient information and training for employees, such that work equipment may be used correctly and safely, in order to minimize their exposure to vibration; - Limitation of the duration and magnitude of exposure to vibration; - Appropriate work schedules with adequate rest periods; and - The provision of clothing to protect employees from cold and damp
Health surveillance	- If the risk assessment indicates that there is a risk to the health of his employees who are, or are liable to be, exposed to vibration; or employees are likely to be exposed to vibration at or above an exposure action value, the employer shall ensure that such employees are placed under suitable health surveillance
Information, instruction and training	- If the risk assessment indicates that there is a risk to the health of his employees who are, or who are liable to be, exposed to vibration; or employees are likely to be exposed to vibration at or above an exposure action value, the employer shall provide those employees and their representatives with suitable and sufficient information, instruction and training.

규칙에서는 진동에 의한 위험성을 이용 가능한 방법과 기술적 수준을 고려하여 최대한 낮추어 설계하고 제작할 것을 규정하고 있다. 기계 공급업자들은 근로자의 진동수준이 2.5m/s^2 를 초과할 수 있는 수동 장비들의 진동수준에 대한 정보와 안전관리 지침을 제공해야 한다.

또한, 모든 근로자들에 대한 교육훈련뿐만 아니라, 관리자와 관리감독자에 대한 교육훈련도 이루어져 하는데, 그 내용으로는 위험성 평가에 대한 훈련과 정보, 개선조치 실행, 필요 시 건강감시 프로그램, 단일/복합 노출 계산방법 등을 포함하고 있다. 모든 평가자료, 절차서, 교육훈련에 관한 기록은 향후 개선조치를 검토하고 국소진동의 양-반응 관계를

규명하는 자료로 사용될 수 있기 때문에 잘 보존해야 한다. 또한, 기록을 통해 관련 법 및 일반적인 법적 의무사항을 준수하는지를 알 수 있게 해준다. 기록에는 다음과 같은 내용이 포함된다. 일반적인 위험성 및 구체적인 국소진동 평가 자료, 작업방법, 조치사항, 교육훈련 프로그램, 필요 시 의학 적 관리 기록 등이 있다.

2.2.3 United states

미국에서 진동공구는 1896년 인디애나 베드포드의 석회 석 채석장에 처음 소개되었고, 이와 관련된 호흡기 및 신경학적 건강 유해성은 Hamilton박사의 지도하에 미국노동통

제국의 1917~1918년 조사의 계기가 되었다. 조사결과, 베드포드 석회석 절단공의 90%, 버몬트와 메사추세츠주의 화강암 절단공의 86%, 발티모어 등의 대리석 근로자의 56%가 레이노드 현상에 노출되었다(Hamilton, 1918). 그렇지만, 1960년 Pecora의 조사결과, 레이노드 현상이 완벽하게 제거되었다는 결론을 얻게 된다. 이는 NIOSH의 Wasserman 등의 연구(1978~1983)를 통해 조사가 잘못된 것임을 증명되기도 하였다. 조사결과, 주물공장의 백지증의 유병률이 50%, 조선소는 약 20%, 광업은 20%, 채석장은 약 80%라고 발표하였다. 또한 다양한 업종으로 확대할 것을 제안하였으나 이후, 대부분의 진동과 관련된 연구는 모두 중단되었다(Lee et al., 2006).

1989년에 NIOSH에서는 국소진동에 대한 권고기준(Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration; #89-106)를 발표했다. 진동의 유해성을 감소시키기 위해 공공의 지침이 급히 필요하다고 인식되면 특이적 노출한계는 아니지만 기술적 관리, 좋은 작업기술, 보호의 및 장비 사용, 근로자 훈련 프로그램, 매일 사용 시간제한 같은 행정적 관리 및 의학적 감시에 대한 지침을 포함한 국소진동 노출에 대한 기준을 권고하고 있다(Lee et al., 2006). NIOSH의 권고기준은 국소진동 증후군의 징후와 증상을 확인하고, 이런 근로자에게서 국소진동 노출을 없애기 위해 모든 진동 노출 근로자에 대한 의학적 감시가 필요하다는 것이다. 다만, 본 권고기준에는 노출기준이 설정되어 있지 않았으며, 이 기준은 현재까지 개정되지 않고 있다. NIOSH는 이러한 부분에 있어서 중대한 결점을 보완하고, 전동공구 사용 근로자의 손떨림 관련 장해를 예방할 수 있는 적절한 방법을 제시할 수 있는 연구를 진행할 예정이라고 한다.

이와 같이, 미국 산업안전보건청(OSHA)은 진동에 대한 개별적이고 포괄적 규제와 노출기준을 산업안전보건기준(29CFR)에 구체적으로 규정하고 있지 않지만, 진동과 관련된 미국 산업안전보건청의 예방 노력은 여러 곳에서 발견할 수 있다. 미국산업안전보건법(OSHAAct)이 규제의 대상으로 하고 있는 유해화학물질, 물리적 인자 및 생물학적 인자의 범주에서 진동은 물리적 인자에 포함되어 있다. 소음이 별도의 기준을 가지고 있는 것과 달리 진동은 별도의 세부기준을 가지고 있지 않다. 다만 1999년에 제안되어 폐기된 인간공학 프로그램(Ergonomic Program)에 유해요인의 하나로 진동을 포함시키고 있다(Jang et al., 2004).

미국산업안전보건법 sec. 8(c) (2)에 따라 사업주는 근로와 관련된 사망, 사고 및 질환에 대한 기록(응급처치만을 요하는 경미한 사고나 의학적 처치를 요하지 않는 사고 등은 제외)을 사업장 내에 보존하도록 되어 있는데 진동도 이에 포함된다. 미국산업안전보건법 sec. 8(c) (3)에 따라 사업주

는 독성물질과 물리적 인자에 대한 근로자의 노출결과를 기록·보존하여야 하며, 산업안전보건기준 §1910.1020에 따라 근로자의 요구가 있는 경우 그 결과를 열람할 수 있도록 규정되어 있는 바 진동이 물리적 인자로 여기에 포함된다. 근로자 질병감시(Medical surveillance)을 실시하는 경우 역시 앞의 기준에 의거 근로자의 요구에 따라 그 결과를 열람할 수 있도록 규정되어 있는데 진동과 관련된 결과도 여기에 포함된다. 산업안전보건기준 §1910.213(Woodworking machinery requirement)에서는 가장 큰 공구가 장착되었거나 최대속도로 공운전이 실시될 때 기계가 감지할 수 있는 진동을 발생시키지 않도록 하는 등 일부 안전과 관련된 기준에 진동관련 기준이 포함되어 있다(Jang et al., 2004).

앞서 설명한 것과 같이, 미국의 산업안전보건청에는 진동 노출에 관한 기준이 마련되어 있지 않으나, ANSI S3.34 (1986) 및 ISO 5349(1986)에 따라 진동을 측정하도록 규정하고 있으며 평가는 1일 노출진동의 크기와 노출시간을 고려하여 최대진동 노출치를 기준으로 한다. ANSI S3.34 국소진동 기준은 1986년에 처음 발표되었고, ISO 5349 가중치 곡선 모양을 이용하지만, ISO 5349와 달리 이 기준은 ANSI가 채택한 매일 수용 가능한 노출시간이 포함되어 있다. 국소진동에 대한 노출기준은 ISO 5349와 같이, 관리기준으로 2.5m/s^2 , 노출 한계기준으로 5.0m/s^2 를 제시하고 있다. ANSI S3.34(1986)는 2006년에 ANSI S2.70으로 개정되었다(ANSI, 2006). ACGIH(2001)에서는 국소진동과 전신진동에 대한 노출한계(Threshold limit value; TLV)를 제공하는데, 전신진동과 관련된 TLV를 요약하면, 8시간 노출시간 기준으로 관리기준 0.5m/s^2 , 노출 한계기준 1.15m/s^2 를 제시하고 있으며, 일일 노출진동량(Vibration Dose Value; VDV)의 노출기준으로 관리기준 9.1m/s^2 , 노출 한계기준 21m/s^2 를 제시하고 있다. ACGIH에서 제시하고 있는 진동에 대한 노출기준은 Table 7, 8에 나타나 있다.

Table 7. Threshold limit values of the hand vibration in ACGIH

Total daily exposure duration	Threshold limit values(m/s^2)
4 to 8 hours	4
2 to 4 hours	6
1 to 2 hours	8
Less than 1 hour	12

2.2.4 Japan

일본에서 진동장애와 관련된 연구는 철도, 광산과 조선업 종사자를 대상으로 1930년대부터 시작되었다. 일본에서 진동의 크기를 제한한 지침은 자동차 산업, 조선도 및 광산 등

Table 8. Threshold limit values of the whole body vibration in ACGIH

Total daily exposure duration	Threshold limit values(m/s ²)
8 to 16 hours	2.2
4 to 8 hours	3.4
2.5 to 4 hours	4.8
1 to 2.5 hours	8.1
25 minutes to 1 hour	12.1
10 to 25 minutes	14.4
1 to 16 minutes	19.2

에서 진동공구 사용자에 대한 연구로부터 발전되었다. 1947년에 노동부에서 착암기, 리베팅 등을 사용자들에 대해 진동장애를 산업재해로 인정한 이래로 꾸준히 예방활동을 하고 있다(Yamada and Sakakibara, 1994). 일본규정은 Miwa (1967, 1968)에 의해 보고된 손에 대한 진동의 등감각곡선(equal sensation contours)에 영향을 받았으며, 또한 ISO 기준에도 지대한 영향을 주었다. 1970년에 일본 산업보건협회(Japan Industrial Safety & Health Association)는 휴대용 공구에 대한 진동 제한을 고려하였으며, 이는 8Hz에서 250Hz의 주파수 범위에 대하여 10분에서 480분의 기간 동안 참을 수 없는(intolerable) 수준과 불쾌한(unpleasant) 수준의 형태로 나타내었다(Lee et al., 2006).

일본의 노동기준법 시행규칙 35조 별표(1977)의 업무상 질병의 지정항목에는 '신체에 현저한 부담을 주는 작업상태에 의한 질병이 있는데, 진동의 영향과 함께 손잡이 동력공구 사용시 인간공학적인 노동부담의 요인평가로 분류되고 있다. 국소진동에 대해서는 '손잡이 동력공구의 공구 진동수준 측정방법(JIS B 4900-1986, 2003)'을 사용하고 있는데, 이는 ISO 5349 기준을 준용하는 것이다(JSA, 2013).

일본의 노동안전위생법 제22조는 우리나라의 산업안전보건법 제24조와 유사한 조문으로, 제2호에 방사선, 고온, 저온, 초음파, 소음, 이상기압과 함께 진동에 의한 건강장해 예방을 위하여 사업주가 필요한 조치를 취하도록 규정하고 있다. 이에 따라 노동안전위생법 시행규칙에는 착암기, 리베팅기, 체인톱 등의 사용에 따라 신체에 현저한 진동을 발생시키는 업무에 종사하는 근로자를 가진 사업장 중 상시 근로자가 1,000명 이상인 사업장은 산업의를 두어야 하며, 진동공구를 취급하는 근로자는 특수건강진단을 받아야 한다(Jang et al., 2004). 사업주는 진동을 발생시키는 작업장에 대하여는 그 원인을 제거하거나 대체물의 사용, 작업방법 혹은 기계 등의 개선 등 필요한 조치를 강구하도록 규정하고 있다(MHLW, 1972). 일본 후생노동성은 1975년 진동증후

군에 대한 예방 체계를 모든 산업에 확대하여 모든 기구의 진동수준을 29.5m/s² 이하를 유지하도록 명령했고, 1977년에는 국소진동에 노출된 일본 근로자에서 국소진동 증후군의 발생률을 일본 일반 인구집단에서 레이노드 현상과 비슷하게 유지하기 위해 하루 4시간 노출기준으로 3.25m/s²를 ISO에 제안하기도 하였다.

일본에서 직업성 질환을 예방하는 기본적인 방법은 위험요인을 찾아서 제거하는 것이며, 예방 프로그램은 건강관리 체계가 조기진단과 조기치료를 제공해 55세 이상 근로자에게 비 진동작업을 권고하는 것을 포함한다. 작업규정상 순환근무를 통해 노출시간을 제한하고 새로운 기구를 도입하기 전에 진동수준을 측정하고 도구 디자인 개선을 요구한다. 또한 작업장에 경고 체계를 요구하고 대체 시 보건과 안전에 대한 교육과 훈련을 요구한다. 오늘날 일본에서 진동증후군 발생률이 낮은 것은 그런 예방 전략을 채택해 성공할 수 있음을 증명하는 것이므로 이 모델은 다른 국가가 참고로 할 수 있도록 하였다(Yamada and Sakakibara, 1994).

3. Discussion and Conclusion

본 연구는 인체진동에 대한 국내외 규제, 표준 및 가이드라인에 대한 고찰을 통해 인체진동으로 인해 발생하는 다양한 질환들을 예방하기 위한 제도를 보완하고 향후 연구방향을 세우는데 기초자료를 제공하고자 하였다.

국·내외 제도에 대한 조사결과, 우리나라의 경우, 산업안전보건법에 진동에 대한 보건조치(제24조)와 건강진단(제43조)에 대한 사업주 의무를 규정하고 있으며, 시행령 제32조에는 적정한 근로시간과 휴식시간을 배분하도록 규정하고 있다. 또한, 산업안전보건규칙 제4장에 소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방을 강제하고 있다. 유럽연합은 ISO의 진동노출기준, 측정 및 평가방법을 표준으로 활용하여, 각 나라마다 규제, 표준 및 가이드라인으로 제도화하도록 권고하고 있으며, 영국은 이러한 유럽연합의 권고기준에 따라 별도의 예방법으로 강제하고 있다. 미국은 OSHA에 진동에 대한 개별적이고 포괄적 규제와 노출기준을 구체적으로 정하고 있지 않지만, ACGIH와 ANSI를 준용하도록 권고하고 있으며, 일본은 우리나라와 같이 노동안전위생법 제22조에 사업주가 필요한 조치를 취하도록 강제하고 있는 것으로 조사되었다.

인체진동의 측정·평가방법에 관련하여서는 ISO, ANSI, 그리고 ACGIH의 기준이 국제적으로 가장 신뢰를 받고 있으며, 이들 국제표준기구들의 측정·평가기준이 국제적인 기준으로 자리를 잡아가고 있는 추세에 있다. 인체진동의 노출기준이 정해진 곳은 유럽연합과 미국 ACGIH이며, 기타

각 국가마다 ISO, ANSI, ACGIH 등의 기준을 따르고 있으나, 통일된 기준은 아직 제시되지 않고 있다. 이러한 외국의 기준을 적용하기에는 인종, 체질, 개인의 감수성, 기후조건, 작업환경 등 다양한 측면에서 우리의 현실과 다소 거리감이 있는 것이 사실이다. 인체진동과 관련된 연구들은 미국, 영국, 일본 및 스웨덴 등을 주축으로 추진되고 있으며(Jang et al., 2004), 이러한 연구활동을 통해 국내외 규제, 표준 가이드라인에 대한 국내 기준의 미비한 점을 다각적으로 보완될 것으로 기대한다.

우리나라의 경우, 국소진동에 대한 측정, 평가기준을 KOSHA GUIDE를 통해 제시하고 있으나 전신진동에 대한 측정 및 평가기준은 마련되어 있지 않은 실정이고, 산업안전 보건법에 진동 노출기준이 마련되어 있지 않아 사업장에서 진동발생 기계·기구로부터 인체에 전달되는 진동에 대한 관리가 제대로 이루어지지 어려운 것이 사실이다. Kim et al. (2011)의 연구에 의하면, 진동장해 예방을 위한 준수 의무 사항인 진동이 인체에 미치는 영향과 증상, 보호구의 선정과 착용방법, 진동 기계·기구 관리방법 및 진동 장해 예방방법에 대한 교육 등을 실시하는 사업장은 없었고, 진동 기계·기구가 정상적으로 유지될 수 있도록 상시 점검 및 보수하는 등의 관리도 제대로 이루어지지 않고 있는 것으로 조사되었다.

따라서, 국내에서 인체진동과 관련된 연구와 기준제정 등이 본격화되기 위해서는 국외의 인체진동에 대한 측정·평가방법에 대한 표준 및 가이드라인을 면밀히 검토하는 것이 필요하고, 강제 규정으로 설정한 일일 노출기준에 대한 타당성 검토 등의 다양한 국내연구를 통해, 우리나라에 적합한 인체진동에 대한 일일 노출량과 노출기준을 정립하는 것이 우선적으로 해결해야 할 현안 과제라고 할 수 있겠다.

References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Documentation of TLV & BEL: Hand-arm Vibration, *ACGIH*, 2001.
- ANSI S2.70, Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hands. *American National Standards Institute*, 2006.
- ANSI S3.18, Nationally Adopted International Standard, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General Requirements, *American National Standards Institute*, 2002.
- BS 6842, Exposure to vibration transmitted to the hand, *British Standard Institution*, 1987.
- Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council, Minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), *OJL* 177, 6.7, 2002.
- Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council, Approximation of the laws of the Member States relating to machinery, *OJL* 157, 9.6, 2006.
- European Agency for safety and Health at work, Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review, *Office for Official Publications of the European Communities*, 2008.
- Gallais, L. and Griffin, M.J., Low back pain in car drivers: A review of studies published 1975 to 2005, *Journal of Sound and Vibration*, 2006.
- Griffin, M.J., Handbook of human vibration, *Academic Press, London*, 2003.
- Griffin, M.J., Measurement, evaluation, and assessment of occupational exposure to hand transmitted vibration, *occup Environ Med*, 54, 73-89, 1997.
- Gruber, G.J., Relationship between whole body vibration and morbidity patterns among interstate truck drivers, *National Institute for Occupational Safety and Health*, 1976.
- Hamilton, A., A study of fpastic anmia in the hands of stonecutters: An effect of the air hammer on the hands of stonecutters. Industrial accidents and hygiene series, *Bulletin 236, No. 19, U.S. Dept. of labor, Bureau of Labor statistics*, 53-66, 1918.
- Health and Safety Executive (HSE), Hand-Arm Vibration, *Advice on white finger for employees and the self-employed IND (G) 126 (L)*, 1994.
- Health and Safety Executive (HSE), Hand-Arm Vibration, *HS (G) 88*, 1994.
- Health and Safety Executive (HSE), Health and Safety Executive-Vibration solutions, *Ways to reduce risk of hand-arm injury HS (G) 170*, 1997.
- Health and Safety Executive (HSE), Health risks from Hand-Arm Vibration, *Advice for employers IND (G) 175 (rew 1)*, 1998.
- Health and Safety Executive (HSE), The Control of Vibration at Work Regulations, *Health and Safety 2005 No.1093*, 2005.
- Health and Safety Executive (HSE), vibration web pages, www.hse.gov.uk/vibration, 2013.
- International Organization for Standardization (ISO), Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration Part I: General Requirements, *ISO 2631-1*, 1997.
- International Organization for Standardization (ISO), Mechanical Vibration: Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration, Part 1: General Requirements, *ISO 5349-1*, 2001.
- International Organization for Standardization (ISO), Mechanical Vibration: Measurement and Evaluation of Human exposure to Hand-transmitted Vibration, Part 2: Practical Guidance for Measurement at the Workplace, *ISO 5349-2*, 2002.
- Jang Jae-Kil, Oh Sang-Young, et al., Assessment and Control of Noise and Vibration generated from Hand-held Power Tools-Focused on the vibration at impact wrench using operations in car service centers and automobile manufacturing industries, *Occupational Safety and Health Research Institute*, 2004.

- JSA, Japanese Standards Association Website, www.jsa.or.jp, 2013.
- Kim Kab Bae, Chung Eun-Kyo, Lee In seop, Research on the actual vibration exposure of workers engaging in vibration induced works, *Occupational Safety and Health Research Institute*, 2011.
- KOSHA, Guidance for Measurement and evaluation of hand-transmitted vibration, *KOSHA GUIDE H-77-2012*, 2012.
- KSA, Korean Standards Association Website, www.ks.or.kr, 2013.
- Lee Ji-Ho, Yoo Cheol-in, Jeong Kyeong-suk, A Study On the Health Effects and management of Harmful Factors-Vibration, *Occupational Safety and Health Research Institute*, 2006.
- MHLW, Industrial Safety and Hygiene Law, *Ministry of Health, Labour and Welfare*, 1972.
- Miwa, T., Evaluation methods for vibration effect: Part 3. Measurements of threshold and equal sensation contours on hand for vertical and horizontal sinusoidal vibrations. *Industrial Health*, 5, 213-220, 1967.
- Miwa, T., Evaluation methods for vibration effect: Part 6. Measurements of unpleasant and tolerance limit levels for sinusoidal vibrations. *Industrial Health*, 6, 18-27, 1968.
- MOLEG, Ministry of Government Legislation Website www.law.go.kr, 2013.
- Nelson Chris M. and Brereton Paul F., The European Vibration Directive, *Industrial Health*, 43, 472-479, 2005.
- Yamada S. and Sakakibar H. Research in to Hand-arm Vibration syndrome and its prevention in Japan, *Nagoya J. Med. Sci.* 57, 3-17, 1994.

Author listings

Day Sung Kim: ergoman@kosha.net

Highest degree: PhD, Department of Industrial & Management Engineering, University of Incheon

Position title: Researcher, Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA

Areas of interest: Industrial Ergonomics, Musculoskeletal Disorders

Dong-Kyung Lee: dongk@kosha.net

Highest degree: PhD, Department of Industrial & Management Engineering, Hansung University

Position title: Professor, Education and Training Institute, KOSHA

Areas of interest: Prevention of Musculoskeletal Disorders, Human Error

Kyoo Sang Kim: kyoosang@daum.net

Highest degree: MD, PhD, Preventive Medicine & Public Health, College of Medicine, Yonsei University

Position title: Director, Department of Environment & Occupational Medicine, Seoul Medical Center

Areas of interest: Occupational Medicine, Musculoskeletal Disorders

Date Received : 2013-06-24

Date Revised : 2013-07-22

Date Accepted : 2013-07-22