

# Investigation on Ventilation Method and Recognition of Users in Healthcare Facilities of KOREA

국내 의료기관의 환기설비 운영실태 및 인식 조사

Jo, Seongmin\* 조성민 | Sung, Minki\*\* 성민기

## Abstract

**Purpose:** The outbreak of Middle East Respiratory Syndrome(MERS) in KOREA has brought up the demands for ventilation guideline and regulations for healthcare facilities since most of the infection was spreaded inside healthcare facility. Currently KOREA has no ventilation guideline or regulations covering entire section of healthcare facility. The purpose of this study is to investigate current ventilation methods in KOREA healthcare facilities to in future, propose ventilation guideline.

**Methods:** Research of foreign countries ventilation guideline and regulation for healthcare facilities were conducted for reference. Field investigation with survey of 21 healthcare were conducted to identify the ventilation system and operating methods. Additionally survey for healthcare workers were conducted to observe the recognition related to ventilation system in healthcare facility.

**Results:** The result showed that most of foreign countries ventilation guideline and regulation suggests similar items to reduce the spread of infection and maintain good indoor air quality. The investigation results indicated that fixed guideline for ventilation in healthcare facility were required due to different ventilation operating methods. Survey result of healthcare workers has told us that ventilation guideline and regulation is needed to prevent further infection. **Implications:** Absence of ventilation guideline and regulations for healthcare facility in KOREA is an urgent issue.

**Keywords** Healthcare facilities, ventilation system, ventilation method, airborne infection

**주 제 어** 의료기관, 환기설비, 환기방식, 공기감염

## 1. Introduction

2015년 5월 국내에서 중동호흡기증후군(MERS) 집단 감염 사태가 발생하였다. MERS는 약 2달 동안 유행하였으며 186명이 감염되었고 그 중 39명이 사망하였다. 비교적 짧은 기간에 많은 감염자가 발생한 원인은 의료기관 내에서 감염이 확산되었기 때문이다. 보건복지부에서 발간한 '메르스 백서'에 따르면 총 감염환자 186명 중 92%가 원내에서 감염이 되었다고 밝혔다. 국내에 첫 번째 MERS감염환자가 일반병실 중 급배기구가 없는 병실에 입원을 함으로써 실내에 환기가 되지 않아 실내 축적된 고농도의 감염균이 다른 실로 퍼져나갈

수 있는 가능성이 있는 것으로 나타났다. 해당 병실에 급배기구가 없었던 이유는 시공 중 하나의 병실을 2개의 병실로 나누면서 한쪽 병실에만 급배기구를 설치하였기 때문이다.

MERS사례에서 나타난 것과 같이 환기설비는 설치 후 관리와 운영이 중요하다. MERS사태 이전 Sung(2012)의 연구에 따르면 환기설비에서 오염물질을 제거하지 못할 경우 다른 병실로 오염물질이 확산되며 공조기에서 오염물질이 제거되더라도 부유균이 공조기까지 이동하는 과정에서 2차 감염의 위험성이 있어 그에 대한 대책이 필요하다고 밝혔다. 이후 의료기관을 대상으로 감염방지에 관한 연구가 이루어 졌으며 Yoon(2015)는 응급실을 대상으로 감염관리 표준지침에 관한 연구를 진행하여 응급실에서의 감염관리 지침과 법률이 상호연계 되고 일관된 감염시설기준을 제시해야한다고 하였다. Kwon(2016)은 호흡기감염환자를 격리수용하는 음압격리병

\* Ph.D candidate, Department of architecture engineering, SEJONG university (Primary author: joseongmin01@naver.com)

\*\* Professor, Department of architecture engineering, SEJONG university (Corresponding author: mksung@sejong.ac.kr)

등을 대상으로 건축계획에 관한 전체적인 지침을 제공함으로써 음압격리병동에서의 공기감염을 최소화 할 수 있는 방안을 제시하였다. Yoon(2016)은 음압격리병실을 대상으로 공기감염을 예방할 수 있는 국내외 기준을 분석한 결과 동선 분리의 중요성과 급배기구 배치와 종류 등에 대한 세부적인 항목의 필요성을 강조하였다. Lee(2017)는 국가지정 입원치료병상의 시설적격성 및 환경개선 효과에 관한 연구를 진행하였으며 공기감염을 최소화할 수 있는 방안들을 제시한바 있다. 이와 같이 감염환자를 격리수용하는 격리병실을 대상으로 공기감염을 최소화할 수 있는 방안을 제시하는 연구가 많이 진행되었다. 하지만, 미지의 감염병에 감염된 환자의 경우 선별진료소가 설치되고 운영되지 않는 한 일반병실에 입원을 하게 되며 수술, 검사 등 의료기관내 모든 부문에 재실하게 되어 감염확산이 발생할 수 있다. 이에 따라 의료기관내 모든 부문에 관하여 환기설비와 운영방식에 대한 규제나 가이드라인이 필요하지만 국내에서는 아직 부족한 상태다. 감염병 확산을 예방하기 위해서는 의료기관 내에 감염병을 예방할 수 있는 수준의 환기설비가 설치되고 운영되어야 한다.

본 연구에서는 우리나라 의료기관의 환기실정을 파악하고자 해외 환기가이드라인 및 기준을 살펴보고 의료기관을 대상으로 환기설비 및 운영방법을 조사하였으며 의료진을 대상으로 의료기관 내 환기에 대한 인식조사를 진행하였다.

## 2. Ventilation Guidelines and Regulations for Healthcare Facilities

현재 국내에는 병원 전체를 대상으로 한 환기관관 가이드라인이 없는 상태이며 국토교통부에서 2006년 제정한 “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”에서 연면적 2000 m<sup>2</sup> 이상 또는 100병상 이상의 의료기관에 대하여 36 m<sup>3</sup>/h인이라는 환기기준만을 제시하고 있다. 의료기관 인증제도에서도 환기와 관련된 구체적인 기준이 없는 것으로 조사되었다. 질병관리본부가 2011년에 발행한 국가지정 입원치료병상 운영과 관리(안)에는 격리병상 위주의 기준 및 가이드라인을 제시하고 있으나 의료기관 전체를 대상으로 한 구체적인 환기기준은 제시되어 있지 않다. 국내실정에 맞는 가이드라인을 제시하기 앞서 미국(CDC, ASHRAE), 영국(DOH), 일본(HEAS)의 가이드라인을 분석하였다.

[Table 1]과 같이 미국의 경우 의료기관의 환기시설은 대부분 ASHRAE(미국냉난방공조협회)에서 제안한 기준을 참고하여 설계되고 있으며, CDC(미국질병관리본부)나 AIA(미국건축가협회)에서도 이 기준을 참고로 하고 있다. 일부 주(Texas, California 등)에서는 ASHRAE 기준을 참고로 한 법령을 통해 환기기준을 적용하고 있다. 일본은 HEAJ(일본의료복지시설협회)의 기준을 참고로 의료기관의 환기시설이 설계되고 있으며, 이

기준에는 환기 및 공조설계 기준뿐만 아니라 유지관리에 대한 가이드라인도 제시되어 있다. 영국은 Department of Health(보건복지부)의 Health Technical Memorandum에서 의료기관의 환기 및 냉난방에 대한 기준을 제시하며 유지 및 보수, 감염 제어를 위한 정보를 제공하고 있다.

[Table 1] Guidelines and regulations for ventilation in healthcare facility

	Agency	Guideline or regulation	Note
US	ASHRAE	ASHRAE Standard 170-2013 Ventilation of Health Care Facilities	Guideline
	CDC	Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities	Guideline
	Texas	Department of State Health Services Title 25 Texas Administrative Code Chapter 133, Hospital Licensing Rules	Regulation
	California	California Mechanical Code	Regulation
JP	HEAJ	HEAS-02-2013	Guideline
UK	Department of Health	HTM 03-01: Specialised Ventilation for Healthcare Premises	Guideline

미국 ASHRAE는 의료기관 내 용도별 부문의 다양한 공간에 관한 환기기준을 제시하고 있다. 인접실과의 차압, 최소 외기 도입량 및 재순환 포함 환기회수, 전배기 여부, 공기 재순환 여부와 온습도 조건을 공간별로 제시하고 있다. 미국 CDC 기준의 경우 감염 우려가 있는 환자를 위한 의료기관에 대해 설계 및 설비에 대한 내용과 양압보호실, 중환자실, 음압격리실, 수술실 등에 적용할 수 있는 가이드라인을 제공하고 있다.

TEXAS주 법령 중 Hospital Licensing Rules (2007)에서는 병원설립허가를 규정하고 있으며 2년마다 재허가 받도록 하고 있다. California Building Code 중 Building Mechanical Code에서 병원의 환기에 대한 기준을 별도로 규정하고 있으며 2013년 법령에서 최근 개정되어 2017년 1월부터 적용되었다.

일본은 HEAJ의 가이드라인 중 HEAS-02-2013에 환기기준 관련 사항을 제시하고 있다. 의료기관 내 용도별 다양한 공간에 관한 환기 설계 및 설비에 대한 방향을 제시하고 있다. 청정도 분류에 따라 제시하는 환기 가이드라인이 상이하며 온습도 조건을 하절기와 동절기로 분류하여 제시하고 있다.

영국의 HTM 03-01의 경우 의료기관에 대한 전문적인 환기에 대한 기준과 유지 및 보수 등에 대한 정보를 제시하고

감염 제어 문제를 해결하기 위해 환기시스템 관련정보를 제공한다.

[Table 2]와 같이 해외 의료기관 관련 환기기준 및 가이드라인에서 공간별로 제시하는 기준을 비교해보면 인접실과의 압력차를 모두 제시하고 있다. 공간별 오염물질 발생 유무에 따라 실간 압력차를 유지하도록 하고 있어 오염된 공기가 인접한 공간으로 유출되는 것을 방지하도록 하고 있다. 실별 최소 환기횟수 또한 실내에서 발생한 오염물질을 제거하는 데에 있어 중요한 요소로 모든 기준 및 가이드라인에서 제공하고 있으며 실내 재순환여부, 전배기 여부의 항목을 포함하고 있다.

실내 온습도 기준의 경우 일본 HEAS기준이 하계, 동계로 구분되어있어 다른 기준 및 가이드라인에 비하여 명확히 제시되어있다. 필터의 기준은 모든 가이드라인에서 제시하고 있다. 각 기준 및 가이드라인에서 제시한 공통된 항목들이 의료기관내에서 관리해야할 주요한 인자로 파악되었으며 조사된 결과를 바탕으로 설문 및 현장조사를 실시하였다.

[Table 2] Items for ventilation guidelines and regulation

Item
Pressure relationship to adjacent areas
Minimum outdoor Air Change rate per Hour (ACH)
Minimum total ACH
All room air exhausted directly to outdoors
Air recirculated by means of room units
Design relative humidity (%)
Design temperature (°C)
Filtration of supply air

### 3. Investigation of Ventilation Equipment and Operating Methods

#### 3.1 Investigation Method

설문 조사와 현장 조사를 바탕으로 의료기관의 규모별, 용도별 환기설비의 종류, 운영상의 문제점 분석 및 개선 방안을 도출하고자 하였다. 조사 대상 병원은 국가지정입원치료병상, 권역별 응급의료센터를 대상으로 하였으며 표 3과 같이 상급 종합병원이 13개소, 종합병원이 18개소였다. 조사된 병원의 준공연도는 1933년부터 2016년이며 병상은 최소 100병상에서 최대 1604병상을 갖는 다양한 병원들을 조사하였다. 설문 대상은 의료기관내 환기시스템을 담당하는 담당자로 환기설비관련 도면과 장비의 종류 및 운영 현황을 확인하였으며 일부 의료기관의 경우 현장조사를 통한 환기설비의 종류 및 운영 현황을 조사하였다.

설문지 문항은 의료기관의 병원등급, 병상 수, 준공년도 등의 기본적인 문항들과 의료기관내 부문을 6가지 주요 부문으로 나누어 각 부문 마다 설문을 진행하였으며 환기설비 관련

종합적인 의견을 묻는 설문도 진행하였다. 6가지 부문은 병동 부문, 중환자병동 부문, 외래 부문, 응급 부문, 수술 부문, 검사 부문이다. 종합부문을 제외한 부문별 문항으로는 각 부문의 냉난방 및 환기제어방식, 외기도입 유무, 공조기에 사용되는 필터 종류, 가습방식 및 외기덤퍼 개도율, 공조기 청소 주기, 각 부문에서 환기설비를 통한 공기감염 가능성이다.

설문문항의 타당성 검토는 해당분야에서 10년 이상의 근무 경력을 갖춘 10명의 전문가를 선정하여 진행하였다. 전문가는 건축환경 분야 교수 5명, 건축설비 실무 전문가 2명, 설비 설계 사무소 전문가 2명과 감염내과 전문의 1명의 자문을 4회 진행하여 확보하였다.

[Table 3] Number of Investigated healthcare facility and ventilation facility operator information

Healthcare facility grade	No.
Advanced general hospital	13
General hospital	18
Ventilation facility operator source	No.
Non-outsourcing operation and maintenance	10
Outsourcing operation and maintenance	14
Outsourcing only maintenance	4
Number of ventilation facility operator	No.
One person	6
Two people	5
More than three people	16

#### 3.2 Investigation Result

각 부문의 냉난방 및 환기제어방식을 조사한 결과 표 4와 같이 중앙공조방식(AHU)이 주로 사용되고 있으며 하절기 및 동절기에는 냉난방 부하를 감당하기 위하여 추가적인 냉난방 장치를 같이 사용하는 것으로 나타났다. 냉난방 시스템으로는 팬 코일 유닛(FCU), 천장복사패널, 컨벡터, 히트펌프, 복사냉난방기가 사용되는 것으로 조사되었으며 폐열회수장치가 설치된 의료기관도 있는 것으로 나타났다. 환기제어방식으로는 자연환기, 국소 배기, 공조기를 통한 외기도입 등을 하고있는 것으로 조사되었다. 추가적으로 팬필터유닛(FFU), 헤파필터유닛(HFU), 향온습습기를 사용하는 기관도 있는 것으로 나타났다. 병동, 외래, 응급, 검사부문에 가장 많이 사용되는 냉난방 및 환기시스템은 AHU와 FCU의 조합으로 중간기에는 중앙공조기로 냉난방을 하고 하계와 동계에 FCU를 동시에 가동하는 것으로 조사되었다. 중환자, 수술 부문은 AHU와 감염관리를 위하여 HFU를 같이 사용하는 곳이 대부분 이었다. 검사 부문의 경우 일부 의료기관에서 국소배기장치를 설치하여 운영하는 것으로 나타났다.

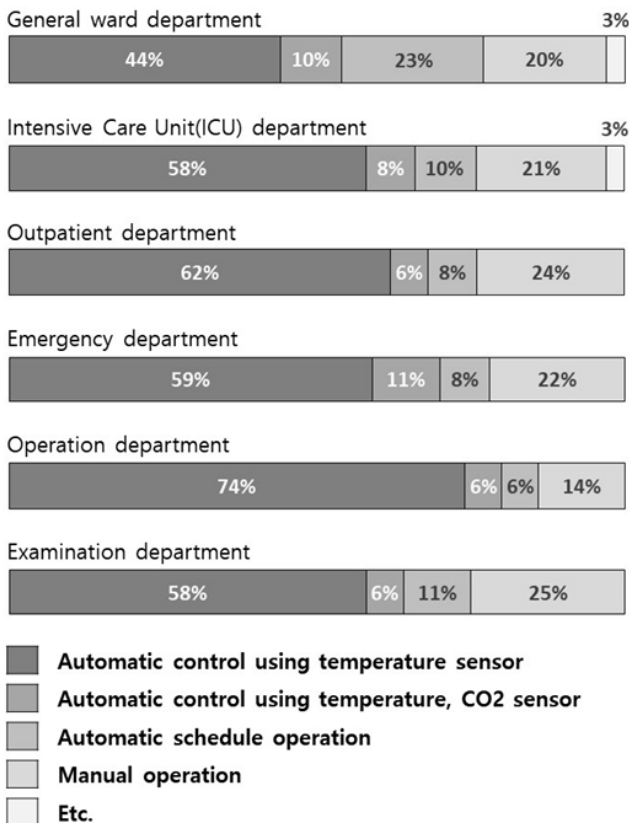
**[Table 4]** Ventilation and air conditioning system in health care facility

System classification	Installed system
Heating, cooling and ventilation system	Central Air Handling Unit(AHU)
Heating and cooling system	Fan Coil Unit(FCU), Ceiling radiant panel, Convector, Heat pump Radiant heating and cooling Total heat exchanger
Ventilation system	Natural ventilation Local exhaust(fume hood) 100% outdoor air system
Additional systems	Fan Filter Unit(FFU) HEPA Filter Unit(HFU) Thermohygrostat, Pressure control

냉난방 및 환기제어방식 조사결과는 [Figure 1]과 같이 온도센서를 통하여 자동으로 운전하는 곳이 44% ~ 79%로 가장 많았다. 스케줄 운전과 수동운전방식을 사용하는 의료기관도 부문에 따라 20% ~ 43%로 조사되어 실내 온습도 및 이산화탄소 변화 대응에 미흡할 것으로 사료된다.

병동부문의 냉난방 및 환기장치의 운영방식으로는 온도 센서를 통해 자동운전을 하는 기관이 44%로 가장 많았고 자동스케줄운전이 23%, 수동운전을 하는 곳이 20%로 나타났다.

### Operating method



**[Figure 1]** Operating method in healthcare facilities

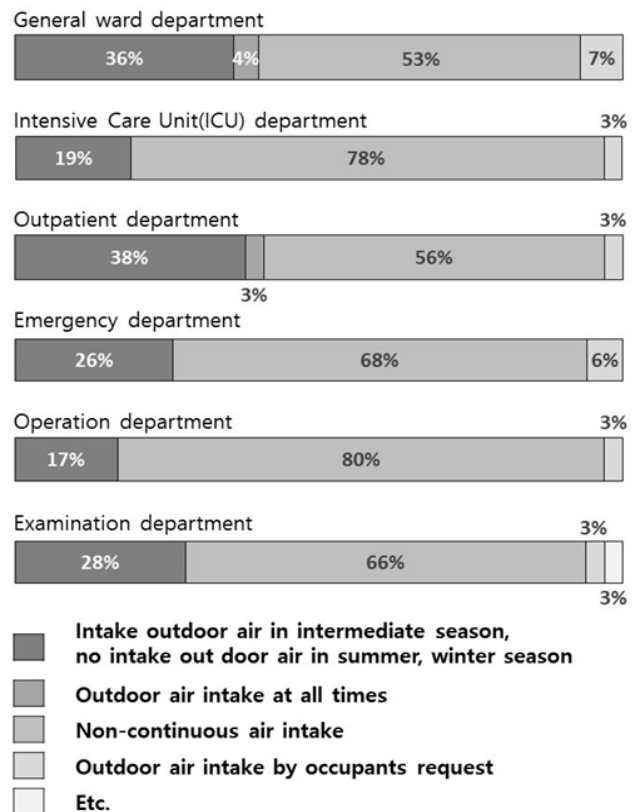
중환자 부문은 온도 센서를 통해 자동운전 하는 기관이 58%로 가장 많았으며, 자동 스케줄운전은 10%, 수동운전을 하는 곳도 21%로 나타났다. 외래 부문은 온도 센서를 이용한 자동 제어 운전이 62%, 수동운전이 24%로 조사되었다. 응급 부문은 온도 센서를 이용한 자동 제어 운전이 59%, 수동운전이 22%로 나타났다. 수술 부문은 온도 센서를 이용한 자동 제어 운전이 74%로 나타났으며 수동운전을 하는 곳도 14%로 나타났다. 검사 부문은 온도 센서를 이용한 자동 제어 운전이 58%, 수동운전이 25%로 나타났다.

수술 부문과 검사 부문과 같이 높은 청정도를 필요한 부문에도 환기제어를 수동으로 운전하는 곳이 조사되어 시급한 조치가 필요한 것으로 사료된다.

외기도입방식 조사결과 [Figure 2]와 같이 간헐적 외기도입을 하는 곳이 53% ~ 80%로 가장 많았으며 냉난방 부하로 인하여 중간기에 외기도입을 하고 하절기 및 동절기에는 외기도입을 하지 않는 곳이 17% ~ 38%로 나타났다.

병동부문의 외기도입에 대한 답변으로는 간헐적 외기도입이 53%, 중간기 외기도입, 하절기 및 동절기 외기도입 안함 36%로 나타났다. 중환자 병동 부문은 78%가 상시 외기를 도입하여 운전하고 있었으며, 중간기에는 외기를 도입하고 하절기 및 동절기에는 외기를 도입하지 않는 기관이 19%로 조사되었다. 외래 부문은 상시 외기도입운전이 56%, 중간기에는

### Outdoor air intake method



**[Figure 2]** Outdoor air intake method in healthcare facilities

외기도입하고, 하절기 및 동절기에는 외기도입 안함이 38%로 나타났다. 응급 부문은 중간기에는 외기도입하고, 하절기 및 동절기에는 외기도입 안함 이 26%로 조사되었다. 수술 부문은 상시 외기도입운전이 80%, 중간기에는 외기도입하고, 하절기 및 동절기에는 외기도입 안함이 17%로 조사되었다. 검사 부문은 상시 외기도입운전이 66%, 중간기에는 외기도입하고, 하절기 및 동절기에는 외기도입 안함이 28%로 조사되었다.

중환자 부문, 수술 부문, 검사 부문과 같은 주요한 부문에서는 공기감염 방지와 쾌적한 실내를 유지하기 위하여 상시 외기도입을 하는 기관이 많은 것으로 나타났다.

의료기관에서의 가습방식은 미생물번식을 방지할 수 있는 증기가습방식을 사용하는 것이 바람직하다. 각 부문의 가습방식의 결과를 나타낸 [Figure 3]과 같이 모든 부문에서 증기가습방식을 주로 사용하고 있으나 미생물번식이 가능한 기화식 가습방식과 스프레이식 가습방식을 쓰는 의료기관도 조사되었다.

병동부문의 가습방식은 대부분 증기 가습을 하고 있었으나 기화식 가습 또는 스프레이식 가습을 하는 곳이 전체 병원의 21%나 되어 미생물 오염의 위험성이 있는 것으로 나타났다. 중환자 부문은 증기 가습이 87%로 나타났으며 기화식 가습도 3%로 조사되었다. 외래 부문은 96%가 증기 가습을 하는

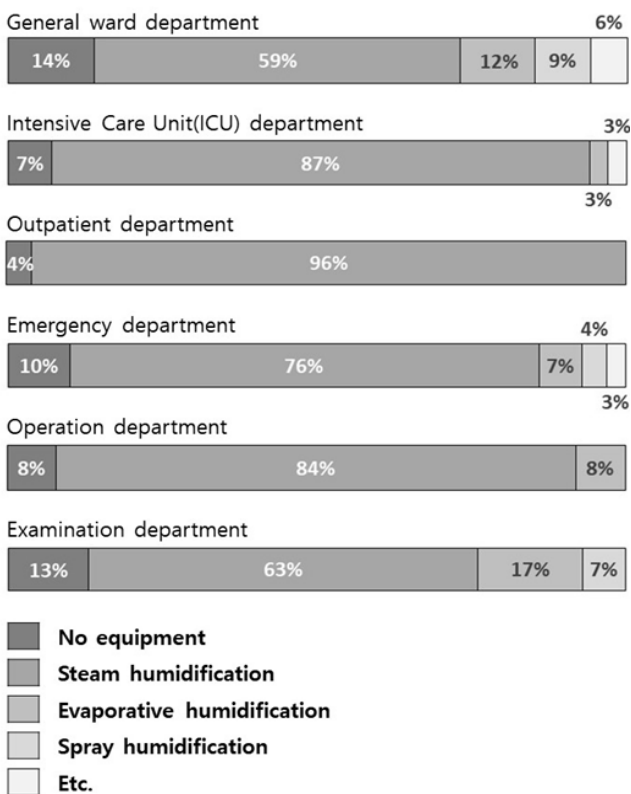
것으로 나타났다. 응급 부문은 76%가 증기 가습을 하는 것으로 나타났으며, 기화식 가습과 스프레이식 가습도 각각 4%, 3%로 나타났다. 수술 부문은 84%가 증기 가습을 하는 것으로 나타났으나 기화식 가습을 하고 있는 곳이 8%로 조사되어 가습기가 오염된 경우 수술을 받는 환자에게 악영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 검사 부문은 63%가 증기 가습을 하는 것으로 나타났다.

조사결과와 같이 국내에는 부문별 가습방식에 대한 기준이나 가이드라인이 없어 각기 다른 가습방식을 사용하고 있는 것으로 나타나 의료기관의 부문별 가습방식에 대한 기준 또는 가이드라인이 필요할 실정이다.

[Figure 4]와 같이 공조기 및 FCU(Fan Coil Unit) 청소 주기 조사결과 각 부문별로 유사한 청소 주기를 나타냈다. 수술부문이 오염방지를 위하여 한 달에 1회 이상이 29%로 다른 부문에 비하여 자주청소를 하는 것으로 나타났으며 그 외 부문은 분기에 1회 이상으로 청소를 하는 곳이 가장 많은 것으로 나타났다.

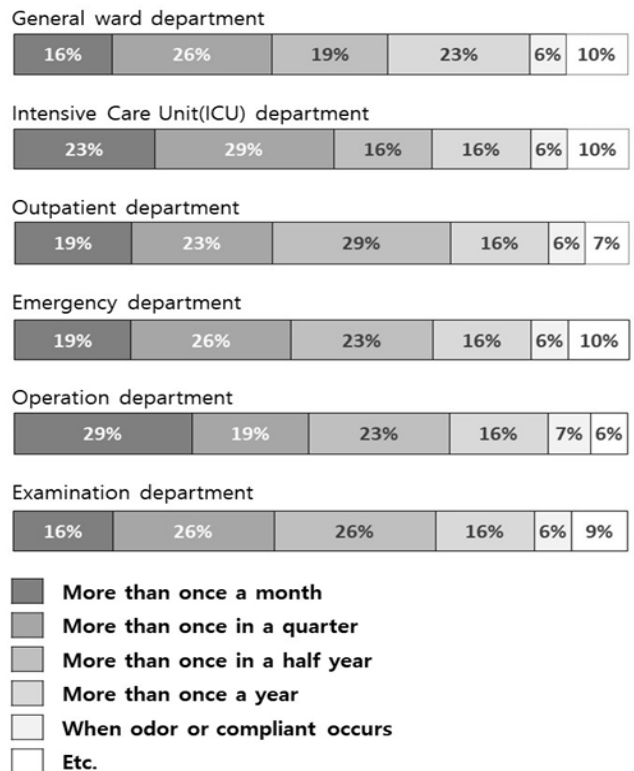
1년에 1회 이상이나 문제가 발생했을 시 청소를 하는 의료기관도 21% ~ 29%로 나타나 공조기 내부에 적층된 먼지로 인한 미생물의 증식이 발생할 것으로 사료된다. 의료기관 별, 부문별 청소 주기가 모두 상이하여 청정도를 일정 수준 이상으로 유지할 수 있는 일정한 청소 기준 및 방법을 구체적으로 제시해야 할 필요성을 확인하였다.

### Humidification method



[Figure 3] Humidification method in healthcare facilities

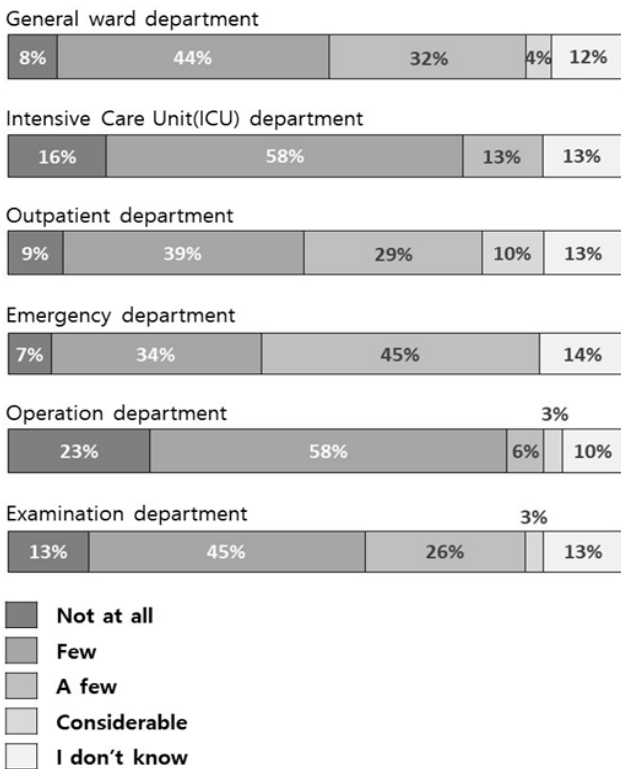
### Internal cleaning cycle of air conditioner



[Figure 4] Internal cleaning cycle of air conditioner in healthcare facilities

[Figure 5]와 같이 환기설비 담당자에게 각 부문별 공기감염 가능성을 질문한 결과 '전혀 없다', '거의 없다' 항목이 41% ~ 81%로 나타났으며 '모르겠다'도 10% ~ 14%로 나타나 현장 관리자들이 대부분 공기감염에 대한 위험성을 인지하지 못하고 있는 것으로 조사되었다. 환기설비 현장 담당자를 대상으로 환기시설에 의한 공기감염의 위험성을 알리고 환기시설 운영가이드라인을 제시할 필요가 있다.

### Possibility of airborne infection



[Figure 5] Possibility of airborne infection in healthcare facilities

[Table 5]와 같이 병동부문에 사용되는 공조기 내부 필터로는 프리필터와 중성능 필터를 함께 사용하는 곳이 대부분이었다. 중환자 병실의 공조기 내 필터는 프리 필터, 중성능 필터 그리고 고성능 필터를 모두 함께 사용하는 기관이 대부분이다. 응급부문에서는 대부분 프리 필터와 중성능 필터를 함께 사용하는 것으로 나타났으며, 일부 고성능 필터도 함께 사용하는 것으로 조사되었다. 검사부문에서는 화학물질을 제거하는 필터를 사용하는 의료기관도 조사되었다. 종합하면 부문별로 사용 용도에 따라 필터의 종류가 다르게 사용되고 있었지만 각 기관별로 같은 부문에 다른 필터를 사용하고 공기감염이 발생 할 수 있는 주요 공간에 고성능 필터가 설치가 되지 않은 기관도 조사되어 공기감염을 예방할 수 있도록 각 부문마다 사용해야하는 필터를 구체적으로 제시 할 필요가 있다.

TAB(Testing, Adjusting, Balancing)는 건축물의 시공이후 설계계획과 동일하게 환기설비가 작동하는지 확인하고 오작동하는 경우 조절하여 공조설비가 설계치와 같게 운영될 수 있도록 하는 작업으로 특히 의료기관에서는 공기감염방지를 위하여 중요한 작업이다. 각 기관 조사결과 TAB를 공조기 또는 환기 설비 설치 후 1회만 실시하는 기관이 74%였으며, 대부분 1회만 실시 한 뒤 점검을 하지 않기 때문에 이에 관한 기준이 필요할 것으로 사료된다.

종합적으로 의료기관에서는 다양한 방식의 환기시설이 사용되고 있으나 실내환경 및 감염방지를 위한 공통된 기준이 반영되지 않았다. 운영방식도 각 의료기관의 상황이나 환기시설의 상태, 시설관리자의 운영 방식에 따라 다르게 나타났다.

[Table 5] Number of healthcare facilities with different filter combination by department

Filter	General ward	ICU	Outpatient	Emergency	Operation	Examination
P <sup>2)</sup>	1 <sup>1)</sup>	0	3	1	0	2
P+M <sup>3)</sup>	18	6	22	19	4	22
P+M+S <sup>4)</sup>	2	0	2	1	1	1
P+M+O <sup>5)</sup>	0	0	0	0	0	1
P+M+S+O	1	0	0	1	1	0
P+M+H <sup>6)</sup>	2	19	2	7	22	3
P+M+H+S	1	5	0	0	1	1
H	6	0	0	0	1	0
C <sup>7)</sup> +O	0	0	0	0	0	1

1) Numbers in chart represent number of facilities, 2) P: Prefilter 3) M: Medium filter, 4) S: Sterilization, 5) O: Odor removal, 6) H: High Efficiency Particle Arrest, 7) C: Chemical removal

## 4. Medical Staff Survey

환기 설비 및 운영방식적인 측면 이외에 감염관리에 중요한 역할을 담당하는 주체는 바로 의료진이다. 의료 현장 실무자들(의사, 간호사, 시설 관리자 등)을 대상으로 한 설문을 통해 의료시설에서의 환기의 중요성 및 기준 제정의 필요성 등과 관련된 인식을 조사하기 위하여 의료기관 환기관련 설문 조사를 진행하였다.

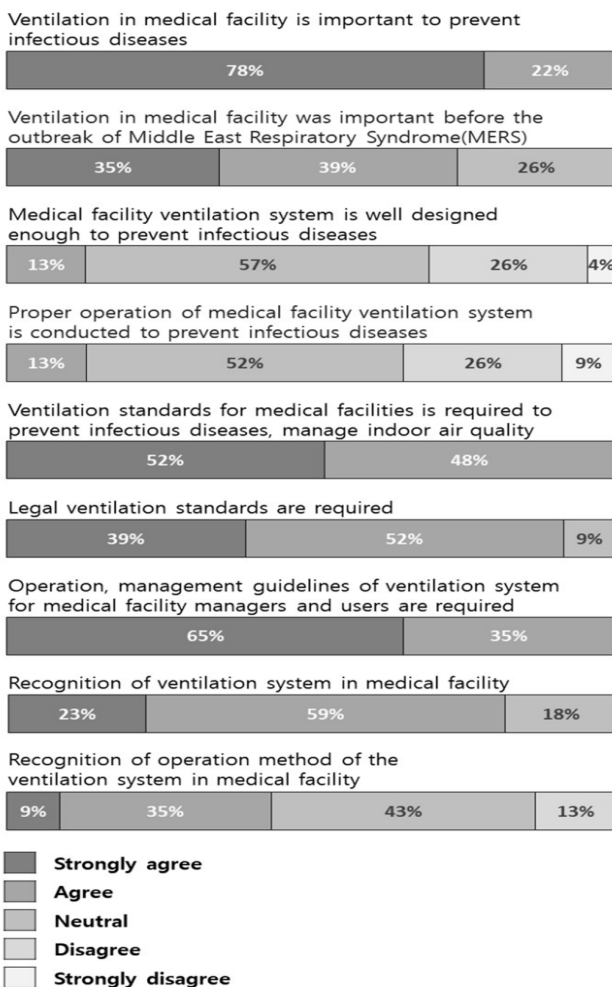
### 4.1 Survey Method

설문에 참여한 의료진은 총 23명으로 감염내과전문의 7명, 감염관리간호사 및 간호사 16명이다. 근무기간은 10년 이상 인 전문가가 89%로 감염에 대한 전문적인 지식을 갖춘 의료진을 대상으로 조사하였다. 설문문항은 의료기관내 환기시설의 중요성, 각 기관내의 환기설비에 관한 인지도와 환기기준의 필요성 및 강제성 등을 조사하였다.

## 4.2 Survey Result

설문결과 병원 내 환기시설의 감염병 예방을 위한 중요도에 대한 답변으로는 매우 그렇다(78%), 그렇다(22%)로 대부분 병원 내 환기시설의 중요성을 인지하고 있었다. 중동호흡기증후군 사태 이전 환기시설의 중요성을 묻는 질문에는 매우 그렇다(35%), 그렇다(39%)로 응답자의 74%가 중요성을 인지하고 있었다. 해당 근무 병원의 환기시설은 감염병 예방을 위해 잘 설계되어있는지에 대한 답변으로는 그렇다(13%), 보통이다(57%), 아니다(26%), 매우 아니다(4%)로 나타나 병원 내 감염병 예방을 위한 환기시설의 중요성은 인지하고 있으나 현재 환기시설에 대해서는 부정적인 인식을 보였다.

해당 근무 병원 내 환기시설의 방식을 알고 있는지 여부에 대한 답변으로는 매우 그렇다(23%), 그렇다(59%), 보통이다(18%)로 나타나 해당 병원의 환기방식을 인지하고 있는 것으로 나타났다. 해당 근무 병원 내 환기시설이 감염병 예방을 위해 제대로 운영되는지에 대한 답변으로는 그렇다(13%), 보통이다(52%), 아니다(26%), 매우 아니다(9%)로 나타났으며 대부분 환기시설의 운영부분에서 부정적 인식을 나타냈다.



[Figure 6] Survey result of medical staff

실내공기질 관리를 위한 의료시설의 환기기준 필요성에 대한 답변으로는 매우 그렇다(52%), 그렇다(48%)로 의료시설의 환기기준 필요성에 대한 이견은 없었다. 법적(강제적) 환기기준의 필요성에 대한 답변으로는 매우 그렇다(39%), 그렇다(52%), 보통이다(9%)로 나타났다. 의료시설 관리자 및 사용자를 위한 환기시설의 운영과 관리 가이드라인의 필요성에 대한 답변으로는 매우 그렇다(65%), 그렇다(35%)로 운영과 관리 가이드라인의 필요성을 확인하였다.

설문결과를 종합한 결과 중동호흡기증후군(MERS) 사태 이전부터 환기시설의 중요성을 인지하고 있었으며 현재 환기시설 및 실내공기질 관리에 대해서는 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 병원 내 감염병 예방과 실내공기질 관리를 위한 의료시설의 환기기준 필요성, 법적(강제적) 환기기준의 필요성, 의료시설 관리자 및 사용자를 위한 환기시설의 운영과 관리 가이드라인의 필요성 등에 대해 응답자 모두 동의를 보여 중요성을 확인하였다.

## 5. Discussion

해외가이드라인 및 법적강제성이 있는 규제를 조사한 결과 규정이나 가이드라인이 각기 다른 의료기관에 부합해야하기 때문에 최소 환기횟수, 최소 외기도입량의 형식으로 제시한다. 각 부문 또는 실별로 최소 환기횟수를 만족하였다 하더라도 감염병의 종류에 따른 거동특성이 다르기 때문에 감염병 예방측면에서 얼마만큼 예방이 되는지에 관한 정량적인 분석은 되어 있지 않다. 다만, 현장 조사결과 특히 일반 병실의 경우 급배기구가 없어 환기가 되지 않고 있는 병실이 대다수로 최소 외기도입 환기량 2회/h를 제공하는 것만으로도 병실 내 감염균이 고농도로 유지되는 것을 막을 수 있을 것으로 사료된다. 최소 외기도입량 2회/h는 해외 대다수의 가이드라인에서 채택하고 있는 최소 환기 횟수이며 설비설계 전문가, 설비 현장 담당자의 의견에 따르면 일정규모 이상의 병원에 설치된 공조기의 경우 각 병실에 최소 외기도입량 2회/h는 기계적으로 만족할 수 있는 수치이며 기존 에너지 사용량 대비 큰 에너지 사용량이 필요한 것은 아닌 것으로 나타났다.

실내 재순환 환기량은 실내 기류를 활발히 유동시켜 오염물질의 정체를 방지하고 희석과 배출을 돕는다. 재순환포함 환기량의 경우 최소 외기도입량에 실내 재순환을 합한 것으로 일반병실의 권장 환기량은 6회/h이다.

선별진료실, 의료/마취가스 저장실과 같이 고위험의 오염물질이 발생할 수 있는 특수한 실의 경우 실내에서 발생된 오염된 공기가 다른 공간으로 확산되지 않도록 공조기에서 재순환 되지 않고 외부로 전배기 시켜야한다.

환기설비는 온습도 유지 및 외기도입에 의한 환기가 가능한 방식으로 설치되어야하며 이때 열교환기는 교차오염을 방지하기 위하여 현열교환기를 사용해야한다. 외기의 경우 미세

먼지 또는 오염물질을 포함할 수 있기 때문에 중성능이상의 필터를 사용해야한다. 실간 압력 차이에 관하여 일반병실의 경우는 인접구역과 차압 조절은 필요 없으나 일반적으로 공기는 상대적으로 깨끗한 곳에서 오염된 곳으로 이동하도록 설계되어야 한다.

의료기관의 신축, 증축, 개축 등에 따라 환기시설을 신규로 설치한 경우에는 설계대로 환기성능이 나올 수 있도록 TAB(Testing, Adjusting and Balancing) 작업을 실시하여야 한다. 현재 건축법에서는 건축물의 환기시설 및 공조시설에 대한 TAB가 의무가 아니지만, 소방법에 따른 제연설비는 TAB를 의무적으로 수행하여야 한다. 환자의 안전과 관련된 의료기관의 환기시설에 대해서는 TAB가 의무적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

환기시설의 운영은 환기설비 설계자가 환기시설에 대한 매뉴얼을 시설 관리자에게 제공하여 매뉴얼에 맞게 환기시설을 운영해야한다. 매뉴얼에는 표준 운전방법, 정기점검 항목 및 주기, 소모품 교체 주기 등이 명시되어야한다. 에너지 절감을 위해 하절기나 동절기에 외기도입을 실시하지 않는 경우가 있으나 감염예방과 위생적인 실내환경 유지를 위하여 환기기준에 해당되는 외기도입을 상시 실시하여야 한다.

## 6. Conclusion

본 연구에서는 의료기관의 감염관리 및 실내 환경개선을 위하여 국외 환기관 관련 가이드라인 및 기준을 살펴보았으며 국내 의료기관의 환기방식을 조사하고 환기에 대한 의료진의 인식을 설문하였다. 본 연구의 결론을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 국외와 다르게 국내에서는 의료기관을 대상으로 실별 환기기준이 명확히 제시되지 않아 감염병이 발병하였을 때 원내 감염의 위험성이 있는 것으로 나타나 환기기준의 제시가 시급한 상황이다.
- 2) 국내 의료기관의 외기도입 유무에 따른 환기부족으로 인한 감염병의 확산 가능성이 있는 것으로 나타났으며 운영방식이 표준화 되지 않고 각기 다르게 운영하는 것으로 조사되어 표준운영매뉴얼을 제시할 필요가 있다.
- 3) MERS 집단감염사태에서 배운 것과 같이 환기설비의 설치 후 TAB의 실시를 법적으로 규제할 필요가 있으며 의료기관에서 자체적으로 TAB를 실시하여 원내감염의 위험성을 낮출 필요가 있다.
- 4) 국내 감염내과 전문의 및 간호사를 대상으로 환기와 감염에 관한 인식을 조사한 결과 대부분 감염에 있어서 환기의 중요성을 인지하고 있고 대다수는 현재 근무하는 병원이 감염예방에 최적화된 환기가 제공되지 않고 있다고 판단하고 있어 환경개선이 필요하다.

본 연구의 결과를 바탕으로 추후 의료기관대상의 환기기준과 환기설비 운영가이드라인을 구체화 시켜 실질적으로 적용할 수 있게 할 예정이다.

**Acknowledgements:** This work was funded by KOREA Ministry of Health & Welfare

## References

Alberta Infrastructure and Transportation, 2005, "Technical Design Requirements for Health Care Facilities; The Blue Book(Second Edition)".

ASHRAE, 2013, ASHRAE standard 170-2013; "Ventilation of Health Care Facilities".

CBCS, 2016, "2016 California Mechanical Code; California code of Regulations Title 24, Part 4".

CDC, 2003, "Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities".

HEAJ, 2013, "HEAS-02-2013; Hospital facility design guidelines".

JCI, 2011, "Joint Commission International Accreditation Standards for Hospitals".

Kwon, Soonjung; Yoon, Hyungjin, 2016, A development of design guidelines for the negative pressure isolation units controlling severe respiratory infectious disease, KIHA, Vol. 22, No 3, pp 45-56

Lee, Duruna; Kwon, soonjung; Sung, Minki; Yoon, Hyungjin; Hong, Jinkwan, 2017, A study on the facility eligibility inspection & effect of environment improvement for national inpatient isolation units, KIHA, Vol. 23, No 4, pp 67-75

Sung, Minki; Kato, Shinsuke; Kim, Jonghyun, 2012, Airborne contaminant dispersion in the ward area of a hospital, JKLES, Vol. 19, No 1, pp 1-7

TEXAS DOH, 2013, "Title 25 Texas Administrative Code Chapter 133 Hospital Licensing Rules".

UK DOH, 2007, "Heating and ventilation systems Health Technical Memorandum 03-01: Specialised ventilation for healthcare premises Part A & Part B".

Yoon, Hyungjin; Oh, Joongul, 2015, A Study on an acceptance of CDC guideline on practical emergency department planning -Focusing on comparison CDC guideline to Emergency Medical Service Act-, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No 11, pp 7237-7243

Yoon, Jinha; Lee, Byunghee; Yeo, Myoungsok; Kim, Kwangwoo, 2016, Comparison of domestic and foreign guidelines for preventing airborne infection, Architectural institute of Korea 2016 annual autumn proceeding, Vol. 36, No 2, pp 688-689

접수 : 2018년 02월 12일  
 1차 심사완료 : 2018년 05월 10일  
 게재확정일자 : 2018년 05월 10일  
 3인 익명 심사 필