

A Study on the Facility Eligibility Inspection & Effect of Environment Improvement for National Inpatient Isolation Units

국가지정 입원치료 격리병상 시설적격성 및 환경개선효과 분석에 관한 연구

Lee, Du Ru Na* 이두루나 | Kwon, Soon Jung** 권순정 | Sung, Min Ki*** 성민기 | Yoon, Hyung Jin**** 윤형진 | Hong, Jin Kwan***** 홍진관

Abstract

Purpose: This study is for the facility eligibility and improvement evaluation analysis for the patient care environment of 7 facilities which has national inpatient isolation units. Methods: For the evaluation, first of all, the patient care environment of national inpatient isolation units are scrutinized by the checklist which is used on from 2014 with the 4 fields of criteria : architectural planning and layout, general requirement and condition for operating the negative pressured isolated patient room, HVAC system, and waste water discharging system. Finally, the evaluation results are compared with that of 2014. Results: The result shows that the average value of facility eligibility is 89.3 percent and which is 8.9 percent higher than the value before the MERS occurred. Implications: It is clear that facility remodeling of 7 institutions is being performed continuously, and the result of facility eligibility evaluation is reflected on design of a new 21 national inpatient isolation units those are going to be constructed from 2016. Therefore, it is expected that this study is used as a practical reference to establish the criteria of patient care environment management and safety management for both infectious disease outbreak and general service condition.

Keywords Inspection, Facility eligibility, National inpatient isolation units, Criteria of safety-management, Environment Improvement.

주 제 어 평가, 시설적격성, 국가지정 입원치료 격리병상, 안전관리기준, 환경개선

1. Introduction

1.1 Background and Objective

2015년 발생한 MERS(중동호흡기증후군)는 확진 환자 수 186명, 사망자 38명, 격리 해제 수 16,752명으로 공식적으로 종식되었으나 보건복지부는 메르스 포털을 지금도 운영하면

서 감시상태에 있다. 예상치 못한 MERS의 발생은 고위험 호흡기 전염병 등의 국가 감염병 위기 발생 상황시 즉각적인 공중보건위기대응 조치와 운영의 필요성이 얼마나 절실한지를 잘 보여주고 있다. 예고없이 발생하는 신종감염병에 효율적으로 대처하기 위해서 국가지정 입원치료 음압병상과 거점병원의 시설에서 비상시를 대비한 정상운전 기능의 확보와 시설의 설계 및 시공과 운영 및 유지관리 평가지표 개발이 더 중요해지고 있다. 또한, 평가지표에 따른 현장평가를 통한 시설의 적격성을 평가하고 이를 토대로 미비한 시설개선 및 평상시 효율적인 시설운영 방안 제공과 비상시 관리 및 공중보건 위기대응체제를 지속적으로 구축하는 것이 중요하다. MERS 발생 후 보건복지부에서는 2016년부터 신규로 21개소 국가지정 음압치료병상 확충사업을 진행하고 있다. 또한 MERS 발

* Master's Course, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University (Primary author: duruduruna112@gmail.com)
** President, Professor, Ph.D. Department of Architecture, Ajou University (sjkwon@ajou.ac.kr)
*** Assistant Professor, Ph.D. Department of Architectural Engineering, Sejong University (mksung@sejong.ac.kr)
**** Assistant Professor, Department of Architecture, Dong Seoul University (hjyoon@du.ac.kr)
***** Professor, Ph.D. Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University (Corresponding author: jkhong@gachon.ac.kr)

생의 후속조치로 범부처 차원의 '국가방역체계 개편방안'(국가정책조정회의, '15.9.1)을 필두로 감염 및 시설 관련 전문가, 병원협회, 질병관리본부, 건강보험심사평가원, 의료기관평가인증원 등 유관기관 등과 수차례 협의체 회의 및 실태조사 등을 통해 의료법 시행규칙 개정안을 마련하고 7월28일부터 9월5일까지(40일간) 입법예고 후 개정되었다. 그 주된 내용은 의료기관의 감염 예방 및 관리를 위한 음압격리병실 등 격리병실 설치, 입원실·중환자실의 병상 면적 및 병상간 이격거리 확보 등 향후 의료기관 시설규격에 대한 개선을 포함하고 있다. 감염병 발생에 대처하기 위해서 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」제36조(감염병관리시설 등의 설치 및 관리방법) 및 동법 시행규칙 제31조(감염병관리시설 등의 설치 기준 등)와 국가지정입원치료병상운영규정(질병관리본부 예규 제216호, 2013.3.19) 제9조(시설 및 장비유지관리), 제12조(자료 제출 및 보고)에 의하여 국가지정 음압병동 기능 및 시설기준을 마련하여 실제 적용하고 있다.

본 연구에서는 2014년도에 현장 점검평가를 수행한 기관으로 2015년 MERS 발생으로 인한 대응진료로 인해 물리적으로 현장점검하지 못했던 강릉의료원을 비롯한 7개 국가지정 입원치료 음압병상을 대상으로 정하고, 2014년 시설의 적격성을 평가하기 위해 작성된 체크리스트를 준용하여 2016년 7월부터 8월까지 현장을 방문하여 시설적격성을 점검하고 점검결과와 2014년에 대한 환경개선효과를 분석하였다. 이를 통해서 신종감염병으로 국가지정 입원치료 음압병상에 입원치료 받는 신종감염병 환자의 격리치리에 필요한 시설의 적격성과 2014년에 대한 환경개선효과를 조사하고 이를 분석하여 시설의 년차별 개선방안과 평상시와 비상시의 시설 유지관리 및 안전관리기준의 설정에 활용하고자 하였다.

1.2 Method of Research

적격성평가를 위한 현장점검은 2016년 7월~ 8월에 걸쳐 2014년도에 현장 점검평가를 수행한 기관으로 2015년 MERS 발생으로 인한 대응진료로 인해 물리적으로 현장점검하지 못했던 강릉의료원을 비롯한 7개 국가지정 입원치료 음압병상 시설을 갖춘 의료기관을 방문하여 수행하였고, 현장에서 시설의 적격성과 환경개선 여부를 쉽게 확인할 수 있도록 67개 세부항목의 현장점검 체크리스트를 현장점검에 적용하였다. 현장점검 체크리스트는 2014년에 국가지정 입원치료 음압병상 시설을 점검하기 위해 구성하여 현장점검에 적용해왔으며, 1) 레이아웃 및 시설운영 동선계획 2)시설의 물리적 요구사항(음압구역 완전성 시험, 인터락 시험, 온습도, 소음, 조도 등 실내환경조절) 3)공조 급배기시스템(환기횟수 및 기류분포, 공조시스템의 적정화, 실간 설정 음압, 자동제어 및 운용SOP와 연계성 강화) 4) 폐수처리시스템의 신뢰성 확보 여부를 확인할 수 있도록 구성되어 있다. 실측이 필요한 환기횟수(Air change

rate)의 경우 모델명 Accubalance 8372-M-GB인 TSI사의 Air Flow Meter를 사용하여 급기구 풍량을 실측하여 산정하였다.

2. The Outline of National Inpatient Isolation Units

2011년 11월 질병관리본부에서 발간된 입원치료(격리)병상운영과 관리(안)1)에서는 격리병상의 기능 및 시설 및 운영 기준을 제시하고 있다. 국가지정 입원치료병동은 진료 및 감염확산의 방지가 주된 기능을 수행하여야 하며, 접촉, 비말, 공기감염의 차단을 위한 전외기방식의 급기와 대기 중 병원체 확산을 방지하기 위한 살균, 여과, 배기시스템 및 이를 위한 제어장치로 기본적으로 구성되어 있다. 입원치료병동으로서의 기능을 수행하기 위해서 진료시 필요한 공간과 설비, 감염확산 방지를 위한 시설과 절차 및 병동 내에 환자가 입원시 요양을 위한 생활공간으로서의 질을 유지하는 것이 중요하다. 진료를 위해서는 기본적으로 일반병실과 동일한 진료시설을 유지하나, 검사와 치료가 병실 내에서 시행되므로 필요시 이를 위한 공간과 설비의 확보가 필요하다. 또한 진료를 위한 조명과 의료용 가스 및 수액병 거치장치 등의 설치도 필요하다. 감염확산의 방지를 위해서 화장실 및 샤워시설은 환자가 복도로 나가지 않도록 병실 내에 설치하고, 사용을 마친 의료재료는 병실에서 가지고 나오기 전에 2중 포장 및 감염성물질 인식용 표지를 부착하여, 병실 내에서 봉인하여야 한다. 또, 의료장비를 사용 후 병실 외부로 이동이 필요한 경우 소독액 세척 후 이동하여야 하며, 공기흐름에 의한 감염확산의 방지를 위해 해당 병실의 공기가 타 병실로 흘러가지 않도록 유의하여야 한다. 배기는 직접 외부로 배출하고, 바닥, 벽 등은 청소나 소독이 쉬운 재질을 선택하여야 한다. 추가로 요양을 위한 생활공간의 질을 유지할 수 있도록 일상생활의 편의를 위한 독서, 컴퓨터 등 시설과 외부의 정보제공을 위한 신문과 TV 등 편의시설의 구비도 필요하다.

[Table 1] Current facility eligibility inspection of national inpatient isolation units (2016)

No	Hospital	2016 Facility Eligibility Inspection	Sickbeds (Negative/General)	MERS Patients (Confirmed Suspected)
1	A	○	43(5/38)	(1/29)
2	B	○	50(10/40)	(0/1)
3	C	○	25(5/20)	(4/13)
4	D	○	28(4/24)	Unknown
5	E	○	35(7/28)	(0/6)
6	F	○	55(5/50)	(0/8)
7	G	○	38(5/33)	(3/6)

2.1 The Facility Criteria of National Inpatient Isolation Units

앞서 언급한 입원치료(격리)병상운영과 관리(안)(1)에서는 감염관리시설로서 병실을 일반 격리병실과 음압 격리병실로 구분하고 있다. 일반 격리병실은 화장실, 샤워시설, 병실 내 손 씻기 시설, 수도 등 자동작동시설 및 병실음압유지가 가능하도록 규정하고 있다. 음압 격리병실은 일반 격리병실에 추가로 전실을 설치하여야 하며, 음압유지는 물론 병실 공기살균과 병실 공기를 배출할 경우 HEPA필터 통과 후 배출하는 것으로 규정되어 있다. 그러나 대상으로 설정한 7개 국가지정 입원치료 음압병상시설을 갖춘 의료기관의 경우 개별시설을 신축한 것이 아니라 기존 병실을 의료기관의 여건에 따라 입원치료(격리)병상운영과 관리(안)(1)을 참고로 개수한 상태가 다수이며, 기존 병원건물의 계획적인 특성과 현실적인 여건상 건축적인 점검사항을 만족하기 어려운 상태도 있어 건축계획적인 측면의 분석을 지양하고 년차별 현장점검에 따른 시설의 적격성과 환경개선효과를 분석하였다. 또한 이를 통해 2015년 MERS발생과 같은 공중보건 위기도래시 공중보건 위기대응능력을 강화할 수 있도록 시설의 적격성을 점검하고 시설부분에서 개선하여야 할 사항을 파악하고 분석하는 것을 주된 목표로 하였다.

2.2 Current Facility Eligibility Inspection of National Inpatient Isolation Units

2015년 12월 기준 총 19개소 640병상(음압: 120, 일반: 520)이 운영되고 있으며, 앞서 설명한 바와 같이 MERS 발생 후 2016년부터 신규로 21개소 국가지정 음압치료병상 확충 사업을 진행하고 있다. [Table 1]은 2015년 MERS 발생으로 인한 대응진료로 인해 물리적으로 현장점검하지 못했던 강릉 의료원을 비롯한 7개 국가지정 입원치료 음압병상시설현황을 나타내고 있다.

2.3 Facility Eligibility Inspection of National Inpatient Isolation Units

SARS, 조류인플루엔자 인체 감염증, 신종 인플루엔자 대상 입원치료(격리)병상운영과 관리(안)(1)과 실험실생물안전지침(2), 유전자재조합실험지침(3), 생물안전 3등급 연구시설의 기술검증서(4)와 외국의 관련 Guideline(5,6,7,8,9)을 검토하여 국가지정 입원치료병상에 대한 현장평가 점검을 위해 아래와 같이 14개 항목(67개 항목)으로 작성된 체크리스트를 적용하였다. 아래에서 *는 67개 체크리스트 중에서 2016년도 격리병상 신규 확충설계단계에서 필수사항으로 설정한 항목을 표시하였다.

1) Verification of Containment in Negative Pressure Zones

- ① 외부에서 환자가 병원 내 다른 부서를 거치지 않고 직접 진입가능
- ② 음압격리병동은 비음압구역 및 일반구역과 물리적으로 분리 설치*
- ③ 복도전실 설치*(일반구역에서 음압구역으로 들어가기 위한 병동 출입구 전실)
- ④ 일반구역과 격리구역 간 관찰창 설치
- ⑤ 의료진 전용 착의 및 탈의실 설치*
 - 입구와 출구의 분리*
 - 착의실 전실 거울 설치 장비 착용 시 사용)
 - PPE 보관*등 개인장비 보관 및 착의 및 탈의를 위한 시설 설치
- ⑥ 탈의실 출구 측에 샤워실 확보*
- ⑦ 천정고 및 반출입구 적정 공간 확보
 - 복도 천장높이 2.4m*
 - 출입구 유효폭 1.2m 이상 확보*
 - 복도 전실의 깊이 2.4m 이상 확보 (침상 대기상태에서 인터락 가능 확인)

2) Verification of Architecture Items in Negative Pressure Isolation Room

- ① 병실 전실 설치*(격리병동의 내부복도에서 음압병실로 들어가기 위한 병실 출입구 전실 설치)
- ② 병실전실 내에 독립적인 세면대 설치
- ③ 모든 문 유효 출입구 폭 1.2m 이상 확보
- ④ 병실 유효면적 (15m² 이상)*
- ⑤ 병실천장 높이 2.4m 이상 확보*
- ⑥ 다인실 내 침대사이의 거리 1.5m 이상
- ⑦ 병실 부속 화장실 설치*
- ⑧ 병실 부속 화장실 음압제어 가능
- ⑨ 화장실 내 독립적인 세면대 설치
- ⑩ 세면대 설치 시 벽부착 배관방식 적용
- ⑪ 화장실 내 샤워시설 설치*
- ⑫ 병실 내 외부조망 창문 설치*

3) Verification of Airtightness in Negative Pressure Zones

- ① 천장, 바닥, 벽 등 내구성이 강한 내부 마감재 사용 (오염이 잘 안되며 청소도 용이한 화학적 살균 및 훈증소독이 가능한 재료)
- ② 기밀시공 및 기밀 마감재 사용(천장, 바닥, 벽체)
- ③ 내부 기밀시공 확인 (스위치, 등기구, CCTV, 창문, 이음새 등 모든 접촉면)

- ④ 오염원 제공을 억제할 수 있는 가구 배치 걸레받이 연속성 유지, 요철면 최소화, 가구 상하부 밀폐, 이동식 가구 채택 등)
- ⑤ 벽체와 위층 바닥슬라브 밀착도

4) Verification of Communication Facilities*

- ① 병동 및 병실 관찰용 CCTV 설치
- ② 의료진과 커뮤니케이션을 위한 인터폰, 호출기 등 병실 내 호출 장치
- ③ 환자 면회용 화상전화 설치
- ④ 환자 출입을 제한할 수 있는 잠금장치

5) Verification of Monitoring System & other Infrastructure in Negative Pressure Zones

- ① 음압구역 모니터링을 위한 간호스테이션 설치 (기존 시설과 혼합 가능)
- ② 음압구역 내 별도 오물처리실과 오물처리통 구비
- ③ 멸균기(Autoclave) 설치
- ④ 환자검치 이송장치 운용 (검체를 담은 특수 Box 구비)
- ⑤ 오염지역과 비 오염지역 사이 검체이송을 위한 Passbox 구비 (벽을 관통해서 설치된 검체 이송목적 통로)
- ⑥ 음압구역 환경제어를 위한 자동제어실 설치 (기존 시설과 혼합 가능)
- ⑦ 각 실의 온습도, 공기압력, 문열림 상태 등을 디스플레이 할 수 있는 모니터링 시스템

6) Verification of Containment Integrity in Negative Pressure zones

- ① 음압구역 내 각 이음새 부분에 대한 연무(smoke)확인 결과 누기 유무
- ② 음압구역 내 실간 인터락 작동
- ③ 비접촉 개폐장치 설치 여부
- ④ 비상시 비상 개폐가능 장치 설치

7) Verification of Hospital Environment Eligibility

- ① 소음 측정 시 45dB(A) 이하
- ② 조명 점등 시 측정 국부조도 500Lux 이상
- ③ 음압구역 내 온도 23±3°C(설계 당시 반영된 값 기준)*
- ④ 음압구역 내 습도 50±10% RH (설계 당시 반영된 값 기준)*

8) Verification of Ventilation & Airflow

- ① 음압구역의 경우 최소 6회 이상 환기횟수* (권장 12회 이상, 정전 등 비상 시 포함)
- ② 공기흐름은 잠재적 오염도가 낮은 구역에서 높은 구역으로 기류 흐름

9) Verification of Differential Pressure

- ① 밀폐구역 내 설정 음압유지 및 실간 차압과 공기흐름 유지(각 실간 음압차 2.5Pa 이상 유지)*
- ② 밀폐구역 내부 차압 모니터링을 위한 차압계 설치*

10) Verification of Automatic Control System

- ① 비상경보가 발생할 수 있는 설정조건에서 정상적으로 음압구역 내·외부에서 알람 발생 여부
- ② 비상경보 알람 발생 시 오작동 기록 유지*

11) Verification of HVAC System

- ① 전용 급배기 시스템*(배기는 건물 내부로 재순환이 안되어야 함)*
- ② 밀폐구역은 기계 고장 시 공기흐름이 역류하거나 시스템 내에서 교차오염이 발생하지 않도록 설치
- ③ 배기에 헤파필터가 설치되어 있는지 여부*
- ④ 배기 헤파필터가 있다면 기밀댐퍼 또는 동급 이상의 댐퍼 설치
- ⑤ 필터 교체 시 적절한 오염제거 가능 포트 설치
- ⑥ 급기에는 헤파필터 설치*를 권장, 헤파필터를 설치하지 않을 경우에는 역류방지 기밀댐퍼 설치
- ⑦ 헤파필터 유닛은 PAO 테스트 등 확인을 위하여 스캔할 수 있는 구조로 구성

12) Verification of HEPA Filter Unit Integrity

- ① 정상운전 중 헤파필터의 스캔이 가능하고 소독과 밀폐가 가능한 구조인지의 여부
- ② 스캔 시 입자투과율이 0.01%미만
- 튜브로 연결된 스캔(Probe스캔)방식 수행 경우, 개스킷(filter mounting frame)이 포함되도록 스캐닝하며 누기율은 0.005% 미만

13) Verification of the Appropriateness of Management in HVAC System)

- ① 배기시스템과 급기시스템의 연동 여부*
- ② UPS 및 비상발전기 완비*
- ③ 예비 배기팬 구비*

14) Verification of the Waste Water Treatment System

- ① 밀폐구역 내 별도 폐수처리시스템(폐수저장탱크* 및 약약탱크 포함)설치
- ② 음압구역 내 멸균기 설치의 경우, 멸균기 챔버 내부 응축수 드레인온 별도 폐수처리 시스템에 연결

- ③ 폐수처리시스템 설비 재질은 화학적 또는 열적 처리에 적합
- ④ 폐수저장탱크의 통기관 설치 및 헤파필터 등 제균필터 설치
- ⑤ 미생물의 생물학적 불활성화를 위한 약액탱크 설치
- ⑥ 검증포트 설치

2015년 MERS 발생으로 인해 MERS 진료 등 물리적인 이유로 현장점검평가를 진행하지 못한 7개 병원을 대상으로 음압구역 물리적 밀폐 확인(7항)부터 폐수처리시스템 확인(6항)등에 이르기까지 총 67개항의 체크리스트를 적용하고 이에 따른 현장점검을 수행하였다. 이를 통하여 국가지정입원치료 격리병상의 격리계통에 대한 점검과 더불어 2014년도 점검사항에 대한 적격성 여부를 조사하고 평가분석하였다.

[Table 2]는 음압구역 물리적 밀폐확인 7개항에 대한 적격성 평가 결과를 나타내고 있다. 음압구역 물리적 밀폐확인 7개항에서 2항인 음압격리병동은 비음압구역 및 일반구역과 물리적으로 분리 설치 3항인 복도전실 설치 4항인 일반구역과 격리구역간 관찰창 설치 7항인 천정고 및 반출입구 적정 공간 확보는 모두 만족하고 있으며, 외부에서 환자가 병원 내 다른 부서를 거치지 않고 직접 진입 가능, 탈의실 출구 측에 샤워실 확보, 복도전실 설치, 의료진 전용 착탈의실 설치 등에 대해서는 각각 2개소, 1개소, 1개소가 적합하지 않는 것으로 나타나고 있다. 또한, 외부에서 환자가 병원 내 다른 부서를 거치지 않고 직접 진입 가능한 경우는 3개소가 당초 건축 평면에서 만족하지 않는 것으로 나타났으나 1개 기관의 경우 음압카트를 구비하여 실제 MERS 발생 시 환자진료에 활용한 것으로 SOP를 강화하여 구조적인 문제를 극복하여 운영하고 있는 것으로 나타나고 있다. 전체적으로 음압구역 물리적 밀폐에 대해서는 약 88.8%의 적격성을 보이고 있음을 알 수 있다. 부적합 부분은 실제 운용시 SOP의 강화가 필요하며, 향후 개선이 필요한 것으로 판단된다.

[Table 2] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item	Yes	No	
1. Verification of containment in negative pressure zones (7 items)	①	5	2
	②	7	0
	③	7	0
	④	7	0
	⑤	6	1
	⑥	6	1
	⑦	7	0
Sub. Total	45	4	
Average (%)	88.8	11.2	

[Table 3]은 음압병실 내 건축사항 확인(12항)에 대한 적격성 결과를 나타내고 있는데, 점검 7개 기관이 거의 적합한 것

으로 나타나고 있어 전체적으로 97.7%의 적합성을 나타내고 있다. 1항인 병실전실의 설치와 5항인 병실천장 높이 2.4m 이상 확보 등에서 각각 1개소가 적합하지 않는 것으로 나타나고 있어 리모델링이 가능한 부분은 향후 개선이 필요한 것으로 판단된다.

[Table 3] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item	Yes	No	
2. Verification of architecture matters in negative pressure isolation room (12 items)	①	6	1
	②	7	0
	③	7	0
	④	7	0
	⑤	6	1
	⑥	7	0
	⑦	7	0
	⑧	7	0
	⑨	7	0
	⑩	7	0
	⑪	7	0
	⑫	7	0
Sub. Total	84	2	
Average (%)	97.7	1.3	

[Table 4]는 음압구역 기밀성 확인(5항)에 대한 적격성 평가 결과를 나타내고 있다. 1항인 천장, 바닥, 벽 등 내구성이 강한 내부 마감재 사용, 2항인 기밀 시공 및 기밀 마감재 사용 등에 대해서 각각 1개소가 적합하지 않는 것으로 나타나고 있다.

음압구역 기밀성 확인(5항)확인에 있어서는 전체적으로 94.3%의 적합성을 보이는 것으로 나타나고 있다.

[Table 4] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item	Yes	No	
3. Verification of airtightness in negative pressure zones (5 items)	①	6	1
	②	6	1
	③	7	0
	④	7	0
	⑤	7	0
Sub. Total	33	2	
Average (%)	94.3	5.7	

[Table 5]는 통신설비 확인(4항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 통신설비 설치의 경우 의료진과 커뮤니케이션을 위한 인터폰, 호출기 등 병실 내 호출장치 및 병동 및 병실 관촬용 CCTV 설치는 모두 설치된 것으로 나타나고 있으나, 3항인 환

자면회용 화상전화 설치는 2개 기관이 미설치되어 있어 통신설비의 경우 약 92.9%의 적합도를 보이고 있음을 알 수 있다.

[Table 5] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
4. Verification of communication facilities (4 items)	①	7	0
	②	7	0
	③	5	2
	④	7	0
Sub. Total		26	2
Average(%)		92.9	7.1

[Table 6]은 음압 구역 내 모니터링 및 기타 인프라 확인(7항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 음압구역 모니터링을 위한 간호스테이션 설치, 음압구역 내 별도 오물처리실(오물처리통) 구비, 환자 검체 이송장치 운용, 각 실의 온습도, 공기압력, 문열림 상태 등을 디스플레이할 수 있는 모니터링 시스템, 음압구역 환경제어를 위한 자동제어실은 모두 설치되고 있으며, 멸균기 설치는 멸균기 설치가 불필요하다고 생각하는 2개기관을 포함하여 3개 기관이 적합한 것으로 나타나고 있다. 그러나 오염지역과 비오염지역 사이 검체이송을 위한 Passbox 구비는 건축계획 시 Passbox를 설치할 수 있는 평면을 고려하지 않아 현 상태에서 이를 설치할 수 있는 공간을 확보할 수 없어 1개 기관을 제외한 대부분의 기관이 부적합한 것으로 나타나고 있다. 음압구역 내 모니터링 및 기타 인프라의 경우 79.6%의 적합도를 보이는 것을 알 수 있다.

[Table 7]은 음압밀폐구역 완전성 확인(4항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 음압구역 내 실간 인터락 작동, 음압구역 내 각 이음새 부분에 대한 연무(smoke)확인 결과 누기 발생의 경우 모든 기관에서 적합한 것으로 나타나고 있으며, 비상시 비상 개폐가능 장치 및 비접촉 개폐장치 설치의 경우 각각 1개소와 2개소가 부적합한 것으로 나타나고 있어, 음압밀폐구역 완전성에 대해서는 89.3%의 적격성을 유지하고 있는 것으로 나타나고 있다.

[Table 6] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
5. Verification of monitoring system & other infrastructure in negative pressure zones(7 items)	①	7	0
	②	7	0
	③	3	4
	④	7	4
	⑤	1	6
	⑥	7	0
	⑦	7	0
Sub. Total		39	14
Average(%)		79.6	20.4

[Table 7] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
6. Verification of containment integrity in negative pressure zones(4 items)	①	7	0
	②	7	0
	③	5	2
	④	6	1
Sub. Total		25	3
Average(%)		89.3	10.7

[Table 8]은 병실 환경 적격성 확인(4항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 소음, 국부조도의 경우 모두 적절한 것으로 나타나고 있으며, 음압구역 내 온습도 등의 병실환경은 각 1개소 부적합하여 92.9%의 적격성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

[Table 9]는 환기 및 기류 흐름도 확인(2항)과 차압 확인(2항) 및 자동제어시스템 확인(2항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 환기 및 기류 흐름도 확인에서는 모든 경우에 공기흐름은 잠재적 오염도가 낮은 구역에서 높은 구역으로 기류 흐름이 유지되고 있는 것으로 나타나고 있다. 또한, 음압 구역의 환기횟수는 2014년 이후 개선 노력으로 최소 모두 6회 이상 환기횟수를 만족하고 있으며, 밀폐구역 내 각 실간 음압차 2.5Pa 이상 유지 및 모니터링용 차압계가 모두 설치되어 있어 적합한 것으로 나타나고 있다. 자동제어시스템의 경우 비상경보가 발생할 수 있는 설정조건에서 정상적으로 음압구역 내,외부에서 알람발생과 비상경보 알람 발생 시 오작동 기록 유지는 각각 2개 기관과 1개 기관이 만족하지 못하는 것으로 나타나 개선이 필요하며, 전체적으로 92.9%의 적격성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

[Table 8] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
7. Verification of hospital environment eligibility(4 items)	①	7	0
	②	7	0
	③	6	1
	④	6	1
Sub. Total		26	2
Average(%)		92.9	7.1

[Table 9] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
8. Verification of ventilation & airflow(2 items)	①	7	0
	②	7	0
9. Verification of differential pressure(2 items)	①	7	0
	②	7	0
10. Verification of automatic control system(2 items)	①	5	2
	②	6	1
Sub. Total		39	3
Average(%)		92.9	7.1

[Table 10]은 공기조화시스템 확인(7항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다. 모든 경우에 배기에 헤파필터가 설치되어 있으며, 급기에는 헤파필터 설치를 권장하고 있으나 그렇지 못할 경우에는 역류방지 기밀댐퍼가 설치되어 있는 것을 알 수 있다. 1개 기관에서 필터 교체시 적절한 오염제거 가능 포트 설치와 헤파필터 유닛은 PAO 테스트 등 확인을 위하여 스캔할 수 있는 구조가 되어 있지 않아 개선할 필요가 있는 것으로 나타나고 있으며, 전체적으로 공기조화시스템의 적정성은 95.9%로 나타나고 있다.

[Table 11]은 헤파필터유닛 완전성 확인(2항)과 공조설비 운영 적정성 확인(3항)에 대한 적격성 평가결과를 나타내고 있다.

헤파필터유닛 완전성 확인에 대해서는 1개 기관이 정상운전 중 헤파필터의 스캔이 가능하고 소독과 밀폐가 가능한 구조로 개선 및 스캔 시 입자투과율이 0.01%미만이 되도록 할 필요가 있으며, 누기율 0.005%미만을 만족하지 못하는 경우도 3기관으로 나타나고 있어 헤파필터유닛 완전성을 적절히 유지할 수 있도록 개선하여야 할 것으로 판단된다.

공조설비 운영 적정성에 대해서는 예비 배기팬 구비는 모든 기관에서 만족하고 있으며, 2개 기관에서 UPS 및 비상발전기 완비가 필요한 것으로 나타나고 있다. 비상시를 대비한 배기시스템과 급기시스템의 연동은 3개의 기관에서 이루어지지 않는 것으로 나타나고 있으며, 전체적으로 헤파필터유닛 완전성과 공조설비 운영에 대해서는 74.3%의 낮은 적격성을 나타내고 있어 이 부분에 대한 보완이 빠른 시간 내에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

[Table 10] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
11. Verification of HVAC system(7 items)	①	7	0
	②	7	0
	③	7	0
	④	7	0
	⑤	6	1
	⑥	7	0
	⑦	6	1
Sub. Total		47	2
Average(%)		95.9	4.1

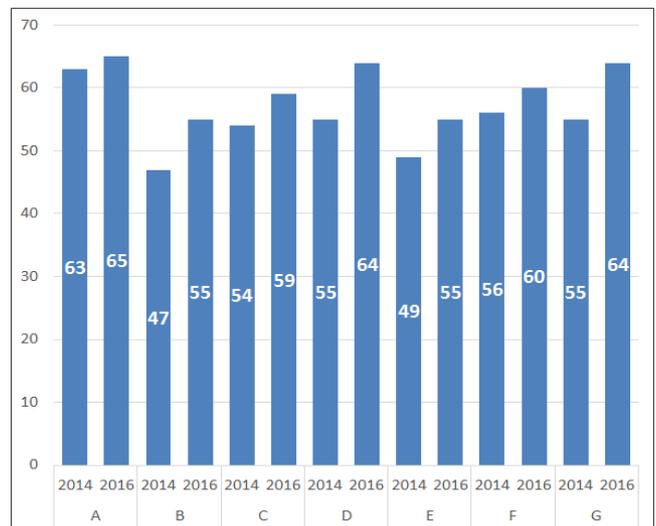
[Table 11] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item		Yes	No
12. Verification of HEPA filter unit integrity (2 items)	①	6	1
	②	4	3
13. Verification of the appropriateness of management in HVAC system(3 items)	①	4	3
	②	5	2
	③	7	0
Sub. Total		26	9
Average(%)		74.3	25.7

[Table 12]는 폐수처리시스템 확인(6항)에 대한 적격성 평가결과로 폐수저장탱크의 재질은 화학적 또는 열적 처리에 적합한 것으로 나타나고 있고, 모든 경우 별도 폐수처리시스템이 설치되어 운영되고 있으며, 미생물의 생물학적 불활성화를 위한 약액 탱크를 설치하지 않는 경우도 1개소 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 음압구역 내 멸균기 설치의 경우, 멸균기 챔버 내부 응축수 드레인인 별도의 폐수처리시스템에 연결되고 있지 않는 경우도 1개소 나타나고 있으며, 검증포트나 폐수저장탱크의 통기관 설치 및 헤파필터 등 제균필터가 설치되어 있지 않는 경우도 각각 3개 기관으로 나타나 전체적으로 81%의 상대적으로 낮은 적격성을 나타내고 있어 오염도가 심한 폐수의 격리성 유지를 위해 개선이 필요할 것으로 판단된다.

[Table 12] Assessment of National Inpatient Isolation Units

Item	Yes	No	
14. Verification of the wastewater treatment system(6 items)	①	7	0
	②	6	1
	③	7	0
	④	4	3
	⑤	6	1
	⑥	4	3
Sub. Total	34	8	
Average(%)	81	19	



[Figure 1] Comparison between 2014's and 2016's Facility Eligibility Inspection of National Inpatient Isolation Units

[Table 13] Verification results between 2014's and 2016's Facility Eligibility Inspection of National Inpatient Isolation Units

Hospital	A		B		C		D		E		F		G	
	'14	'16	'14	'16	'14	'16	'14	'16	'14	'16	'14	'16	'14	'16
1.Containment in Negative Pressure Zones(7)	7	7	3	4	7	7	7	7	6	7	7	6	6	7
2.Architecture Items in Negative Pressure Isolation Room(12)	12	12	11	11	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12
3.Airtightness in Negative Pressure Zones(5)	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
4.Communication Facilities(4)	4	4	2	3	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4
5.Monitoring System & other Infrastructure in Negative Pressure Zones(7)	5	5	4	6	5	5	5	7	5	5	5	6	5	5
6.Containment Integrity in Negative Pressure zones(4)	4	4	2	4	3	3	1	3	4	4	4	4	3	3
7.Hospital Environment Eligibility(4)	4	4	2	4	3	4	4	4	4	4	2	2	4	4
8.Ventilation & Airflow(2)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
9.Differential Pressure(2)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10Automatic Control System(2)	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	0	0	2	2
11.HVAC System(7)	7	7	6	7	4	7	7	7	2	5	7	7	6	7
12.HEPA Filter Unit Integrity(2)	2	2	1	1	1	1	2	2	0	0	1	2	0	2
13.Appropriateness of Management in HVAC System(3)	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	2	2	2	3
14.Waste Water Treatment System(6)	4	6	3	4	2	3	2	6	3	3	4	6	3	6
Total	63	65	47	55	54	59	55	64	49	55	56	60	55	64

[Table 13]은 MERS 발생 전인 2014년도 점검 시 개선 사항 도출 이후 2015년도 MERS 발생으로 인해 2016년도 현장점검평가를 수행한 7개 기관의 시설적격성을 14개 항목에 대해서 2014년도와 비교하여 나타내고 있다. 또한, [Figure 1]에서 보는바와 같이 각 기관 모두 2014년에 비해 시설적합도가 개선되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이를 종합해보면 67개 항목에 대한 7개 기관의 현장점검에 의한 전체적인 적격성은 평균 89.3%로 나타나고 있다. 이와 같은 평균치는 2014년에 이루어진 7개 기관의 현장평가 결과⁽¹⁰⁾인 80.4%에 비해서 약 8.9% 정도 적격성이 높아지고 있다는 것을 확인할 수 있으며, 이는 2015년 MERS 발생 후 개선을 통하여 전년도 결과에 따른 연차적인 개선이 이루어지고 있는 결과로 판단된다.

3. Conclusion

2015년 MERS 발생으로 인한 대응진료로 인해 물리적으로 현장점검이 이루어지 못했던 강릉의료원을 비롯한 7개 국가 지정 입원치료 음압병상시설을 대상으로 현장평가 점검을 수행하고 적격성 평가를 한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 음압구역 물리적 밀폐확인 7개항에서 외부에서 환자가 병원 내 다른 부서를 거치지 않고 직접 진입 가능, 탈의실 출구 측에 샤워실 확보, 복도전실 설치, 의료진 전용 착탈의실

설치 등에 대해서는 각각 2개소, 1개소, 1개소가 적합하지 않는 것으로 나타나고 있다. 또한, 외부에서 환자가 병원 내 다른 부서를 거치지 않고 직접 진입 가능한 경우는 3개소가 당초 건축평면에서 만족하지 않는 것으로 나타났으나 1개 기관의 경우 음압카트를 구비하여 실제 MERS 발생 시 환자진료에 활용한 것으로 SOP를 강화하여 구조적인 문제를 극복하여 운영하고 있는 것으로 나타나고 있다. 전체적으로 음압구역 물리적 밀폐에 대해서는 약 88.8%의 적격성을 보이고 있음을 알 수 있다. 부적합 부분은 실제 운용 시 SOP의 강화가 필요하며, 향후 개선이 필요한 것으로 판단된다.

2) 음압병실 내 건축사항 확인(12항)에 대한 적격성 결과를 나타내고 있는데, 점검 7개 기관이 거의 적합한 것으로 나타나고 있어 전체적으로 97.7%의 적합성을 나타내고 있다.

3) 음압구역 기밀성 확인(5항)에 있어서는 전체적으로 94.3%의 적합성을 보이는 것으로 나타나고 있다. 1항인 천장, 바닥, 벽 등 내구성이 강한 내부 마감재 사용, 2항인 기밀 시공 및 기밀 마감재 사용 등에 대해서 각각 1개소가 적합하지 않는 것으로 나타나고 있다.

4) 통신설비의 경우 약 92.9%의 적합도를 보이고 있고, 음압구역 내 모니터링 및 기타 인프라의 경우 79.6%의 적합도를 보이는 것을 알 수 있다.

5) 음압밀폐구역 완전성에 대해서는 89.3%의 적격성을 유지하고 있으며, 병실 환경 적격성 확인(4항)에 대한 적격성 평가결과는 92.9%의 적격성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

6) 환기(2항) 및 기류흐름도(2항) 확인에서는 모든 경우에 공기흐름은 잠재적 오염도가 낮은 구역에서 높은 구역으로 기류 흐름이 유지되고 있는 것으로 나타나고 있으며, 전체적으로 92.9%의 적격성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

7) 1개 기관에서 필터 교체시 적절한 오염제거 가능 포트 설치와 헤파필터 유닛은 PAO 테스트 등 확인을 위하여 스캔할 수 있는 구조가 되어 있지 않아 개선할 필요가 있는 것으로 나타나고 있으며, 전체적으로 공기조화시스템의 적정성은 95.9%로 나타나고 있다.

8) 비상시를 대비한 배기시스템과 급기시스템의 연동은 3개의 기관에서 이루어지지 않는 것으로 나타나고 있으며, 전체적으로 헤파필터유닛 완전성과 공조설비 운영에 대해서는 74.3%의 낮은 적격성을 나타내고 있어, 이 부분에 대한 개선이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

9) 폐수처리시스템 확인에 대해서는 미생물의 생물학적 불활성화를 위한 약액 탱크를 설치하지 않는 경우와 음압구역 내 멸균기 설치의 경우, 멸균기 챔버 내부 응축수 드레인인 별도의 폐수처리시스템에 연결되고 있지 않는 경우도 각각 1개소 나타나고 있으며, 검증포트나 폐수저장탱크의 통기관 설치 및 헤파필터 등 제균필터가 설치되어 있지 않는 경우도 각각 3개 기관으로 나타나 전체적으로 81%의 상대적으로 낮은 적격성을 나타내고 있어 폐수의 격리성 유지를 위한 개선이 필요할 것으로 판단된다.

이와 같은 현장점검평가를 종합적으로 분석해 본다면 격리병상의 공기흐름은 잠재적 오염도가 낮은 구역에서 높은 구역으로 흐르고 있고, 밀폐구역 내 설정 음압유지 및 실간 차압과 공기흐름은 대부분 잘 유지되고 있어, 시설의 실제 운용시 음압시설의 역할은 수행할 것으로 판단된다. 그러나, 시설 신뢰성을 담보할 수 있는 격리계통의 전체적인 적합성은 89.3%로 일부의 항목에서 만족하지 못하고 있으므로 적합성 평가 결과를 토대로 앞서 분석한 미흡한 부분에 대한 개선이 공중보건위기 대응수준 향상을 위해서 필요할 것으로 판단된다. 이와 같은 적합성 현장평가결과는 MERS 발생 후 2016년부터 신규로 21개소 국가지정 음압치료병상 확충사업의 설계 단계에서 반영되고 있다. 또한, 향후 현재 건축이 진행중인 시설을 포함한 29개소의 국가지정 입원치료 음압병상시설을 대상으로 질병관리본부의 년차별 점검계획에 의한 추가적인 시설적격성 현장점검이 진행될 예정으로 있다. 이와같은 시설에 대한 현장점검평가는 점검대상기관의 선정과 점검평가 진행을 연구진의 자의로 수행하기 어렵고, 질병관리본부의 허가와 협조를 받아 수행되는 연구진행상의 한계점을 내포하고 있다. 향후 질병관리본부의 년차별 점검계획에 따라 수행된 현장

점검평가 결과들은 신종 감염병으로 국가지정 입원치료 음압병상에 입원치료 받는 신종감염병 환자의 격리치료에 필요한 시설의 안전성을 높여 비상시 공중보건 위기대응능력을 강화하고, 평상시와 비상시의 시설 유지관리기준과 안전관리기준의 도출에 중요하게 활용될 것이다.

Acknowledgements: Funding for this study was provided by Korean Centers for Disease Control & Prevention and Industry Academic Cooperation Foundation of Gachon University.

References

- CDC, 2003, Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities
- CDC/NIH, 2007, Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories
- European Network for Highly Infectious Diseases, Manual for the safe and appropriate management of Highly Infectious Disease patients in isolation facilities
- Hong, J.K., 2015, A Study on the Facility Eligibility Inspection of National Inpatient Isolation Units, Journal of SAREK, Vol.27, No.10, pp. 506-514
- KCDC, 2008, Guidelines for laboratory biosafety
- KCDC, 2011, SARS, AI in human, PI, National inpatient isolation units management guideline
- KCDC, 2012, Statement of verification for biosafety level3 laboratory Laboratory Biosafety Guidelines, Health Canada, 2004
- Minister of Health and Welfare, 2014, Guideline for recombinant gene experiment
- WHO, 2004, Laboratory Biosafety Manual

접수 : 2017년 10월 15일
1차 심사완료 : 2017년 11월 11일
게재확정일자 : 2017년 11월 11일
3인 익명 심사 필