

의료시설 관련 기준 비교와 환경 조사를 통한 의료시설 지침 및 현황 분석

Comparison of Standards for healthcare Facilities and Environmental Investigation to Analyze Guidelines and Current Status of Healthcare Facilities

조예림* Jo, Yelim | 김기훈** Kim, Gihoon | 성민기*** Sung, Minki

Abstract

Purpose: This study aims to analyze and supplement the standards related to healthcare facilities, negative pressure isolation wards, and emergency treatment facilities. In addition, through environmental investigations, analysis of emergency remodeling cases centered on the structural and HVAC characteristics of healthcare facilities is conducted. **Methods:** Domestic and foreign standards related to healthcare facilities were analyzed. Field investigations and architectural drawing analysis of general and emergency treatment facilities were conducted. **Results:** Healthcare facilities have different space classifications and air conditioning methods depending on the site situation. Emergency treatment facilities are classified into cases where the HVAC system is remodeled and portable negative pressure unit is installed, and some facilities did not meet the standards for differential pressure and air change rate. **Implications:** When developing emergency remodeling technology, remodeling and safety evaluation guidelines, it is considered possible to propose clearer guidelines for emergency remodeling treatment facilities for infectious diseases in Korea by referring to the results of this study.

주제어: 의료시설, 긴급전환시설, 음압격리병실

Keywords: Healthcare Facility, Emergency Treatment Facility, Negative Pressure Isolation Ward(NPIW)

1. 서론

1.1 연구 배경

2015년 다인실 위주의 국내 일반병실에서 중동호흡기증후군(Middle East Respiratory Syndrome, MERS) 원내 전파가 발생하였으며, 중증급성호흡기증후군(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS), 신종 인플루엔자에 이어 최근에는 2019년 12월에 코로나19(Corona Virus Disease 19, COVID-19)가 처음 발병하였다. 이후 지속적으로 감염 확산이 발생하고 있어 이에 대한 의료시설의 대응이 중요해지고 있다. 이와 같은 호흡기 전파 감염병 대유행 이후 의료법 시행규칙 개정을 통해 다인실 축소, 면적 확보, 환기시설 의무화 등 병실 환경 개선 및 감염병 대응을 위한 음압격리병실 확충 대책을 마련하고 있다. 이에 따라 정부는 치료병상을 확충하였으나 확진자 및 위중증 환자 수 급증으로 인해 2021년 12월 중환자실 병상 가동률은 70 %를 초과하였다. 또한 명확한 지침과 기준 없이 긴급전환을 통해 음

압격리시설을 확충하여 시설마다 조성된 환경이 상이하다.

2015년도 국내 MERS 유행 당시에는 약 20개 의료기관의 국가지정 입원치료병상 확충으로 신종 감염병에 대한 신속한 대응이 가능하였다. 이후 치료병상 수요 증가로 인해 국가지정 입원치료병상이 확충되어 코로나19 확산 이전인 2019년도 기준으로 전국 29개 병원에서 535병상(음압 198개소, 일반 337개소)이 구축 및 운영되었다. 코로나19 발병 초기 단계에는 국가지정 입원치료병상 위주의 대응이 가능하였으나, 대유행 이후 신속한 감염병 대응 병상이 필요하였다. 이를 위해 정부에서는 23개 의료기관을 선정하여 중환자 긴급치료병상(음압치료병상) 416개를 확충하도록 하였고, 2022년 10월 29일 기준으로 중환자 전담치료병상(위중증)이 1,572개 확보되었다. 역대 최대 일별 위중증 환자 수(1,196명) 기준 병상 가동률은 76 %로 산출되며, 코로나19뿐만 아니라 신종 및 원인불명 감염병 발생의 초기 대응을 위한 음압치료 병상 수가 부족할 것으로 판단된다.

국내 음압격리병실 시설 기준의 경우 「국가지정 입원치료병상 운영과 관리 지침」에 명시되어 있고 기준 내 항목은 필수 및 권장으로 분류된다. 국내 최초 코로나19 확진자 발생 이후 급속도로 확산됨에 따라 정부에서는 기존 중환자실 또는 일반 의료

* 회원 박사과정, 건축공학과, 세종대학교(주저자: adeline0221@gmail.com)

** 회원, 박사과정, 건축공학과, 세종대학교 (kimkh7637@gmail.com)

*** 이사, 교수, 건축공학과, 세종대학교(교신저자: mksung@sejong.ac.kr)

시설을 음압시설로 전환하기 위해 2020년 5월 「코로나19 중증 환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」을 제시하였다. 이는 「국가지정 입원치료병상 운영과 관리 지침(2019)」의 국가지정 입원치료병상 기준을 참고하여 필수 및 권장항목을 분류하였으나 동일 항목에 대한 필수 및 권장 여부는 상이하다. 이와 같이 다양한 기준이 존재하고 기준에 따라 내용 또는 세부 항목이 상이하지만, 기준을 취합하여 비교한 연구는 부족한 상황이다.

건축물은 공간구조, 환경 및 설비적 특성이 상이하여 감염병 격리 병동 긴급 전환 시 대상 공간, 설비 등에 대한 분석이 필요하고 유형 분류에 따라 고려해야 할 항목이 판이하다. 또한 기준에 마련되어 있는 긴급 전환 음압격리 중환자실 및 병동의 시설 기준 보안을 위해 실제 긴급 전환 사례 분석 및 환경 조사를 통한 의료시설 전환 방식의 분류가 필요하다. 이에 따라 공조 설비 설치 및 운영 현황 확인을 위해 국내 기준 일반 의료시설 및 긴급 전환 감염병 격리 병동의 현장 조사와 도면 분석을 수행하여 의료시설 구조 및 설비 시스템을 분석해야 한다.

따라서 본 연구에서는 의료시설 관련 기준, 음압격리병실 시설 기준 및 긴급치료병상의 기준을 분석하여 차이점과 보완사항을 도출하고자 한다. 또한 일반 의료시설과 긴급치료병상 대상의 환경 조사를 통해 기존 병동의 구조적, 설비적 특성과 공조 설비 중심의 긴급 전환 사례 분석을 실시한다. 본 연구의 결과를 향후 긴급 전환 기술과 전환 지침, 안전성 평가 지침 등의 개발 시 참고하여 국내 긴급 전환 감염병 격리 병동에 관한 보다 명확한 지침 제안이 가능할 것으로 사료된다.

1.2 관련 연구 조사

2017년 국내·외 음압격리병실 시설 기준 분석에 대한 연구가 진행되었고, 이를 통해 기준에 따라 세부 내용이 상이하며 국내 환기횟수 기준은 기존 및 신축 건물에 대한 구분이 있는 국외 가이드라인과 차이가 있음을 밝혔다(이병희, 2017: 230). 이후 감염병전문병원 운영을 고려한 시설 가이드라인 구축의 중요성을 제시하며 관련 법률이 분석되었다(최광석, 2022: 17). 하지만 이는 운영 방식과 건축 계획 중점의 연구이므로, 공조 설비 시스템에 대한 분석은 진행되지 않았다. 감염병 대응을 위한 노인 요양시설 침실 사용 권장 인원, 용도, 면적 등이 건축적인 측면에서 제시되었으나, 설비적인 측면에서의 분석은 미비하다(이현진, 2021: 19). 팬데믹 상황에서 효율적인 감염병 대응을 위해 다양한 국내·외 질병 관리 병실의 시설 기준이 설비 시스템 중심으로 조사되었으며, 국가지정격리병상의 음압병실과 긴급음압격리병상 설치 기준의 차이점이 분석되었다(조진균, 2022: 195). 하지만 이에 대한 보완 및 개선 사항 도출에 관한 연구 또는 관련 시설에 대한 현장 조사는 수행되지 않았다. 국외에서도 음압격리병실 관련 기준 분석이 진행됨에 따라 국가별 관련 기준을 분석한 연구가 진행되었다(Guo et al., 2021: 187).

2. 연구 방법

현 긴급 전환 및 일반 의료시설 관련 기준 등을 확인하기 위해 7개의 국내·외 기준을 참고하였다. 이를 통해 건물의 건축 및 설비 기준, 음압격리병실 설치 및 운영 기준 등을 분석하고 기준에 따른 항목별 필수 및 권장 여부를 비교하였다.

일반 의료시설 및 긴급치료병상 환경 조사의 경우 일반 의료시설 5개소, 긴급치료병상 8개소에 대하여 현장 조사를 실시하였고, 현장 조사가 불가능한 경우 건축 및 설비 도면 분석을 실시하였다. 여기서 긴급치료병상이란 감염병 환자를 수용할 음압병상이 부족한 병원을 대상으로, 코로나19 대응을 위해 위기 시 음압병상을 신속히 확보할 수 있는 시설을 의미한다. 현장 조사 항목은 병실 및 복도 체적, 풍량, 차압, 공간 구획 및 냉난방 방식, 공조 계통 및 운영 현황, 공조 설비 시스템 등에 해당한다. 정확한 측정값을 위해 사전에 공조기를 가동하여 실내 기류를 안정화시킨 후 풍량을 측정하였다. 실간 차압은 전실이 있는 경우 복도-전실, 전실-병실, 병실-화장실 대상, 전실이 없는 경우 복도-병실, 병실-화장실을 대상으로 측정하였다(표 1). 현장 조사 결과를 통해 병실의 급·배기 풍량 차, 환기횟수를 산출하였고 개선 및 보완 사항을 도출하였다.

[표 1] 풍량 및 차압 측정 장비 사양

측정항목	측정장비	내용
풍량	 Testo 420	<ul style="list-style-type: none"> 측정범위: 40~4,000 CMH 최소단위: 1 CMH 정확도: ± 3 측정값의 % + 12 CMH at 22 °C, 101 hPa (85~3,500 CMH) 반응시간: 1 초
실간 차압	 DG-700	<ul style="list-style-type: none"> 채널 수: 2개 측정범위: -1,250~1,250 Pa 최소단위: 0.1 Pa 정확도: 1 % of pressure reading 또는 0.15 Pa 중 큰 값 반응시간: 1 초

3. 결과

3.1 국내·외 일반 의료시설 관련 기준 분석

1) 「의료법 시행규칙」 [별표 4] 의료기관의 시설규격

의료법 시행규칙 [별표 4]의 내용에서 '입원실' 및 '중환자실'의 시설 기준 확인 결과, 300병상 이상 종합병원에 의무적으로 설치되어야 하는 최소 병상 수 기준, 병상 당 최소 면적 기준, 병상 간 또는 벽으로부터 이격 거리의 최소 기준이 명시되어 있었다. 여기서 병상은 환자가 누워있는 침상을 의미한다. 또한 입원실 및 중환실 모두 손씻기 시설 설치가 필수이며, 입원실은 환기시설도 필수적으로 설치되어야 한다.

2) 「2022년 의료기관 개설 및 의료법인 설립 운영편람」

입원실 및 중환자실 환기기준을 통하여 입원실과 중환자실의 환기횟수 기준 및 화장실 배기 기준을 확인할 수 있다. 환기횟수는 총 6 회/h 이상을 유지해야 하며, 이 중에서 2 회/h 이상은 환기시설을 통해 외기를 도입해야 한다. 실내 재순환량은 입원실 내의 냉난방기기(팬코일유닛(FCU), 멀티에어컨), 팬필터유닛(FFU) 등의 급배기 풍량을 의미한다. 또한 화장실의 배기는 재순환하지 말고 전부 배기해야 한다.

3) 「건축법 시행령」 제51조(거실의 채광 등)

건축법 시행령 제51조 1항*에 따르면 의료시설의 병실은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제17조에서 정하는 기준에 따라 채광 및 환기를 위한 창문 등이나 설비를 설치해야 한다(* 건축법 시행령 제51조 1항: 단독주택 및 공동주택의 거실, 교육연구시설 중 학교의 교실, 의료시설의 병실 및 숙박시설의 객실에는 국토교통부령으로 정하는 기준에 따라 채광 및 환기를 위한 창문 등이나 설비를 설치해야 한다.)

4) 「ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170」

Standard 170은 일반 의료시설 및 감염병 격리 시설 환기에 관한 기준이다. 기존 시설의 HVAC 시스템을 재사용할 경우, 설계 단계에서 기존 장비의 리모델링 공간 기준 충족 여부를 평가해야 한다. 기존 HVAC 시스템 리모델링 이전에 시설 운영 중단 방지, 먼지 및 냄새 확산 최소화 등을 위해 감염 제어 위험 평가를 실시해야 하며, 시설 공사 중 HVAC 시스템의 냉난방, 제습 등에 대한 사용 가능 여부 및 조건을 확인해야 한다. 외부 오염원으로부터 공조기 외기 도입구 최단 거리는 특정 거리 이상을 만족해야 하고, 사고 위험이 높은 신규 시설은 외기 도입구를 재실자로부터 멀리 배치해야 한다. 또한 모든 외기 도입구에는 0.5 in(13 mm) 이상의 그물망을 설치해야 한다. 인접실과의 압력 관계가 필요하지 않은 수술실, 회복실, 중환자 치료 구역 등은 단독 덕트 시스템이 구비되어야 하며 입원병동 및 외래 진료 구역 재순환공기의 경우 최소 MERV 8 필터를 사용해야 한다.

3.2 국내 감염병 격리시설 관련 기준 분석

본문에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고자 한다. 음압격리병실이란 음압격리구역 내 감염병 환자가 입원하는 전실과 화장실을 포함한 병실이다. 긴급전환병실은 신속한 감염병 대응을 위해 일반 시설을 긴급하게 감염병 격리치료시설로 전환한 병실이다. 임시음압격리병실이란 이동형음압기를 사용하여 병실 내 음압 환경을 조성한 병실이다. 리모델링형 전환 병실은 이동형음압기가 아닌, 공조 설비 자체를 개조한 병실이다.

1) 「2022년 의료기관 개설 및 의료법인 설립 운영편람」

‘음압격리병실 설치·운영 기준’에서 실별(음압병실, 전실, 화장실(샤워시설)) 및 설비별(급기, 배기, 차압) 기준을 확인할 수 있으며, ‘이동형음압기 설치·운영 기준’이 명시되어 있다. 단, 이동형음압기는 2019.1.1부터 3년 동안만 설치·운영을 허용하며, 이후에는 의료법상 음압격리병실로 불인정한다.

2) 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행규칙」

[별표 4의 2]에서 음압병실 설치·운영 기준을 확인할 수 있다. 본 기준은 감염병관리기관*의 음압병실 기준이며, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행규칙」 제31조에 따라 300병상 이상의 감염관리기관은 음압병실 1개 이상, 300병상 미만의 감염관리기관은 외부와 격리된 진료실 또는 격리된 병실 1개 이상을 의무적으로 설치해야 한다. 여기서 감염병관리기관이란, 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」 제36조 1항, 2항에 따라 지정받은 의료기관을 의미한다. 검토 결과, 음압병동 내 음압병상과 그 밖의 음압병상의 면적 기준이 상이한 것으로 확인되었다.

3) 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」

실별(긴급음압격리중환자실, 긴급음압격리병동, 음압촬영실, 음압검사실, 음압수술실) 시설 세부기준이 명시되어 있으며, 긴급음압격리 중환자실은 1인실(유효면적 15 m² 이상) 필수이다. 긴급음압격리병동은 1인실은 권장이며 설치할 경우에 유효면적 10 m² 이상을 만족해야 한다. 다인실은 최대 4병상으로 병상당 유효면적 6.3 m² 이상 설치해야 한다. 긴급음압격리 중환자실 및 긴급음압격리병동의 병실전실 설치는 권장사항이다. 긴급음압격리 중환자실 및 긴급음압격리병동의 복도전실 설치 필수이며, 면적 4 m² 이상, 깊이 2.4 m 이상을 만족해야 한다. 긴급음압격리 중환자실 및 긴급음압격리병동의 부속실은 모두 유사시 지정사용이며, 평상시에는 다른 기능으로 사용 가능하다. 긴급음압격리 중환자실은 PPE 착의실 설치가 권장이나 긴급음압격리병동은 PPE 착의실 설치가 필수이다. 긴급음압격리 중환자실 및 긴급음압격리병동의 환기횟수는 6 회/h이며, 이중 2 회/h 이상은 전외기 방식을 적용해야 한다. 음압촬영실, 음압검사실, 음압수술실은 필수시설과 권장시설로 구분하여 명시되어 있다. 음압촬영실, 음압검사실, 음압수술실은 전실(음압수술실은 면적 4 m² 이상, 깊이 2.4 m 이상) 설치가 필수이다. 긴급음압격리 중환자실, 긴급음압격리병동, 음압촬영실, 음압검사실, 음압수술실 모두 실간 차압은 2.5 Pa 이상 유지해야 한다.

4) 「국가지정입원치료병상 운영과 관리 지침」과 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」 비교 분석

두 기준의 비교 결과는 [표 2]와 같다. 상기 두 가지 기준은 국내 감염병 격리시설에 관한 지침이라는 공통점이 있으나, 필수 및 권장 여부가 상이한 항목이 있어 분석을 통한 비교가 필요하다. [표 3]은 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」에서 권장사항으로 변경 가능하다고 판단되는 항목이다. 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」은 「국가지정입원치료병상 운영과 관리 지침」을 토대로 제작되어 국가지정입원치료병상 기준에서 권장사항인 항목은 긴급치료병상 지원기준 내에서도 권장사항이 되어야 한다고 사료된다. 하지만 비교적 상위 개념인 국가지정입원치료병상 기준 내에서 권장임에도 불구하고 필수사항인 항목이 있어 이는 권장사항으로 변경되어야 할 것으로 판단된다.

[표 2] 「국가지정입원치료병상 운영과 관리 지침」과 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」비교

구 분	국가지정입원치료 병상 운영과 관리 지침 기준	국가지정 입원치료병상	긴급 치료병상	
일반사항	1) 감염병환자 등이 외부에서 음압격리구역까지 진출입할 수 있는 독립된 동선 확보	●	○	
	2) 의료진 동선은 진입동선(청결구역) 및 진출동선(오염구역) 구분	●	●	
	3) 병원의 일반구역과 물리적으로 분리하고 음압격리구역과 비음압구역으로 구분	●	●	
	4) 음압격리구역에는 복도전실, 탈의실, 병실전실, 병실 및 화장실, 폐기물 처리실, 장비보관실 등을 배치하며, 간호사실은 일반구역에 위치하고 음압격리구역에 대한 관찰이 용이하도록 계획	●	●	
공통사항	음압 격리 구역	1) 음압격리병실은 1인실 설치	●	○
		2) 복도 및 병실의 천장고 2.4 m 이상	●	○
		3) 병실 및 전실, 전용 승강기 출입문 등 주요 출입구 유효폭 1.2 m 이상	●	○
	기밀 (밀폐) 구조 등	1) 음압유지를 위하여 구조(벽, 천장, 바닥), 창호, 콘센트, 스위치 등 부착기구, 배관이음부등 기밀성 확보	●	●
		2) 벽체와 위층 바닥슬래브를 밀착 시켜 공기 이동 차단 (음압병실과복도 사이, 음압구역과비 음압구역사이)	●	●
		3) 주요 구조부는 내화구조로 설치	●	●
	재료	1) 마감 재료는 내구성, 내수성, 내약품성이 강하고, 불연재료 또는 준불연재료 사용	●	○
		2) 바닥과 벽이 만나는 모든 모서리 부분은 둥근면으로 구성	●	○
		3) 커튼이나 블라인드를 설치할 경우, 커튼이나 블라인드는 요철이 적은 구조로 설치	● 설치 시	○
		4) 실리콘은 항균성 실리콘 사용	●	●
	출입문 및 창문	1) 기밀성이 높은 창문 설치하고 비상시에만 열리도록 구성	●	●
		2) 병실전실, 복도전실, 착탈의실 내 양쪽 문은 인터락구조로 구성(단, 비상시에는 수동 또는 자동으로 인터락 해제)	●	●
		3) 병실전실, 복도전실 및 병실 등의 출입문은 비접촉식으로 개폐가 가능한 자동문 설치	●	●
		4) 병실 및 전실 출입문에 강화유리문(12 mm 이상) 또는 관찰창(0.72 m ² 이상) 설치	○	●
		5) 음압구역과비음압구역사이의 물품 이동을 위한 패스박스(Pass Box) 설치	○	○
건축 계획	병실	1) 1인 병실 면적은 전실, 화장실, 벽체 등을 제외한 순수 유효면적 15 m ² 이상 확보 (긴급치료병상 설치 시 중환자실: 15m ² 1인병실: 10 m ² 다인실: 병상당 6.3 m ²)	●	●
		2) 외부 조망 확보	●	●
		3) 병실 내 집기는 벽걸이식 설치	○	○
		4) 환자용 가구를 고정식으로 하는 경우, 붙박이식으로 설치하되 바닥청소가 용이하도록 구성	● 설치 시	○
	부속 화장실	1) 병실 내 전실을 통하지 않고 직접 들어갈 수 있는 전용 화장실 설치	●	●
		2) 샤워시설 설치(욕조시설 설치 금지)	●	●
		3) 비접촉식 자동 수전이 달린 세면대 설치	●	○
		4) 세면대 및 설비배관 벽배관형식	○	○
		5) 물이 고이지 않고 병실 쪽으로 흐르지 않도록 바닥구배를 두고 미끄럼 방지 처리 계획	●	●
	병실 전실	1) 면적 4 m ² 이상 깊이 2.4 m 이상	○	○
		2) 음압구역 내 병실과 내부복도 사이에 위치	●	○
		3) 비접촉식 자동 수전이 달린 세면대 설치 및 벽배관형식	○	○
4) 환자가 임의로 나가지 못하도록 카드키 등 설비 설치		●	●	
내 부 복 도	복도	1) 내부복도로진입하는 의료진과 환자동선 분리	●	●
	복도 전실	1) 면적 4 m ² , 깊이 2.4 m 이상	○	●
폐기물 (오물) 처리실	1) 폐기물의 일시 보관을 위해 충분한 공간 확보하고 안전한 반출이 가능한 위치로 배치	●	●	
	2) 고온고압멸균기(Autoclave) 설치	○	○	
	3) 의료진 진입동선과 독립된 폐기물 반출 동선 구분	○	○	
탈의실	1) 출구방향에 탈의실과 샤워실, 샤워 후 착의실 설치	●	●	
	2) 전신 거울 설치	●	●	
	3) 탈의실은 음압으로 형성하고 보호복 탈의방식을 고려하여 충분한 넓이로 계획	●	●	
	4) 개인보호구(PPE) 폐기를 위한 전용 폐기물 용기 구비	●	●	
	5) 제독실 별도 설치 또는 기존 탈의실과 겸용하여 사용	●	-	

(계속)

구분	국가지정입원치료 병상 운영과 관리 지침 기준	국가지정 입원치료병상	긴급 치료병상	
건축 계획	장비보관실	1) 음압격리구역 내에 장비를 (소독)보관할 수 있는 장비보관실 마련	●	●
	간호실	1) 비음압구역에 계획하며 차압, 온습도모니터링이 가능하고 이상이 있는 경우 알람이 작동하도록 계획	●	●
		2) 혈압, 맥박, 산소포화도 등 환자 모니터링 및 병실 내 환자, 의료진과 의사소통이 가능한 장비 구비	●	●
	기타	1) 병원 내 격리환자 사체의 부검을 위한 적절한 공간과 설비 확보	○	○
2) 환자 검체 검사 등 수행할 수 있는 별도의 검사실 공간 확보		○	○	
3) 개인보호구(PPE) 보관장소 및 착의장소를 마련 또는 지정		●	●	
공조 설비	공조 설비 방식	1) 전용 급배기설비를 구축하여 병원 내 다른 구역의 급배기설비와 분리	●	●
		2) 공조시스템이 정지된 경우 공기의 역류로 인한 감염의 확산 및 교차오염이 발생하지 않은 시스템 설치	●	●
		3) HEPA혹은 동급 이상의 필터 교체 시 오염제거가 가능한 포트를 설치 (누기울시험구 겸용 가능)	●	●
		4) 적절한 온습도유지가 가능한 시스템을 설치하되 FCU 및 EHP 등은 설치하지 않음	●	●
	급기	1) 병실 내 소음 50 dB(A) 이하	○	●
		2) 급기는 전외기방식 계획(공기 재순환 금지)	●	○
		3) 환기횟수는 1시간에 최소 6회 이상	●	●
		4) 환기횟수는 1시간에 최소 12회 이상	○	-
		5) 공조 정지 시 대비를 위해 급기구에 HEPA 혹은 동급 이상의 필터 설치 또는 역류방지댐퍼설치	●	●
	배기	1) HEPA 혹은 동급 이상의 필터를 통해 전량 외부로 배출	●	●
		2) 배기구는 환자 쪽 배치	●	-
		3) 배기구는 환자 머리 근처 벽 하단부 설치	○	○
		4) 배기덕트는 단독으로 배기하고 배기팬은 덕트말단에 설치함. (단, 각 실의 배기구마다 HEPA 혹은 동급 이상의 필터를 설치하거나 역류방지댐퍼를 설치한 경우 필터 또는 댐퍼후단부터 배기덕트 통합 가능)	●	○
		5) 예비 배기팬을 설치하여 고장 시에 대비	●	●
		6) 지상에서 2 m 이상 설치, 2 m 이내 타 시스템의 인입구 없어야 함.	●	●
		7) 배기구와 타 시스템의 인입구와 마주보지 않도록 설치	○	-
		8) 필요 배기량보다 충분한 용량을 갖는 설비 설치	○	●
		9) UPS와 비상발전기에 연결되어 정전 시 대비	●	●
	음압 제어	1) 오염도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 공기가 흐르도록 실내 공기압력 조정	●	●
		2) 음압격리병실과 병실전실에 급기구 및 배기구 설치하고 화장실은 배기구만 설치	●	●
3) 화장실, 병실, 병실전실, 내부복도 등의 실간 차압은 각각 -2.5 Pa 이상 유지		●	●	
4) 음압이 유지되는 실의 출구에는 소수점 한 자리(0.1 Pa)까지 표시되는 차압표시기 설치 (화장실은 설치 불필요) (단, 4 Pa 이상 확보한 경우 1 Pa 단위의 차압표시기 설치 가능)		●	●	
5) 공조 제어기는 중앙통제실에 설치하며, 관리자 이외에는 공조 제어를 할 수 없도록 계획		●	●	
6) 이상 발생 시 관리자 및 의료진이 알 수 있도록 알람을 계획하고 오작동 발생 시 자동으로 기록되도록 계획		●	-	
필터 유닛	1) HEPA 혹은 동급 이상의 필터의 누기울시험(PAO test)등 확인을 위한 스캔이 가능하고 필터 교체 시 소독을 할 수 있는 밀폐 가능한 구조	●	●	
	2) 스캔 시 입자 투과율은 0.01 % 미만 (Probe 스캔 방식은 개스킷(Filter mounting frame)이 포함되도록 스캔하며 누기울은 0.005 % 미만)	●	●	
위생 설비	위생 기구	1) 세면 등에도 사용가능한 것으로 물이 튀기지 않고 손목까지 충분히 들어가는 구조로 설치	●	○
		2) 비접촉식 자동 수전 설치	●	○
		3) 세면대 설치 시 벽 배관 형식	○	○
		4) 손씻기설비 주변에는 종이수건, 세제, 소독약 등을 보관하는 가구를 벽걸이 형태로 설치	●	●
		5) 음압격리병실의화장실은 후레쉬밸브 타입 변기 설치	○	○
		6) 벽부착형 변기 설치	○	○
급수 및 급탕	급수 및 급탕	1) 급수는 말단 위생기구 이전에 역류방지 밸브 설치	●	●
		2) 급탕은 개별급탕시설 설치 (단, 각 실마다 유효한 역류방지 밸브를 설치한 경우 급탕재순환 가능)	●	○

(계속)

구 분	국가지정입원치료 병상 운영과 관리 지침 기준	국가지정 입원치료병상	긴급 치료병상	
위생 설비	급수 및 급탕	3) 급수관과 대변기의 접속은 급수관으로 역류하지 않도록 설치	●	●
		4) 세제나 소독약을 사용할 경우, 세제나 소독약의 용기는 손씻기시설의 위쪽에 설치	● 설치 시	● 설치 시
	배수	1) 배수관, 통기관은 배수가 역류하지 않도록 설치	●	●
		2) 음압격리구역의 배수관은 전용 폐수저장탱크까지 단독 설치	●	●
	폐수 (배수) 처리 설비	1) 전용 폐수저장탱크를 갖추고, 소독 또는 멸균을 진행한 후 병원 내 폐수처리설비로 합류	●	●
		2) 재질은 화학적 또는 열적 처리에 적합하도록 설치	●	●
		3) 폐수저장탱크에 통기관을 설치하고 말단에 재균필터설치	●	●
		4) 미생물의 생물학적 비활성화를 위한 설비(약액탱크 또는 오존 설비 등) 및 검증포트 설치	●	●
		5) 고온고압멸균기설치 시 응축수는 전용 폐수저장탱크로 배출	●	○
	소방 설비	6) 폐수저장탱크의 넘침을 방지하기 위한 넘침 방지턱 등 설치	○	●
		1) 음압격리병실밖에 보조살수장치를 설치하여 화재에 대비	●	○
		2) 스프링클러 설치 시 오작동을 방지할 수 있는 구조로 설치	● 설치 시	● 설치 시
		3) 화재 시모든 출입문은 인터락해제 및 자동 또는 수동으로 열릴 수 있도록 계획	●	●
	기계 설비	4) 각 병실 전실에 소화기 설치	●	●
		1) 산소와 압축공기는 일반계통과 함께 공급 가능(단, 특정구역을 자동차단 밸브로 관리할 수 있도록 분기, 운반용 의료가스 설비의 이용도 가능)	●	○
		2) 의료가스의 출구 상자를 병실 벽면에 매입하는 경우, 해당 병실 외의 공기가 유통되지 않는 구조로 설치	●	●
3) 흡인기구를 통해 다른 환자가 감염되지 않는 구조로 설치		●	●	
4) 음압격리구역의 흡인은 특정구역마다 단독계통으로 설치하거나 이동식 흡인기를 사용하며, 흡인펌프의 배기에 HEPA 혹은 동급 이상의 필터 설치		●	●	
5) 기계실 안의 흡인탱크는 청소 소독이 가능한 구조로 하며, 흡인탱크의 세정용 배수는 소독 처리하거나 독립된 배수처리설비에 접속	●	●		
전기 통신 설비	조명 설비	1) 청소하기 쉬운 재료와 구조로 설치	●	○
		2) 기밀구조의 조명기구 사용	●	●
		3) 국부 조도가 500 Lux 이상	○	○
		4) 천장(상부) 교체 또는 실내(하부) 교체가 가능한 구조로 설치	●	○
	비상 전원	1) 필요 시 음압격리구역의 부하를 감당할 수 있도록 비상발전기를 설치	●	●
		2) 음압격리구역 내 배기팬은 UPS와 비상발전기에 연결	●	●
	자동 제어 시스템	1) 공조 시스템 운영은 자동화(PC제어)로 함	●	●
		2) 각 실의 온습도, 차압, 문 열림 상태 등을 디스플레이 할 수 있는 모니터링 시스템 설치	●	●
		3) 차압 이상 등 비상 상황 시 시청각을 통한 경보를 인지할 수 있도록 알람 작동	●	●
		4) 비상경보 알람 발생 시 오작동 이력이 자동으로 기록될 수 있도록 계획	●	○
5) 경보작동 시 조치일지 등 관리하도록 함		●	●	
통신 설비	1) 환자의 화상진료 및 면회, 간호사실과의 연락을 할 수 있는 설비(화상전화, CCTV 또는 무선 통신기기 등)설치	●	●	
	2) 병동 및 병실 관찰용 CCTV를 설치하여 환자의 상태 및 출입자 확인 가능하도록 계획	●	●	

●: 필수, ○: 권장

[표 3] 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」 중 권장사항으로 변경이 가능하다고 판단되는 항목

구 분	국가지정입원치료 병상 운영과 관리 지침 기준	국가지정 입원치료병상	긴급 치료병상
건축계획 (공통사항-출입문 및 창문)	병실 및 전실 출입문에 강화유리문(12 mm 이상) 또는 관찰창(0.72 m ² 이상) 설치	○	●
건축계획 (내부복도-복도전실)	복도 전실 면적 4 m ² , 깊이 2.4 m 이상	○	●
기계설비 (공조설비-배기)	필요 배기량보다 충분한 용량을 갖는 설비 설치	○	●

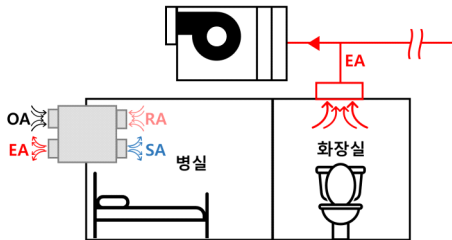
●: 필수, ○: 권장

3.3 일반 의료시설 환경 조사

본문 내 그림에 명시되어있는 OA, SA, RA, EA는 각각 Outdoor Air, Supply Air, Return Air, Exhaust Air를 의미한다. OA는 외부로부터 유입되는 공기, SA는 공급되는 공기, RA는 재순환되는 공기, EA는 배출되는 공기이다. M/F, H/C, C/C는 Medium Filter, Heating Coil, Cooling Coil이다. 일반 구역은 비음압구역, 일반 병실은 비음압병실을 의미한다.

1) A병원 (현장조사)

각 병실에는 별도의 배기구가 없어 병실 화장실 배기구를 통해 배기가 이루어지며, 냉난방에는 EHP(Electric Heat Pump) 및 라디에이터를 사용한다. 수술실은 전용 공조기를 사용하며 병실에는 폐열회수형 환기장치가 설치되어 있다.

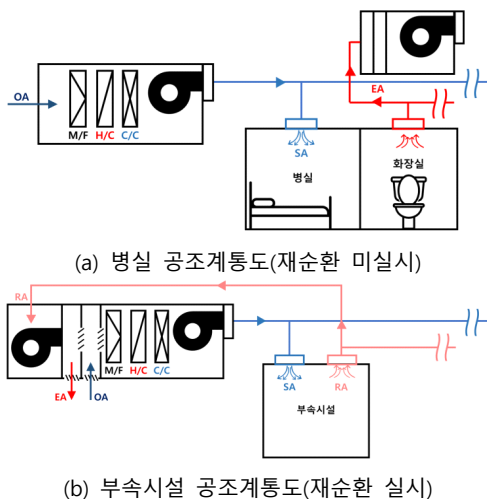


[그림 1] A병원 공조 및 냉난방방식

2) B병원 (현장조사)

해당 병원의 본관은 규모가 크기 때문에 일반구역을 4개의 공조기로 나누어 급기한다. 일반구역 복도 전용 공조기는 재순환을 하지만 일반병실 전용 공조기는 재순환하지 않으며, 일반 병실의 기류는 병실 내 화장실 배기팬을 통해 배출된다.

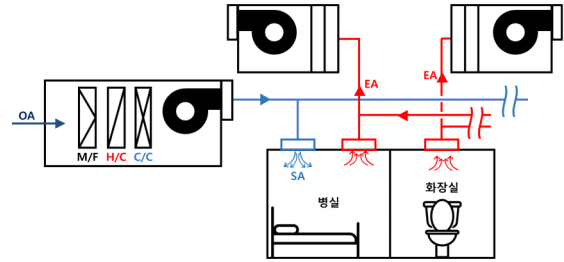
별관의 경우 일반병실에는 외조기를 통해 급기하고 재순환하지 않으며, 일반병실의 기류는 병실 내 샤워실 및 화장실 배기팬을 통해 배출된다. 병실 이외의 일반구역에는 별도의 공조기를 사용하고 재순환이 이루어진다.



[그림 2] B병원 본관 및 별관 공조계통도

3) C의료원 (현장조사)

복도, 주사실, 전산실 등의 일반구역과 음압구역의 공조기 및 배기팬이 분리되어 있다. 일반구역 공조기는 100% 외기를 도입하고 재순환이 이루어지지 않으며, 일반구역에는 전열교환기가 설치되어 있다. 일반구역 냉난방에는 EHP와 FCU(Fan Coil Unit), 화장실은 전기방열기를 사용하고, 일반병실의 냉난방을 위해 라디에이터 및 EHP를 설치하였다.



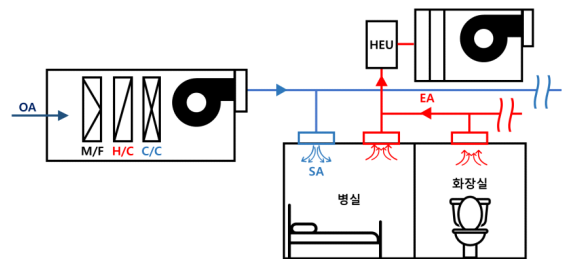
[그림 3] C의료원 일반구역 공조계통도



[그림 4] C의료원 일반구역 냉난방방식

4) D병원 (도면분석)

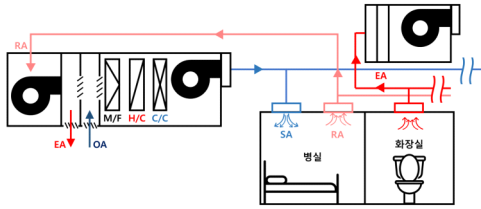
해당 시설은 결핵환자 수용 시설이며, 일반구역과 음압구역의 급배기 덕트가 분리되어 있다. 일반구역 공조기는 100% 외기를 도입하고 재순환하지 않으며, 기류는 HEU(Hepa Exhaust Unit)를 통과한 후 전용 배기팬을 통해 배기된다. 일반병실의 급기구에는 CAV(Constant Air Volume), 배기구에는 VAV(Variable Air Volume) 밸브가 설치되어 있다.



[그림 5] D병원 공조계통도

5) E대학교 심혈관센터 (도면분석)

총 3대의 공조기가 설치되어 있고 재순환하며, 화장실에는 별도의 배기팬이 설치되어 있다.



[그림 6] E대학교 심혈관센터 공조계통도

6) 소결

일반 의료시설 현장 조사 및 도면 분석을 통해 공조 방식에 따라 분류한 병동 종류는 총 3가지이며 결과는 아래와 같다.

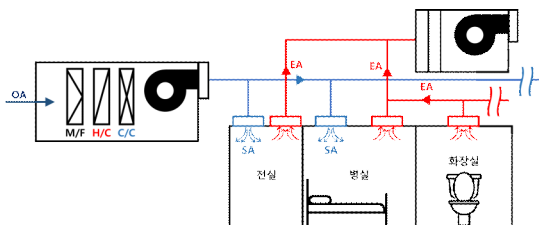
- (1) 전열교환기 + 화장실 배기 (A병원)
- (2) 전외기방식 + 화장실배기 또는 병실배기 (B, C, D병원)
- (3) 재순환방식 + 화장실 배기 (E대학교 심혈관센터)

이러한 조사 및 분석 결과를 토대로 기존 의료시설에 대한 현황 파악이 가능하고, 이를 통해 일반 의료시설의 신속한 긴급 전환 감염병 격리 병동으로의 전환이 가능하다. 또한 향후 이와 같은 병동에 관한 지침, 시설 기준, 안전성 평가 기준 등의 제작 시 활용 가능할 것으로 판단된다.

3.4 감염병 격리 시설 환경 조사

1) F병원 (현장조사)

가벽으로 음압구역을 형성하여 감염 위험이 높은 환자의 입원 공간을 분리하였다. 음압구역은 환자의 위중 정도에 따라 대기병실, 선제병실, 음압격리병실로 분류하였고, 대기병실과 선제병실에는 전실이 구비되어 있지 않다. 음압격리병실에는 전용 공조기와 배기팬을 통해 음압을 형성하였다. 음압구역 복도, 대기병실, 선제병실의 기존 배기구는 폐쇄하였으며, 기존 급기구 사용을 유지하고 이동형음압기로 음압을 형성하였다. 음압격리병실에는 전용 화장실이 있으나, 대기병실 및 선제병실은 전용 화장실 부재로 공용 화장실을 사용한다. 공용 화장실의 기존 배기구는 폐쇄되어 있고, 별도의 공조를 운영하지 않는다. 대기병실은 음압격리병실에 비해 병실 내 형성되는 음압 및 환기횟수가 부족한 것으로 나타났다.



[그림 7] F병원 음압격리병실 공조덕트 흐름도

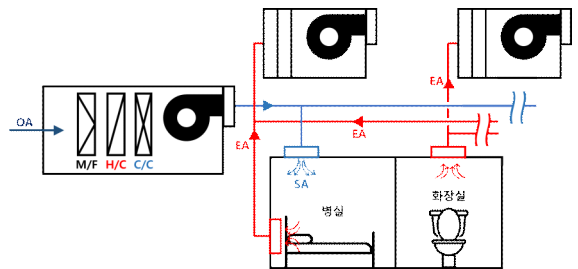
[표 4] F병원 현장조사 결과

구분	음압격리병실	대기병실
체적	42.2	81.8
병실 급기풍량	680	301
병실 배기풍량	880	1200 (음압기)
병실 환기횟수	16.1	-
병실 급배기 풍량차	-267	-899
전실 급기풍량	432	-
전실 배기풍량	452	-
화장실 배기풍량	67	-
복도기준 병실차압	-	-1.0~-0.5
복도기준 전실차압	-4.0	-
전실기준 병실차압	-3.0	-
병실기준 화장실차압	-4.0	-

단위: 체적(m³), 풍량(CMH), 환기횟수(회/h), 차압(Pa)

2) G의료원 (현장조사)

G의료원의 경우 음압격리병실과 긴급치료병상(임시음압격리병실, 리모델링형 전환병실)을 모두 조사하였다. 일반구역과 음압구역이 물리적으로 구분되어 있고, 임시음압격리병실은 일반구역, 리모델링형 전환병실은 음압구역에 위치해 있으며 두 병실 모두 전실이 없다. 음압구역 전용 공조시스템이 구비되어 있고, 리모델링형 병실에는 천장형 급기구 및 벽배기구, 병실 내 화장실에는 천장형 배기구가 설치되어 있다. 벽배기구는 대부분 창문 쪽에 설치되어 있으며, 1인실의 경우 화장실측에 설치되어 있다. 임시음압격리병실에는 이동형 음압기가 설치되어 있고, 천장형 급기구가 있으나 사용하지 않는다. 긴급치료병상은 모두 음압 및 환기횟수가 기준치를 만족하지 못하는 것으로 확인되었다.



[그림 8] G의료원 음압격리병실 공조덕트 흐름도

[표 5] G의료원 현장조사 결과 (긴급치료병상)

구분	임시 음압격리병실	리모델링 1인실	리모델링 다인실
체적	29.3	30.0	80.5
병실 급기풍량	-	100	210
병실 배기풍량	220 (음압기)	310	345
병실 급배기 풍량차	-320	-350	-285
화장실 배기풍량	100	140	150
복도기준 병실차압	-3.6	-5.1~-5.0	-4.9
병실기준 화장실차압	-2.7	-3.7~-3.6	-3.7~-3.6

단위: 체적(m³), 풍량(CMH), 차압(Pa)

[표 6] G의료원 현장조사 결과 (음압격리병실)

구분	음압격리-1	음압격리-2
체적	43.3	51.1
병실 급기풍량	450	640
병실 배기풍량	590	950
병실 환기횟수	10.4	12.5
병실 급배기 풍량차	-330	-505
전실 급기풍량	65	205
전실 배기풍량	165	205
화장실 급기풍량	-	100
화장실 배기풍량	190	195
복도기준 전실차압	-6.9~-6.7	-2.6
전실기준 병실차압	-10.9~-10.8	-13.4~-11.3
병실기준 화장실차압	-4.4~-4.3	-8.7~-8.1

단위: 체적(m³), 풍량(CMH), 환기횟수(회/h), 차압(Pa)

3) H병원 (현장조사)

6층에 복도전실을 형성하여 일반구역과 음압구역을 물리적으로 구분하였으며, 음압구역에 위치한 일반 병실에 전실을 설치하여 리모델링형 병실로 전환하였다. 병실 내 전용 화장실이 있고 배기구가 설치되어 있다. 복도-전실 출입문은 슬라이딩도어, 전실-병실 출입문은 자동형 여닫이문이며 복도측 벽면과 전실 내부에 차압표시계가 설치되어 있다. 전실에는 급배기구가 각 1개씩 설치되어 있고 위치는 각 실마다 상이하며, 병실에는 급기구 1개와 헤파필터가 장착된 배기구 1개가 설치되어 있다. 병실 급배기구의 위치도 일정하지 않아 실별 기류 차이가 발생할 것으로 예상된다. 모든 병실에 FCU가 설치되어 있다. 해당 병원의 병실은 충분한 배기량 확보로 음압을 유지하고 있으나, 병실 급기풍량이 부족한 것으로 판단되며 환기횟수는 기준치를 만족하지 못한다. 7층은 3개의 구역으로 나누어 급기, 6개의 구역으로 나누어 배기하는 것으로 확인되었다.

[표 7] H병원 현장조사 결과

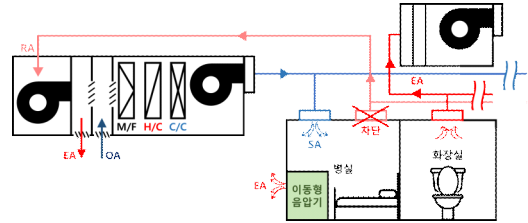
구분	3인실	2인실-1	2인실-2
체적	49.2	28.1	28.1
병실 급기풍량	28	26	43
병실 배기풍량	406	363	305
병실 환기횟수	0.6	0.9	1.5
병실 급배기 풍량차	-415	-353	-279
전실 급기풍량	15	25	9.5
전실 배기풍량	44	40	38
화장실 배기풍량	37	16	17

단위: 체적(m³), 풍량(CMH), 환기횟수(회/h)

4) I병원 (현장조사)

가벽 또는 출입문 설치로 음압구역을 형성하였다. 일반 병실에 이동형음압기를 설치하였고, 모든 병실에 전용 화장실을 추

가하였다. 이동형음압기를 설치한 임시음압격리병실의 기존 급기구는 사용하고 있으며, 병실 및 복도 배기구는 폐쇄하고 화장실 배기구는 일부 개방한 상태로 운영되고 있다. 6인실의 좌측은 탈의실로 사용 중 병실로 용도 변경이 가능하며, 우측은 좌측실 용도 변경 시 탈의실로 사용된다.



[그림 9] I병원 임시음압격리병실

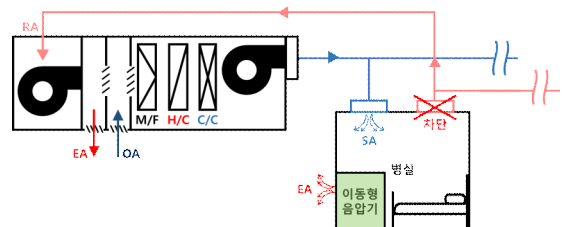
[표 8] I병원 현장조사 결과

구분	음압격리병실	임시음압격리병실
체적	67.9	42.7
병실 급기풍량	243	58
병실 배기풍량	172	330
병실 환기횟수	3.6	-
병실 급배기 풍량차	-243	-272
전실 급기풍량	56	-
전실 배기풍량	35	-
화장실 배기풍량	314	-

단위: 체적(m³), 풍량(CMH), 환기횟수(회/h)

5) J병원 (현장조사)

기존 공조기는 급기만 운영하고 배기는 차단하였으며, 기존 병실에 냉난방 설비가 부재하여 부하 대응을 위해 EHP를 설치하였다. SGP 판넬을 통해 기존 6인실을 1인실 2개와 공동 전실로 구획하였고, 병실 구획이 변동되어 기존 공조 디퓨저는 모두 교체하였다. 병실마다 이동형음압기를 설치하여 음압을 형성하였고, 중환자만 수용했으므로 병실 내 전용 화장실이 구비되어 있지 않았다. 행정명령 해제 후 벽체 제거 공사를 실시하였으며, 복도 슬라이딩도어는 개방한 상태로 사용을 유지하고 있다.



[그림 10] J병원 음압격리병실

6) K병원 (현장조사)

투석배관이 설치되어 있으며, 이동형음압기는 옥외에 설치하고 병실과 덕트로 연결되어 있다.

7) L병원 (현장조사)

7병상을 대상으로 리모델링 공사를 진행하였고 항온항습기로 급기, HFU를 거친 후 배기팬으로 배기된다.

8) M병원 (현장조사)

2개의 병실에는 HEPA필터가 장착된 배기팬, 7개의 병실에는 별도의 급기구 2개와 이동형음압기를 설치하였다.

9) 소결

(1) 긴급치료병상 전환 특징

- ① 대부분 가벽, 출입문으로 음압 및 비음압구역을 분리한다.
- ② 긴급치료병상은 공조시스템을 리모델링한 경우와 이동형 음압기를 사용한 임시음압격리병실로 나뉜다.
- ③ 이동형음압기를 사용하는 경우 병실의 기존 배기구는 폐쇄하고 기존 급기구 운영 조건은 시설 상황에 따라 상이하다.
- ④ 환자 위중정도에 따라 단계적으로 병상을 구획하는 경우도 있다.
- ⑤ 긴급치료병상은 전용 공조시스템을 갖추며, 인접공간 대비 음압이다.
- ⑥ 대부분의 병상이 전실을 갖추고 있지 않으며, 병실 전용 화장실이 없는 시설도 있다.

(2) 긴급치료병상 개선안

- ① 음압격리병실의 기준 차압 및 환기횟수를 만족하지 못하는 병상은 급기풍량을 확보하여 이를 해결해야 한다.
- ② 화장실 배기를 운영하지 않는 시설은 악취로 인한 불쾌감이 형성될 수 있어 화장실 전용 배기시스템을 마련해야 한다.

4. 결론

본 연구에서는 감염병 대응을 위한 국내·외 의료시설 관련 기준을 분석하여 차이점과 보완사항을 도출하였다. 또한 환경 조사를 통해 기존 병동의 구조적, 설비적 특성과 긴급 전환 사례 분석을 실시하였으며, 연구 결과는 아래와 같다.

1) 현재 국내·외적으로 다양한 의료시설 관련 기준이 마련되어 있으며, 이를 토대로 신속한 감염병 대응을 위해 긴급치료병상에 대한 기준이 마련되었다. 「코로나19 중증환자 긴급치료병상 지원기준(병동형)」은 「국가지정입원치료병상 운영과 관리 지침」을 참고하여 제작되었으나, 동일 내용임에도 필수 및 권장 여부가 상이한 항목이 다수 있어 명확한 기준 제시를 위한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

2) 일반 의료시설은 현장 상황에 따라 공간 구획, 공조 운영 및 냉난방 방식 등이 모두 상이하며 환기방식은 전열교환기, 전외기, 재순환 방식으로 분류된다. 배기 방식의 경우 두 가지로, 화장실 배기와 병실 배기로 분류된다.

3) 긴급치료병상은 공조 시스템을 리모델링한 경우와 이동형 음압기를 설치한 경우로 분류된다. 긴급치료병상의 경우, 국가지정입원치료병상과는 달리 실간 차압 및 환기횟수가 음압격리병실의 기준을 충족하지 못하는 경우가 다수 확인되었다. 따라서 감염병 확산 방지를 위해 설치된 차압 표시계를 상시 확인하여 실간 최소 차압 기준인 -2.5 Pa를 유지하고, 충분한 급기풍량을 확보하여 음압격리병실 최소 환기횟수인 6 회/h를 만족시켜야 한다.

4) 화장실 배기를 운영하지 않는 경우, 환자로 하여금 악취로 인한 불쾌감을 조성할 가능성이 있다. 따라서 화장실 전용 배기시스템을 구축하여 해당 문제점을 반드시 해결해야 할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 보건복지부의 재원으로 감염병의료안전강화 기술개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호 : HG22C0017)

참고문헌

감염병의 예방 및 관리에 관한 법률 시행규칙, 2022, 보건복지부령 제 885호
 건축법 시행령, 2022, 대통령령 제32825호
 국가지정 집원치료병상 운영과 관리 지침, 2019, 질병관리본부
 의료법 시행규칙, 2022, 보건복지부령 제910호
 의료기관 개설 및 의료법인 설립 운영편람, 2022, 보건복지부
 이병희, 윤진하, 윤충식, 이기영, 민경복, 여명석, 김광우, 2017, “공기감염군 확산 방지를 위한 국내·외 음압격리병실 시설 기준 비교 분석”, 한국건축친환경설비학회 논문집, 11(3), 230-237
 이현진, 권순정, 강지은, 2021, “감염병 대응을 고려한 노인요양시설 거주공간 시설기준 연구”, 대한건축학회논문집, 37(8), 19-29
 조진균, 2022 “효율적인 국가 감염병 대응을 위한 이동형 음압격리병실 기준모델 및 공조시스템 설계방법에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 38(1), 195-205
 최광석, 2022, “감염병전문병원의 시설 가이드라인에 관한 연구-운영방식과 건축계획을 중심으로”, 의료·복지 건축 (구 한국의료복지시설학회지), 28(2), 17-29
 코로나19 중증환자 긴급치료병상 시설기준[병동형], 2020, 보건복지부
 ASHRAE, 2021, “ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021”, Ventilation of Health Care Facilities
 Guo, M.; Xu, P., Xiao, T.; He, R., Dai, M.; Miller, S. L., 2021, “Review and comparison of HVAC operation guidelines in different countries during the COVID-19 pandemic”, Building and Environment, 187, 107368

접수 : 2022년 11월 16일
1차 심사완료 : 2022년 11월 28일
재제정일자 : 2022년 12월 05일
3인 익명 심사 필