

A Development of Design Guidelines for the Negative Pressured Isolation Units Controlling Severe Respiratory Infectious Disease

중증 호흡기 감염병 진료를 고려한 음압격리병동부의 건축계획

Kwon, Soon Jung* 권순정 | Yoon, Hyungjin** 윤형진

Abstract

Purpose: The MERS(Middle East Respiratory Syndrome) outbreaks in Korea highlighted dramatically the failings of traditional hospital environment for controlling or preventing infections among both patients and healthcare workers. MERS is transmitted by droplets that can be airborne over a limited area. The point should be emphasized that MERS in South Korea was predominantly a hospital-acquired (not a community-acquired) infection, because approximately 93% of MERS cases were resulted from exposure in hospital settings. This paper tries to suggest the design guidelines of negative pressured isolation ward for the sake of proper control of severe respiratory infectious diseases. **Methods:** Literature survey on the design guideline and regulations of airborne infection wards in Korea, Europe U.K. and CDC of U.S. have been carries out. 4 special infection wards in Hongkong, Germany, Japan and Korea have been surveyed in order to make the best use of the experiences related to facility design and operations. **Results:** Operating system influencing the facility design, space organizations of infectious ward including required space and zoning, and circulations of patients, staffs and materials are proposed. **Implications:** The results of this paper can be the basic data for the design of the airborne infection ward and relevant regulations. Afterwards in-depth study such as the development of space standards for the single bedroom, locker room and so on could be explored.

Keyword MERS(Middle East Respiratory Syndrome), Severe Respiratory Infectious Disease, Airborne Infection Isolation Unit, Negative Pressure

주 제 어 메르스(중동호흡기증후군), 중증호흡기 감염병, 공기감염격리병동, 음압

1. Introduction

1.1 Background and Objective

2015년 5월 20일 한국의 보건당국은 MERS 확진 환자를 처음으로 발표하였다. 그리고 그해 7월 3일 186번째 환자가 최종적으로 확인되었다. 2015년 한국의 MERS 사태를 종합하면 총 186명이 감염되어 치료 148명, 사망 38명으로 집계되었다. 한국의 MERS는 사망률이 20.4%로 매우 높았으며 MERS로 인한

국내경제손실이 수십조에 달한 것으로 추정되어 향후 고위험 감염병의 관리가 매우 중요한 국가과제로 대두되었다.

감염환자 중 92.5%가 원내감염으로 대부분의 환자는 병원에서 감염된 것으로 집계되었다. 메르스 확진환자 중에서 병원을 방문 혹은 입원했던 환자가 44.1%로 가장 많았고, 다음은 환자의 가족과 방문객이 33.9% 의료진 13.4%, 가족 외 간병인 4.3%, 의료진 외 병원직원 3.2%, 기타 1.1% 순으로 나타났다(보건복지부, 2016:93). 특히 1번째 환자와 14번째 환자는 다른 사람들에게 많은 감염병을 전파시켜 이들에 대한 대규모 감염 발생 사례를 주목할 필요가 있다¹⁾.

* Professor, Department of Architecture, Ajou University (Primary author: sjkwon@ajou.ac.kr)

** Assistant Professor, Department of Architecture, Dong Seoul University (Corresponding author: hgyoon@du.ac.kr)

이 논문은 2015년 보건복지부 연구용역인 "감염병 전문병원 설립방안 연구 개발"의 연구내용을 토대로 작성되었음.

1) 1번째 환자 (남, 68세)는 P 병원 입원 중에 병동내에서 27명에게 전파하였고, 14번째 환자(남, 35세)는 P병원에서 1번 환자로부터 메르스에 감염된 뒤 S 병원 응급실을 방문하여 다른 응급실 내원객 78명에게 메르스를 전파시킨 바 있다(KBS Digital News, 2015.7.4.).

메르스 유행 당시 전국적으로 감염의심환자 및 확진환자가 폭증하여 국내에 이들을 진료하기 위한 병상이 부족한 상황이 발생하였다. 이에 따라 보건당국은 공공병원을 중심으로 일부 대형병원에 임시 음압병동을 구축하여 감염환자 등을 진료하기도 하였다.

이러한 경험은 고위험 호흡기감염병의 효과적인 관리를 위해서 원내감염, 특히 병동부 및 응급부 등에서 철저한 감염관리가 필요하다는 점을 말해준다. 이와 동시에 감염환자 발생시 안전한 환경에서 이들을 적절히 치료할 수 있는 격리음압병동의 확충이 필요하다. 보건 당국은 이러한 점을 감안하여 이미 2006년부터 음압격리병실, 격리외래 및 격리중환자실 등 감염병관리시설의 설치 및 운영을 지원하여 왔다. 향후에는 중앙 및 권역별 감염병전문병원을 구축하는 것은 물론 대형 병원으로 하여금 병상수의 일정비율을 의무적으로 격리음압병상화하는 방안을 도입할 예정이다.

그러나 아직 격리음압병동의 운영모델이 충분히 정립되지 못하였으며 또한 이러한 시설을 전문적으로 계획할 수 있는 설계역량이 충분히 구축되지 못하였다. 더구나 격리음압병동의 단위면적당 공사비는 물론 운영비가 일반 병동에 비해 매우 비싸기 때문에 시설을 효율적으로 건립하고 운영하는 것이 매우 중요하다. 이러한 시설은 환자 및 보호자, 의료진의 안전에 매우 심각한 영향을 끼칠 수 있으며 국가의 보건안전에도 중요한 역할을 하므로 적절한 시설이 건립될 수 있도록 특히 유의해야 한다.

본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 고위험 호흡기감염병²⁾에 대비한 격리음압병동의 건축계획을 위한 가이드라인을 구축함으로써 향후 감염병관련 시설기준의 수립, 시설의 계획 및 설계, 감염병시설 연구를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 Methodology

크게 문헌검토와 사례조사를 중심으로 건축계획의 주요 요소를 도출하고 각각에 대하여 설계의 가이드라인을 제시하였다³⁾. 문헌조사는 주로 한국의 질병관리본부에서 발간한 '국가 지정 입원치료(격리)병상 운영과 관리'를 중심으로 미국의 질병통제예방센터(CDC, Center for Disease Control and Prevention), 영국의 NHS(National Health Service)에서 발간한 음압격리병실에 대한 지침을 중심으로 이루어졌다.

- 2) 감염병 환자의 격리 방법은 병원체 전파양식에 따라 공기매개주의, 비말주의, 접촉주의가 있다. 이중 고위험 호흡기 감염병은 SARS, 조류인플루엔자 인체감염증 및 신종인플루엔자, MERS 등의 질환을 포함하며 병원체 전파방식이 공기매개주의에 해당한다.
- 3) 이러한 가이드라인은 아직 충분히 검증되지 않은 사항으로 향후 심도 있는 연구를 거쳐 기준으로 만드는 것이 필요하다. 다만 이러한 사항은 질병의 특성 및 질병의 전파방식, 조치에 대한 방지효과 등 주로 의료적인 측면이 강하기 때문에 건축적 논증은 한계가 있다. 또한 의료적으로도 고위험 감염병의 전파방지방식에 대하여 다양한 주장이 있으며 논란이 많은 부분이다

음압격리시설에 대한 사례는 최근 증가하는 추세이지만 아직 정립된 시설형태는 없으며 국가별로 시설형태가 매우 다양하다. 사례선정은 최근에 건립된 시설로, 호흡기 감염환자 또는 중증 감염병 질환자를 진료한 경험이 있는 선진시설로 선정하였다. 주요 사례로 우선 2003년 한국의 MERS와 유사한 SARS(Severe Acute Respiratory Syndrome)를 겪고 이와 같은 중증감염병에 대비하기 위해 병원을 새로 건립한 홍콩 Princess Margaret Hospital의 Infectious Disease Center를 우선 선정하였다. 그밖에 감염병 연구를 위해 방문했던 독일 Charité 병원의 격리병동, 일본 보쿠토 시립병원의 격리병동, 그리고 2015년 한국의 MERS 사태시 효과적으로 감염병환자들을 진료했던 서울대학교병원 격리병동 등 4개 사례를 조사하였다. 사례조사시 시설의 건축적 특성 및 환자진료시 시설계획에서 고려할 사항이나 현재 시설의 개선사항 등을 조사하였다.

결론부에서는 감염병관리시설의 건축계획과 관련하여 격리병동에 필요한 공간, 병동의 운영방식, 각 구역(음압, 통과, 비음압)별 구분 및 소요공간, 주체(환자, 의료진, 물품 등)별 동선의 흐름 등에 대한 사항을 제시하였다. 이들은 실제 건축설계를 위한 스페이스프로그램⁴⁾ 작성시 매우 중요한 부분이 된다. 본 연구는 건축계획에 대한 내용을 중심으로 진행되었으며 공조설비, 급배수설비, 소방설비, 전기통신설비 등은 본 연구에 포함하지 않았다. 기계전기설비에 대한 사항은 음압격리병동에서 매우 중요한 부분이지만 그 내용이 방대하고 별도의 전문적인 연구가 필요한 부분이기 때문이다.

2. Theoretical Review

2.1 Infectivity Titer of Infection Bacillus

많은 감염병의 경우 각 질병별로 보통의 사람들이 일정시간에 얼마만큼의 감염균을 흡입하면 해당 감염균에 감염될 수 있는지 통계자료(감염역가)가 구축되어 있다(Database of Biological Weapon Agents). 그러나 이에 대한 관련연구가 많음에도 불구하고 공기감염병과 관련하여 공기의 수준과 감염의 경로들에 관한 정확한 추적은 쉽지 않다. 예를 들면 특정 환자그룹의 치료공간에 대한 최소한의 환기와 여과에 관한 요구사항(Li et al., 2007), 혹은 공기감염의 예방을 위한 1㎡당 최대허용 포자의 수준 등(Bouza et al., 2002)에 대하여 아직 신빙성 있는 통계자료가 제시되었다고 보기 어렵다(Roger S. Ulrich et. al., 2008: 6). 특히 MERS, SARS 등과 같은 중증호흡기 감염병에 대해서는 인체실험이 불가능하기 때문에 이러한 질병의 정확한 감염역가(infectivity titer)⁵⁾를 산출하기가 매우 어렵다.

- 4) 스페이스 프로그램에는 기본적으로 시설 내에서 필요한 공간을 선정하고 각 공간별 필요면적이 제시된다. 다만 본 연구에서는 각 공간별 면적을 제시하지는 않았다. 이 부분은 좀더 심층적인 조사 연구를 통해 향후 연구에서 제시될 필요가 있다.
- 5) 바이러스의 역가를 바이러스의 생물학적 활성을 지표로 하여 나타낸 것. 감수성 숙주에 감염하여 발병시킬 수 있는(지표가 양성이 되는 것) 바이러스액의 최소량을 그 단위로 한다(생명과학대사전, 2008)

2.1 Probability of Respiratory Infection

정상인이 일정 공간에서 호흡기 감염균에 노출된 경우 감염될 확률은 아래 표에 제시한 바와 같이 감염자수, 호흡량, 감염자가 내뿜는 바이러스의 양, 노출시간 등에 비례하고 외기의 도입량에 반비례한다(Wells-Riley equation, WHO, 2007).

[Table 1] Wells-Riley equation,

$P = \frac{D}{S} = 1 - \exp\left(-\frac{I p q t}{Q}\right)$
<p>P = probability of infection for susceptibles</p> <p>D = number of disease cases</p> <p>S = number of susceptibles</p> <p>I = number of infectors</p> <p>p = breathing rate per person (m³ /s)</p> <p>q = quantum generation rate by an infected person (quanta/s)</p> <p>t = total exposure time (s)</p> <p>Q = outdoor air supply rate (m³/s).</p>

호흡기 감염균에 감염되지 않기 위해서는 우선적으로 호흡기감염균을 들이마시지 말아야 하는 것은 자명하다. 이를 위해서는 감염되지 않은 사람들이 생활하는 동일 공간 안에 감염자가 없어야 한다. 즉, 감염된 환자를 정상인들의 생활공간에서 격리하여 치료하는 것이 필요하다. 그리고 바이러스가 있는 격리된 공간에서 감염균이 새어나오지 않게 하기 위해서는 격리된 공간을 음압으로 처리하고 내부의 마감을 기밀하게 처리해야 함을 알 수 있다. 정상인들이 바이러스를 호흡한다고 모두 감염되는 것은 아니기 때문에 격리된 오염공간이라 하더라도 그 공간의 바이러스 농도를 감염역가 이하로 조절하면 정상인들이 출입해도 감염될 확률이 매우 낮아진다. 이러한 점을 감안하면 바이러스가 있는 격리공간에 정상인이 들어가는 경우 해당 공간의 환기를 증가하여 공간내 바이러스 농도를 줄이고 그 공간 안에 있는 시간을 줄이는 것이 필요하다. 또한 환자가 입원한 감염병실과 같이 바이러스 농도가 매우 높아 농도를 일정수준이하로 낮추기 어려운 경우에는 의료진들이 필터장치가 있는 마스크와 보호복을 착용하고 병실에 들어가서 안전하게 환자들을 진료할 수 있을 것이다.

이러한 점을 고려하면 병원의 일반 병실이나 응급실, 외래 진료실과 같이 감염균이 있을 가능성이 높은 시설에는 가능한 출입하지 않도록 하고⁶⁾, 혹시 있을지 모르는 감염균의 농도를 낮추기 위해 충분한 환기시스템을 가동하는 것이 중요하다.

6) 한국의 메르스가 크게 확산된 원인중의 하나로 많은 문병객의 병원방문도 거론되고 있다.

3. Case Studies

3.1 Infectious Disease Centre at Princess Margaret Hospital, Hongkong

1) 개요

홍콩은 2003년 SARS 유행 이후 공공의료체계 내에 대규모 감염병 환자를 수용할 수 있는 시설에 대한 필요성이 제기되었다. 이에 따라 홍콩 내 주요 감염병 센터 역할을 담당했던 Princess Margaret Hospital (PMH)에 Infectious Disease Centre(IDC)를 설립하기로 하였으며, 2007년 6월 Hospital Authority Infectious Disease Centre (HA IDC, 병원국 감염병 센터)가 정식으로 개원하였다. 이 건물은 단독건물로 당초부터 감염병 전문병원으로 건립되었다.

[Table 2] Outlines of Isolation Unit in PMH

구분	내용	비고
시설형태	단독건물, 병설	지하1층, 지상 17층
건축형태	신축	PMH 부지내 별도 증축
격리병동개원	2007년	
모병원	Princess Margaret Hospital	Kowloon West의 중심병원 병상수 1,570 beds
격리 병상수	108 beds	일반격리병상 94 beds 중환자격리병상 14 beds
기준층병상수	14 beds	1인실 10개 2인실 2개

2) 운영방식

IDC는 중환자 병상 14병상을 포함하여 총 108병상을 운용한다. 공중보건 위기시에는 일반격리병동의 2인실을 1인실로 사용하기 때문에 가동병상수는 줄어든다. 기준층의 경우 한층 당 평시 14병상을 운영하지만 공중보건 위기시에는 2인실 2실을 1인실로 운영하여 총 12병상을 운영한다. 이렇게 가변적인 병상을 운영하는 것은 평시 병동의 활용도를 높이기 위한 것이다.

공중보건위기가 발생한 경우라도 감염병 전파방식이나 위험도에 따라 두 가지 방식으로 병동이 운영될 수 있다. 예를 들어 비말 감염과 같이 고도의 PPE가 필요하지 않은 경우 의료진은 내부 복도에서 착의를 하고 음압병실에서 진료를 마친 다음 병실전실에서 탈의하고 내부 복도로 나온다. 이 경우 내부복도는 평압으로 유지되며 안전구역이 된다. 그러나 에볼라, 혹은 고위험 공기감염병이 유행하는 경우, 의료진은 병동입구의 착의실에서 복장을 갖춘 후 병실로 들어가 환자를 진료한다. 진료가 끝난 후 의료진은 해당병동의 탈의실 혹은 3층 탈의실에서 PPE를 탈의한다.

이러한 방식을 통해 홍콩의 IDC는 평상시는 물론 위기시 여러 종류의 감염병에 효과적으로 대응할 수 있는 방안을 고려하고 있다.

3) 격리병동의 구성

공중보건 위기시 기준병동은 크게 음압구역, 통과구역, 비음압구역으로 구분하여 운영된다. 비교적 가벼운 감염병환자가 진료를 받고 있는 경우 내부복도는 통과구역이지만 고위험 중증감염환자가 입원한 경우 내부복도는 음압구역이 된다. 각각의 구역에 속하는 내부 공간은 아래의 표(그림)와 같다.

[Table 3] Space Allocation of Isolation Unit in PMH

구역	공간	비고
음압구역 (hot zone)	격리병실, 병실전실	
통과구역 (warm zone)	간호스테이션, 내부복도, 폐기물처리실, 장비보관실, 비상샤워실, PPE 탈의실, 샤워실, 오염홀	의료진과 입실환자 동선이 겹치는 문제가 있음.
청결구역 (cold zone)	청결홀, 소독물실, PPE 보관실, PPE 착의실	일반구역 (PPE 착용이 불필요)



[Figure 1] Typical Floor Plan of PMH Isolation Unit
source : Owen Tsang' ppt, Hospital Authority, Hongkong, 2015

격리병동 계획시 어려운 문제는 환자에 대한 관찰과 격리를 동시에 해결해야 하는데 서로 상충되는 요소라 이를 해결하는 것이 쉽지 않다. IDC에서는 병실 출입문을 통유리로 계획하여 복도에서 병실 내부의 관찰이 용이하다. 또한 유리문을 미닫이가 아닌 여닫이로 설치하여 기밀성능이 좋기 때문에 병실전실에서 의료진이 탈의를 할 수 있어 관찰과 안전을 모두 충족하고자 시도하고 있다. 다만 병실전실에서 탈의하는 경우 의료진과 환자와의 사이에 문 하나만 있어 보호장구(PPE, Personal Protective Equipment)를 갖추지 않은 의료진의 심리적인 부담이 발생할 수 있다. 병실사이에는 창을 설치하여 의료진이 한 병실에서 처치를 하고 있는 동안 옆 병실을 동시에 관찰할 수도 있다. 2인실 사이에는 간호스테이션을 설치하여 간호사가 병실에 들어가지 않고도 환자관찰이 용이하다. 환자검체 등의

전달을 위해 병실과 병실전실 사이에 Pass box 설치하고 있어 불필요하게 의료진이 병실에 진입하는 횟수를 줄이고 있다.

4) 동선계획

음압격리병동내 동선은 크게 환자동선, 의료진동선, 물품동선 등으로 구분된다. 각각의 진출입동선은 아래 표와 같다. IDC는 기본적으로 청결코어와 오염코어를 분리하여 교차감염을 줄이고자 시도하고 있다. 의료진은 왼편의 청결복도를, 환자 및 폐기물은 오른편의 오염코어를 주로 이용한다. 그러나 내부복도가 환자의 진입동선과 의료진의 착의동선으로 공용되고 있어 내부 복도에서 의료진의 교차감염이 우려된다. 현지 방문 시에도 이러한 문제를 예상하여 환자 동선을 병동의 외주에 별도로 계획하려고 했으나 대지가 부족하여 병동내 중복도를 설치하게 되었다는 의견을 제시하였다.

[Table 4] Circulation Flow of Isolation Ward in PMH

동선주체	행위	동선 흐름도
환자	입원	외부(1층) → 환자승강기 → 오염홀 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	퇴원	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 청결홀 → 직원승강기
의료진	입실	외부 → 직원승강기 → 청결홀 → 내부복도 → 착의 → 병실전실 → 병실
	퇴실	병실 → 병실전실 → 탈의 → 내부복도 → 탈의(샤워) → 청결홀 → 직원승강기
물품	공급	외부 → 직원승강기 → 소독물실 → 전실 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	폐기	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 오물처리실 → 폐기물처리실 → 덤웨어 → 외부

5) 환기계획

격리병동계획의 기본사항인 차압은 [Figure 1]에 나타난 바와 같이 격리병실은 -6~-10Pa, 병실전실은 -3~-5Pa, 그리고 내부복도는 평압을 기준으로 운용된다. 이를 통해 기류는 청결구역에서 오염구역으로 흐른다. 환기횟수(ACH, Air Change per Hour)는 16회이며 모두 전위기 방식으로 급기한다. 차압 및 환기횟수는 미국의 CDC에서 제시한 가이드라인⁷⁾보다 강화된 내용을 적용한 것이다.

3.2 infection Ward at Charité Hospital, Berlin

1) 개요

이 병동은 smallpox(천연구, 두창) 환자를 치료하기 1978년 Charité Hospital Virchow-Klinikum 내에 독립건물로 신축되었

7) 차압은 2.5Pa, ACH는 6회~12회를 권고하고 있다.

다. 이후 에볼라 등 감염병에 대응하기 위해 2010년 현재의 모습으로 리모델링하였다.

Charité 격리병동은 지하2층, 지상2층 등 총 4개 층으로 구성된다. 지하층은 주로 기계전기실, 창고, 소독실, 폐기물처리실 등 서비스 공간으로 활용되며, 1층은 입원, 응급외래, 수술, 검사, 행정, 회의, 직원휴식 등 환자진료와 관련이 깊은 부서가 주로 배치된다. 2층은 공조실로 계획되었다. 음압격리병동은 환기회수, 차압조건 등이 중요하므로 2층 공조실의 면적이 1층 면적의 절반 이상을 차지하고 있다.

[Table 5] Outlines of Isolation Unit in Charité Hospital

구분	내용	비고
시설형태	단독건물, 병설	지하2층, 지상2층
건축형태	리모델링	
격리병동개원	2010년	
모병원	Charité Hospital Virchow-Klinikum(CVK)	3,000 beds 규모의 대학병원
격리 병상수	20 beds	1인실 4개 2인실 8개

2) 운영방식

Charité 격리병동은 평시에 정부로부터 운영비 지원이 없다. 따라서 평시에는 음압시설을 가동하지 않으며 일반 병원에 준하는 공조시스템을 작동한다. 또한 병원의 수입을 위해 평시에는 일반 감염환자를 진료한다. 평시에도 빈 병상이 없을 정도로 병상이 활발히 운영되고 있었고 방문시에도 소수술실에서 수술이 진행되고 있었다. 그리고 8개의 병실은 2인실로 구성되어 있어 평시에 보다 많은 환자가 입원할 수 있다. 물론 공중보건위기시에는 감염방지를 위해 2인실이 1인실로 운영된다. 운영의 융통성을 고려하여 1인병실과 2인병실의 크기가 같다.

병동구역은 3개소로 구분되어 있어 공중보건위기시 환자가 적은 경우 단계별로 음압시설을 가동하도록 되어 있어 운영비 지출을 최소화 하고 있다. 참고로 1단계에는 1인실 2실과 수술실, 검사실 등만 하나의 구역으로 차단하여 음압격리시설로 사용하고 2단계에는 외래시설과 병실을 더 확장하여 사용한다.

격리병동에서 발생하는 폐기물은 오토클레이브에서 고온소독 처리한 후 자체 내에서 소각처리하여 반출한다.

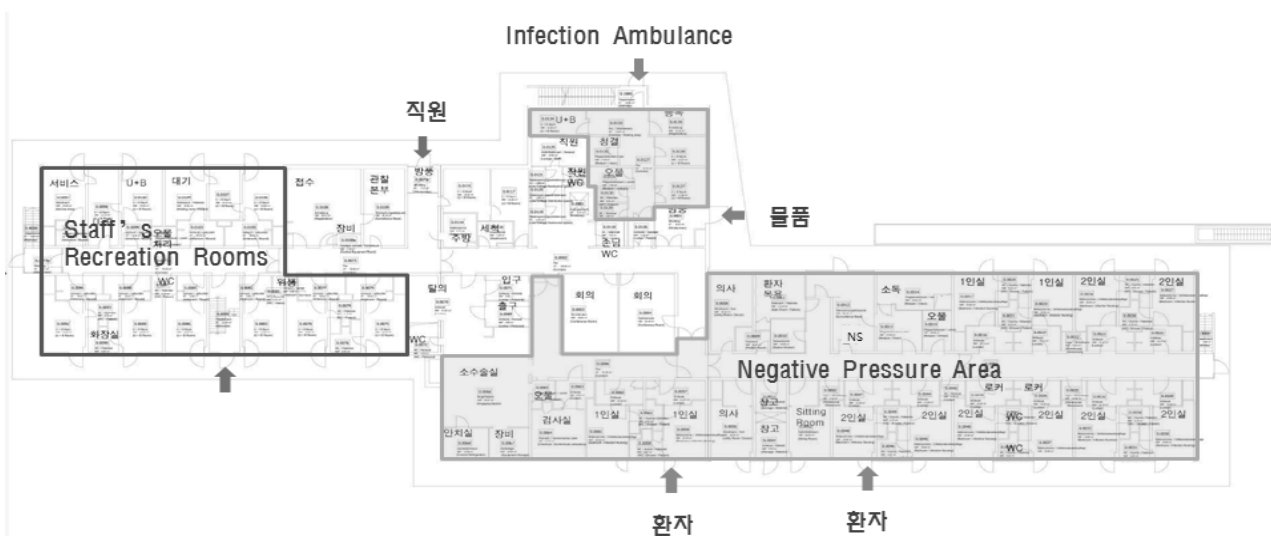
에볼라 등 고위험 감염환자를 진료하는 경우를 감안하여 의료진은 양압 PPE(PAPR, Powered Air Purifying Respirator)를 사용한다. 환자 진료 후 퇴실하기 전 보호구를 입은 채 액체약품으로 분사소독을 한 후 일반(비음압) 구역에서 보호구를 탈의한다.

3) 격리병동의 구성

격리병동은 모두 1층에 배치되어 있다. 중앙의 행정부 및 외래진료부(응급부)를 중심으로 오른쪽은 음압격리병동, 왼쪽은 의사실로 구성된다(Figure 2 참조). 각각의 공간을 음압, 통과, 비음압구역으로 구분하면 [Table 6]와 같다. 단계별로 음압구역을 조절하기 위해 격리병동 내부복도에 여닫이문이 모두 3개 세트 설치되어 있다(Figure 2 참조).

[Table 6] Space Allocation of Isolation Unit in Charité Hospital

구역	공간	비고
음압구역	격리병실, 병실전실, 내부복도, 검사실, 소수술실, 소독실, 오물처리실, NS, 외래진료실	20 beds
통과구역	PPE탈의 및 착의실, 복도전실, 제독실	
비음압구역	행정부, 회의실, 의사실	



[Figure 2] 1st Floor Plan of Charité Isolation Unit

4) 동선계획

Charité 격리병동의 동선계획 중 가장 큰 특징은 입원환자가 병동의부에서 병실로 직접 진입하는 것이다. 응급차로 이송된 환자는 병실의 외부문을 통해 병실로 직접 진입하기 때문에 입실되는 환자가 병동의 내부복도에서 의료진과 마주치는 일이 없다. 홍콩에서 제기되었던 의료진과 환자 간 교차감염의 문제를 최대한 해결한 사례이다. 물론 병동에 진입하는 의료진은 양압 PPE를 입고 들어가기 때문에 교차감염의 위험이 거의 없다. 그러나 감염병의 정도가 낮아 의료진이 양압 PPE를 입지 않는 경우, 그리고 환자가 질병을 고쳐 퇴원하는 경우 병동의 내부복도에서 위험인자를 만날 가능성이 그만큼 떨어진다. 또한 병원내부에서 고위험 감염환자를 이송할 경우 헤파필터가 달린 양압 스트레처 사용하므로 환자 이송중의 감염을 최소화하고 있다.

의료진의 경우 중앙의 착의실에서 양압 PPE를 입고 전실을 거쳐 병동내부로 들어간다. 진료, 검사, 수술 등이 끝난 의료진은 제독실에서 소독액으로 보호구의 외부를 소독한 다음 PPE 탈의실로 나온다. PPE 탈의실은 PPE 착의실과 동일 공간을 사용한다.

의료기기, 식사, 의약품 등은 외부에서 Pass Box를 통해 병동내부로 들어와 환자들에게 전달되며, 사용된 물품은 1층 혹은 지하실에서 소독 후 재사용하거나 멸균 후 소각처리한다.

[Table 7] Circulation Flow of Isolation Unit in Charité Hospital

동선주체	행위	동선 흐름도
환자	입원	외부(1층) → 병실
	퇴원	병실 → 외부(1층)
의료진	입실	일반구역 → 착탈의실 → 착의 → 복도전실 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	퇴실	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 제독실 → 착탈의실 → 일반구역
물품	공급	외부 → pass box → 일반복도 → 복도전실 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	폐기	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 덤웨어터 → 폐기물처리실 → 외부

5) 환기계획

각 공간의 압력은 격리병실이 -60Pa, 전실 -45Pa, 내부복도 -30Pa, 복도전실 -15Pa, 그리고 일반구역이 평압(0 Pa)으로 설정된다. 실간 차압은 15Pa로 국내의 기준⁸⁾인 2.5Pa 보다는 약 6배 강하다.

각 실의 배기는 평시에 헤파필터가 설치되지 않은 덕트를 통해 배기하지만 위기시에는 수동으로 스위치를 전환하여 헤파필터가 설치된 덕트를 통해 배기시킨다. 이를 통해 운영비를 일부 절감하고 있다.

8) 미국의 CDC 기준과 동일함.

3.3 infection Ward at Bokuto Municipal Hospital, Tokyo

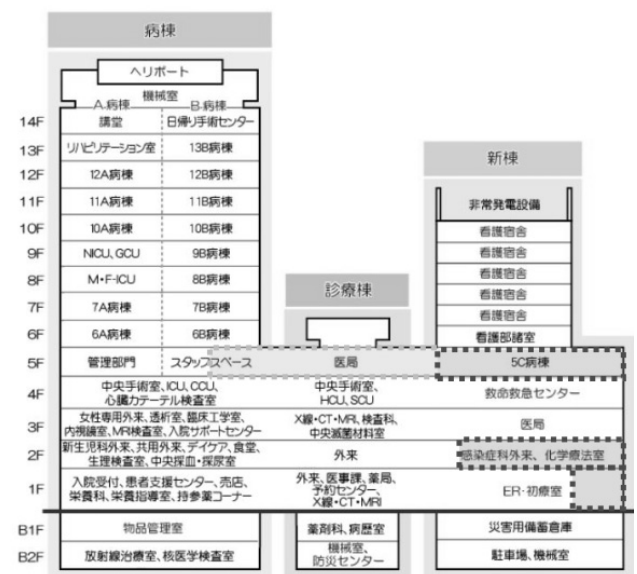
1) 개요

동경의 보쿠토(墨東) 시립병원인 감염법에 규정된 질환을 중심으로 성인 감염의 진단 및 치료를 실시하며 제1종, 제2종 감염증 지정의료기관 및 HIV 감염의 거점병원으로 지정되어 있다. 현재는 '감염의 예방 및 감염증 환자에 대한 의료에 관한 법률'에 규정되어 있는 1류, 2류, 3류, 4류, 5류 감염증을 포함하여 널리 성인의 감염에 대응하고 있다⁹⁾.

보쿠토 병원에 설치된 감염전문병동은 크게 1종 시설 2병상과 2종 시설 8병상으로 구성되며¹⁰⁾ 이들은 병원 신관 5층에 위치한다. 감염환자가 발생하면 외부에서 전용승강기를 통해 격리병동으로 입원시킨다.

[Table 8] Outlines of Isolation Unit in Bokuto Hospital

구분	내용	비고
시설형태	병설	병원건물의 일부를 사용
건축형태	증축	
격리병동개원	2015년	
모병원	Bokuto Municipal Hospital	765 beds
격리 병상수	10 beds	1종 2beds, 2종 8beds



[Figure 3] Bokuto Hospital Section (新棟 1, 2, 5 층 일부를 감염병 외래 및 입원실로 사용)

9) <http://bokutoh-hp.metro.tokyo.jp/>
 10) Category 1 (1種) 시설은 Ebola, Marburg 출혈열 등의 1類(류)의 치명적인 감염병환자를 진료하는 의료시설이고, Category 2 (2種) 시설은 SARS, Tuberculosis, H5N1 influenza, MERS 등 2類(류)의 치명적인 호흡기 감염환자를 진료하는 의료시설이다.

2) 운영방식

감염병환자에 대응하기 위해 외래진료실 및 입원실을 동시에 운영하고 있다. 음압격리병동의 경우 1종 시설 2병상은 환자가 없는 평시에는 운영하지 않는다. 중증감염환자 발생시 신속하게 대응하기 위한 것이 첫 번째 목적이다. 1종시설의 가동비가 비싸고 의료인력의 운용이 불편한 점도 고려하였다. 2종 시설 8병상은 평소에 결핵, 다제내성 환자 등을 진료하다가 감염병환자가 발생하면 음압격리전문병동으로 전환된다. 또한 감염병이 대유행하여 병상이 부족해지는 경우, 기존의 일반 병실을 음압으로 전환하여 총 30병상(21병실)을 추가로 가동할 수 있다. 이 경우 보쿠토 병원의 격리음압병실은 총 31실이 된다. 보쿠토 병원은 이러한 방식을 통해 시설의 운영비를 절감하면서 감염병 시설의 활용도를 높이고 있다.



[Figure 4] 5th Floor Plan of Bokuto Isolation Unit

3) 격리병동의 구성

격리병동은 모두 5층에 배치되어 있다. 1종시설과 2종시설 사이에 탈의 및 샤워실을 중심으로 소독, 서브스테이션 등이 배치되어 음압구역의 형태를 이룬다. 일반복도와 1종 내부복도 사이에는 전실이 없고 평시에 출입이 가능한 투명 미닫이문과 비상시 물품전달이 가능한 Pass Box가 설치되어 있다.

[Table 9] Space Allocation of Isolation Unit in Bokuto Hospital

구역	공간(2중 시설)	비고
음압구역	격리병실, 병실전실	10 beds
통과구역	내부복도, 전실	
비음압구역	간호스테이션, 일반복도	

4) 동선계획

감염병환자가 발생하면 환자는 외부에 면한 승강기를 이용해 증상에 따라 외래진료실 및 검사실로 가거나, 혹은 입원 시설에 바로 입원한다. 외래진료실은 신관 2층(Figure 3 참조)에 위치하며 환자진입동선과 의료진동선이 별도로 분리되어 있다.

격리병동에 출입하는 의료진은 환자승강기 반대편에 위치한 간호스테이션 옆의 복도를 이용한다. 1종 시설에 진입하는 의료진은 2종 시설의 내부복도와 탈의실을 거쳐 1종시설의 내부복도로 진입한다.

환자 진료에 필요한 물품의 공급은 의료진과 유사한 동선을 이용하지만 물품 사용후 발생한 폐기물은 환자 승강기 옆에 설치된 폐기물 운반 전용 승강기를 통해 외부로 반출된다. 폐기물은 본 병원에서 소독되지 않고 밀봉하여 외부로 반출한 이후 전문시설에서 멸균 및 소각처리한다.

[Table 10] Circulation Flow of Isolation Unit in Bokuto Hospital

동선주체	행위	동선 흐름도
환자	입원	외부(1층) → 전용 승강기 → 복도1 → 내부복도(음압) → 병실전실 → 병실(2중)
	퇴원	병실(2중) → 병실전실 → 내부복도 → 일반복도
의료진	입실	일반복도 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	퇴실	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 일반복도
물품	공급	일반복도 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	폐기	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 전실 → 폐기물전용승강기 → 외부

3.4 Infection Ward at Seoul National University Hospital, Seoul

1) 개요

[Table 11] Outlines of Isolation Unit in SNUH

구분	내용	비고
시설형태	병설	3층 병원부속건물의 3층을 사용
건축형태	리모델링	
격리병동개원	2009년	
모병원	서울대학교 부속병원	1,786 beds
격리 병상수	26 beds	일반격리병상 20 beds 음압격리병상 6 beds

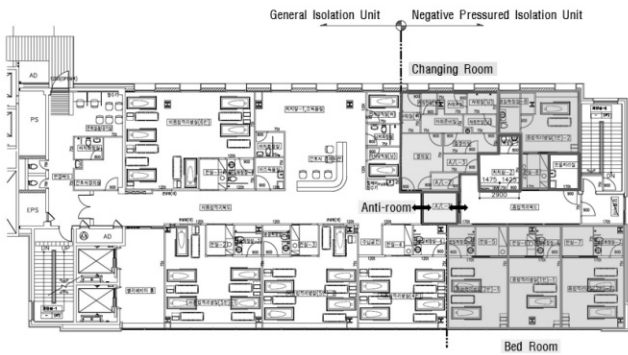
서울대학교병원 격리병동은 2009년 기존의 병원을 리모델링하여 감염병 치료시설로 전환한 시설로 비교적 음압과 격리 기능이 잘 유지되는 감염병동이다. 모두 20개의 일반격리병상과, 6개의 음압격리병상을 갖추고 있다. 그러나 2015년도 한국의 메르스 사태 시 이 격리병동에서 메르스 환자를 진료할 때 교차감염의 위험성 때문에 일반격리병상(Figure 5의 왼편 공

간)을 격리병동으로 사용하지 못했고 대신 이곳을 진료지원시설 및 숙소, 사무실, 휴게실, 창고 등으로 활용하였다. 총 10명의 환자를 치료했으며 1명의 사망자가 발생하였고 의료진 감염은 발생하지 않았다.

2) 운영방식

평소 격리병동의 비음압병실에는 결핵 등 일반호흡기 감염환자가 입원하고, 음압병실에는 다제내성 결핵, MASA(Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus), VRE(Vancomycin-Resistant Enterococci) 감염환자 등이 입원한다. 2015년 메르스 환자를 진료할 때 비음압격리병실은 이미 입원중인 환자들을 다른 곳으로 전원하고 이곳을 의료진 휴식공간 및 진료지원공간으로 사용하였다. 메르스 이전에 설치한 격리병동의 경우 교차감염을 억제하는 성능은 어느 정도 발휘되었으나 병실 위주로만 공간이 구성되어 PPE 보관실, 탈의 및 샤워실, 회의실, 의료진 휴게 및 숙소 등 여러 지원시설이 부족하였기 때문이다.

음압격리병실의 경우에도 2인실을 1인실로 전환하여 총 4개의 음압격리병실로 운영하였다. 기존의 1인 음압병실은 ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation), CRRT (Continuous Renal Replacement Therapy), Ventilator, Portable X-ray 등 여러 기기가 필요한 중증환자를 진료하기에 면적이 좁아 주로 2인실 공간(22m²)을 1인실로 사용하였다. 이러한 사항은 메르스 등의 고위험 호흡기 감염병환자를 적절히 진료하기 위해서는 다인 병실이 아닌 충분한 면적을 가진 1인 음압격리병실이 필요하다는 것을 보여준다.



[Figure 5] 3rd Floor Plan of Isolation Unit in SNUH

3) 격리병동의 구성

2015년 메르스 사태 이전에 건립된 한국의 격리병동은 크게 음압구역과 비음압구역으로 구분하여 계획되었다. 그리고 이들 구역 각각에는 음압병상과 비음압병상을 설치하였으며, 음압병상은 1인실과 다인실을 혼합하였고, 비음압병상은 다인실 위주로 계획되었다. 서울대학교병원 격리병동도 예외는 아니어서 이러한 지침을 따라 건립되었다. 다만 앞서 지적한 바와 같이 공중보건위기시 비음압병실, 그리고 다인 음압병실은 제 기능을 발휘하는 못하는 문제가 제기된 바 있다.

[Table 12] Space Allocation of Isolation Unit in SNUH

구역	공간	비고
음압구역	격리음압병실, 병실전실, 내부복도, 처치실, 오물처리실	6 beds (1인실 2, 2인실 2)
통과구역	복도전실, 탈의 및 샤워실	
비음압구역	비음압격리병실, 병실전실, 간호스테이션, 일반복도, 당직실, 직원화장실, 비소독물실	20 beds (4인실 1, 5인실 2, 6인실 1)

4) 동선계획

서울대병원 격리병동의 동선계획에서 가장 큰 문제는 확진환자를 외부로부터 격리병상구역으로 이동시키는 전용통로가 없다는 점이다. 감염환자는 1층의 일반 승강기를 타고 3층에 내린 다음 비음압구역을 거쳐 음압격리구역으로 들어가기 때문에 실내에서 환자가 이동 중 교차감염의 위험성이 높아지는 문제가 있다. 음압 격리스트레처를 이용하는 경우 감염의 위험은 줄일 수 있지만 병원 내 직원 및 다른 환자들에게 불안감을 조성하여 일반환자의 진료에 어려움이 발생할 소지가 있다. 음압격리병동의 오른쪽 계단실 옆(Figure 5 참조)에 별도의 환자 전용 승강기를 설치한다면 이러한 문제를 해소할 수 있지만 병원내 여러 제약 때문에 환자전용승강기를 설치하지 못했다. 다만 격리병동이 본원과 떨어진 작은 규모의 3층 건물이어서 감염환자가 여기에 입원하더라도 본원에 미치는 영향이 적어 메르스 사태 시 본원환자의 혼란이 크지 않았다.

폐기물동선과 관련해서도 음압격리병상으로부터 배출된 감염성 폐기물을 위한 처리시설 및 반출 통로가 확보되지 못한 점도 개선될 필요가 있다. 별도의 환자용 승강기가 건물 오른쪽에 설치된다면 폐기물 반출동선도 이 승강기를 사용할 수 있어 교차오염의 가능성을 낮출 수 있다.

[Table 13] Circulation Flow of Isolation Unit in SNUH

동선주체	행위	동선 흐름도
환자	입원	외부(1층) → 승강기 → 일반복도 → 복도전실 → 내부복도(음압) → 병실전실 → 병실
	퇴원	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 복도전실 → 일반복도 → 승강기 → 외부
의료진	입실	간호스테이션 → 강의실 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	퇴실	병실 → 병실전실 → 내부복도 → 탈의 및 샤워실 → 일반복도
물품	공급	일반복도 → 복도전실 → 내부복도 → 병실전실 → 병실
	폐기	병실 → 병실전실 → 내부복도 → (오물처리실) → 복도전실 → 일반복도 → 승강기 → 외부

5) 환기계획

서울대학교병원 격리병동은 국내의 감염관리시설 지침¹¹⁾에 따라 음압구역내 실간 차압은 2.5Pa, 시간당 환기회수는 6회~12회를 준수하고 있었다. 그러나 실간 차압 2.5Pa를 지속적으로 유지하기가 쉽지 않기 때문에 실제 운영시 실간 차압 3Pa 이상을 유지하였다. 위기시 급배기는 전외기 방식을 사용하였으며 사용된 공기를 재순환하지 않았다. 서울대의 경우에서 보듯이 실간 차압 2.5Pa, 환기 회수 12회, 전외기 급배기 방식을 유지한다면 메르스와 같은 감염병 유입 시 병원 내 교차 감염을 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

4. Design Guidelines for Negative Pressured Isolation Unit

4.1 Basic Considerations

병원마다 격리병동의 운영방식이 다를 수 있기 때문에 격리병동을 계획하기 위해서는 우선 해당 병원의 운영방침, 가용인력 등을 고려하여야 한다. 국가별로 격리병동의 모습이 다른 것은 이러한 점을 반영했기 때문이다. 방문조사에서 특히 강조된 점은 의사 및 간호사의 가용인력을 고려하여 시설의 규모 및 병상수를 결정하는 것이다. 그리고 의료인력은 감염내과 및 호흡기 내과뿐만 아니라 종합병원에서 요구되는 거의 모든 진료과가 필요하다는 것이다. 메르스환자들은 대부분 기저질환이 있고, 기저질환이 없는 경우에도 다양한 질병이 추가적으로 발생하기 때문에 이들에게 효과적인 진료서비스를 제공하기 위해서는 다양한 전문 진료과가 필요하다. 현재 메르스, 에볼라 등의 바이러스질환은 특별한 치료약이 없기 때문에 환자가 질병을 극복할 때까지 의료진은 대중요법¹²⁾에 의지하며 이 기간 동안 원내에서 교차감염이 발생하지 않도록 하는 것이 중요하다. 이 때문에 격리병동은 단독기능을 갖는 단독건축물로 건립하기 어렵고 전문적인 의료진이 풍부한 대형 의료기관에 병설로 설치되는 것이 좋다.

격리병동에 입원한 환자의 증세가 매우 다양하므로 격리병실은 입원환자의 여러 단계 증상에 대응할 수 있는 유니버설한 특성을 갖추는 것이 바람직하다. 경환자는 물론 중환자 진료도 가능해야 하며, 경우에 따라서는 간단한 처치나 소수술도 병실 내에서 감당할 수 있어야 한다. 또한 여러 장비가 동시에 설치되는 경우를 감안하여 1인 병실은 충분한 면적을 갖도록 미리 고려할 필요가 있다.

11) 질병관리본부, 국가지정 입원치료(격리)병상 운영과 관리, 2011
12) 예를 들어, 폐결핵으로 미열(微熱)이 계속되고 있는 환자에 대해서 해열제를 투여하는 경우를 대중요법이라 하며, 그것과 대응하여 폐결핵제(肺結核劑: PAS, INAH 등)를 투여하여 병의 원인인 결핵을 치료하는 것을 원인요법이라 한다. 환자에게 큰 고통을 주는 통증이나 발열 등이 있을 경우에는 대중요법으로 고통을 없애준다. 그리고 현재 원인요법이 없는 질환에 대해서는 대중요법을 쓴다(네이버 지식백과, 2016)

4.2 Operation System

앞서 언급했듯이 설계 전 의료 및 운영계획을 철저히 수립하는 것이 중요하다. 여기에는 어떤 환자를 누가, 얼마나, 어디서, 어떻게 진료할 것인지에 대한 내용이 포함된다. 물품의 공급과 소독에 대한 내용도 포함된다. 이를 통해 건축설계프로그램을 작성하고 설계를 효과적으로 진행할 수 있다. 의료장비계획도 면밀히 수립되어야 한다. 각 장비의 용도, 사용법, 종류, 수량, 크기, 무게, 전원, 급배수, 공조, 사후관리체계 등에 대한 내용이 검토되어야 하며 어떤 장비가 어디에 설치되는지를 반영하여 각 공간의 설계가 진행되어야 한다.

음압격리병동계획에서 중요한 요소 중 하나가 평시와 위기시에 시설을 동시에 활용할 수 있는 방안을 고려하는 것이다. 병원을 건립하고 운영하지 않으면 시설투자에 대한 낭비, 위기시 적정가동 곤란, 감가상각손실 등의 소지가 있다. 그러나 평시에 고도시설에서 일반환자들을 진료하면 시설운영비가 과다하여 그 또한 경제성이 떨어진다. 다른 나라의 예에서 보듯이 시설을 단계별로 이용한다든지, 시설의 모드를 두 가지로 다르게 운용하는 방식 등이 고려될 필요가 있다. 이것은 건축계획적인 측면과 설비운용에 대한 사항을 모두 포함한다.

격리병동의 병상수는 가용인력을 고려하여 산정한다. 외국의 사례와 국내의 경험을 고려할 때 환자 5.3명당 전문의 1명이 필요하며, 전문 간호사는 환자 1명당 1.3명이 필요한 것으로 조사되었다¹³⁾. 이러한 인력조건을 고려하여 가용인력대비 병동의 규모를 검토하는 것이 요구된다.

4.3 Organization of Isolation Unit

의료 및 운영계획의 내용을 토대로 필요한 공간을 선정하고 각 공간의 면적을 정하며(스페이스 프로그램), 각 공간의 배치 및 동선계획 수립하는 것이 합목적인 건물을 건립하는데 매우 중요하다. 이후에 각 공간의 디테일, 설비시스템 등을 계획한다. 여기서 각 공간을 배치할 때 우선 격리병동을 음압격리구역, 통과구역, 비음압구역으로 구분하여 전반적인 배치를 먼저 구상하는 것이 효과적이다. 이때 감염관리를 고려하여 각 구역 내 공간이 서로 혼재하지 않도록 구역의 경계를 명확히 한다.

음압격리병동의 계획에서 해결해야 하는 사항은 환자에 대한 관찰의 용이성을 확보하는 동시에 환자에 대한 격리가 안전하게 이루어져야 하는 것이다. 이를 위해서는 병실출입문 및 병실벽체를 유리 등 투명한 재질로 하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 그러나 이러한 방식은 환자에 대한 프라이버시침해가 있을 수 있으므로 신중한 접근이 필요하다.

음압격리병실의 계획에서는 다인실보다 1인실(부속화장실 설치)이 우선적으로 고려되어야 한다. 평시에는 다인실로 사용할 수 있지만 위기시에는 1인실로 운영하는 방안도 가능하다. 다인실에 의심환자, 확진환자, 치료된 환자 등이 같이 있는 경

13) 질병관리본부, 감염병 전문병원 설립방안 연구개발, 2016

우 교차감염이 발생할 가능성이 높아지기 때문이다. 또한 한 환자가 퇴원 후 병상 등을 소독할 때 다른 환자가 있으면 소독이 곤란하다. 1인실인 경우 환자가 퇴원하거나 사망한 경우 방 전체에 대하여 훈증소독을 할 수 있다. 2015년 MERS 사태시 다인실이 감염병 확산의 주요한 원인이 되었다는 점을 감안하면 다인음압병실은 최대한 배제하는 것이 바람직하다.

음압격리병동계획에 있어 놓치기 쉬운 부분이 지원시설의 확보다. 2015년 메르스 사태 시 질병퇴치에 효과적으로 활용되었던 국가지정입원치료병상의 경우 격리병동 내에 음압격리 병상 이외에 지원시설이 부족하여 효율적인 환자진료에 많은 어려움을 겪은 바 있다. 여기서 지원시설은 음압구역의 검사실, 폐기물처리실, 장비보관실 등과, 통과구역의 착탈의실, 샤워실 등, 그리고 비음압구역의 간호 부속시설, PPE 보관실, 회의실, 휴게실, 의료진 숙소 등을 포함한다. 충분한 기계전기실의 면적도 확보(격리병동 면적의 20% 내외)되어야 한다. 통과구역 내 PPE 탈의실을 설치하는 경우 두 사람이 동시에 들어가 자유로이 탈의할 수 있는 정도의 면적을 확보해야 한다. PPE 탈의과정에서 상호접촉이나 PPE 접촉이 발생하는 경우 감염될 수 있기 때문이다. 비음압구역에서 의료진 숙소가 필요한 것은 호흡기 감염증 환자를 진료한 일부 의료진의 경우 가족에 대한 교차감염의 위험으로 일정기간 집으로 돌아갈 수 없기 때문이다. 격리병동은 자족적인 하나의 병원이기 때문에 병실만으로는 그 기능을 원만히 수행하기가 어렵다.

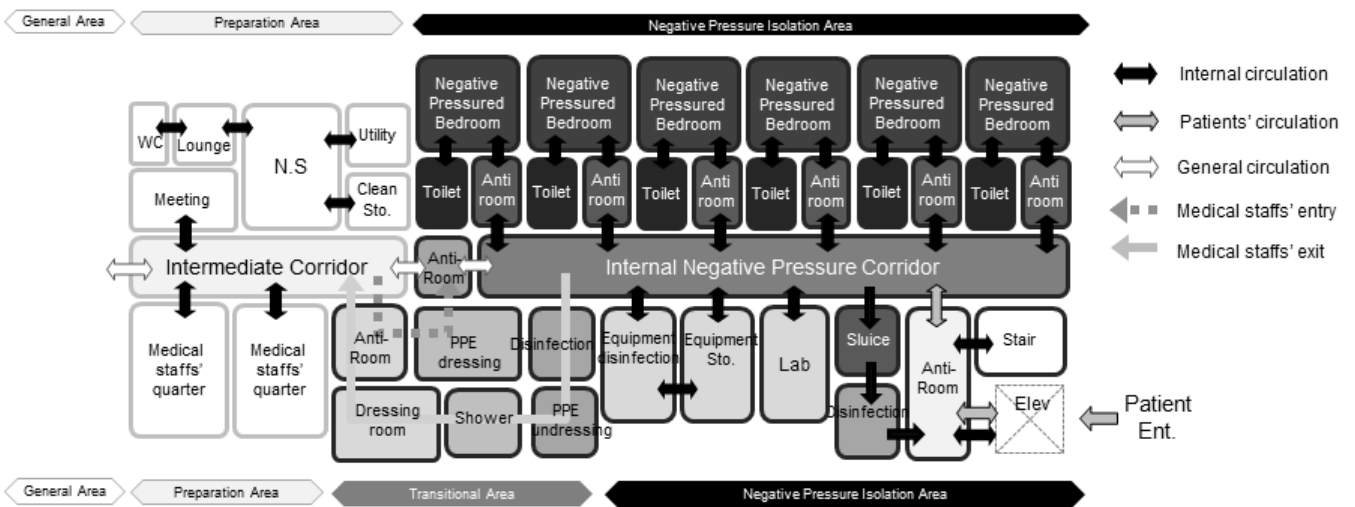
일반구역에서 음압격리병실까지 들어가기 위해 여러 단계의 전실을 설치하여 병실을 일반구역과 충분히 격리한다. 환자 전용 승강기 앞의 전실, 병동 내부복도 입구의 복도전실, 음압격리병실로 들어가기 전 통해야 하는 병실전실 등 여러 종류의 전실이 있다. 전실은 격리성을 강화하고 시설 내 음압을 안정적으로 유지시킨다.

4.4 Circulation System

격리병동의 동선계획에서 가장 중요한 고려사항 중 하나는 외부의 감염환자가 병원 내부(일반구역)를 거치지 않고 음압격리병동내로 들어가는 직접적인 통로를 확보하는 것이다. 한국처럼 기존병동의 상층부에 음압격리병동이 있는 경우 별도의 입원환자전용 승강기를 확보할 필요가 있다. 감염환자가 대형병원의 중앙에 있는 승강기를 병원 내 다른 일반환자들과 공유하는 경우 교차감염의 위험이 커진다. 음압격리스트레처를 이용하여 환자를 이송한다 하더라도 병원내 직원 및 일반환자에게 좋지 않은 심리적 영향을 줄 수 있으며 병원운영에 불리하다. 여기서 한층 더 나아가간다면 병동 내에 입원환자복도와 의료진 복도를 각각 분리하여 설치하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 이렇게 하면 홍콩 PMH에서 제기되었던 의료진과 입원환자의 동선이 겹치는 문제가 일부 해결될 수 있다. 그렇지 않으면 의료진들이 병동내부에 들어갈 때 PPE를 갖추어야 하기 때문에 매우 번거로워진다. 환자복도와 의료진 복도를 분리할 경우 의료진들의 안심감이 증대하며 의료진의 환자방문과 병동 관찰이 더 용이해진다. 다만 병동면적이 증가하고 설비부담이 증가하는 문제가 있다.

동선계획시 환자의 입퇴원 동선, 의료진의 진출입동선, 그리고 물품의 공급 및 소독, 폐기동선 등을 면밀히 검토하여 청결과 오염동선이 최대한 겹치지 않도록 하고 교차오염이 발생하지 않도록 유의해야 한다.

[Figure 6]은 본 연구에서 제시한 격리병동의 공간구성 및 동선계획을 반영하여 작성한 평면다이아그램의 한 예이다. 한국적 상황을 고려하여 중복도로 격리병동을 계획하였으며 환자복도와 의료진복도는 구분하지 않았다. 한국의 대형병원 병동부가 이중복도 위주로 계획된 점을 감안한다면 이 공간배치



[Figure 6] Layout Example for Negative Pressured Isolation Unit
 source : Kwon, Case Studies on Isolation Units for the Control of Nosocomial Infection Related to Severe Respiratory Disease, The Symposium on Healthcare Architecture in Asia 2015.09.14., Beijing

개념을 이중복도 평면에 적용하여 이중복도의 병동평면 다이어그램을 도출할 수 있을 것이다.

4.5 Ventilation

환자가 입원한 병실을 음압으로 유지하여 병실내 공기가 다른 곳으로 퍼져 나가지 못하게 하는 것은 음압격리병실의 기본 사항이다. 이때 각 실별 차압은 최소 2.5 Pa를 유지하도록 한다. 이를 통해 격리병동내 공기의 흐름이 청결구역(일반구역)에서 오염구역(음압격리병실 및 부속화장실)으로 안정적으로 유지될 수 있다.

전실을 설치할 때에는 전실의 앞뒷문이 동시에 열리지 않는 구조 즉, 인터록 시스템으로 해야 한다. 그렇지 않은 경우 전실의 앞뒷문이 동시에 열려 전실 전후의 공간내 공기가 서로 섞이기 쉽다. 인터록 구조로 전실 문을 계획하는 경우 차압의 유지가 용이하며 시설의 격리능력이 향상된다.

5. Conclusions

본 연구는 국내외의 음압격리병실 기준과 실제 운영하고 있는 격리병동을 방문한 자료를 토대로 국내 격리병동의 건립에 필요한 건축적 지침을 제시하고자 진행되었다. 해외에서도 격리병동에 대한 적극적인 계획보다는 아직 격리병실 위주로 시설이 건축되고 있으며 최근 SARS, Ebola, MERS 등 국제적으로 고위험 감염병이 유행하면서 전문적인 음압격리병동에 대한 관심이 증가하고 있다. 홍콩의 경우 2003년 중증호흡기 감염병인 SARS가 대유행하였고 이로 인해 홍콩경제가 많은 타격을 입었기 때문에 당시로서는 세계 최대의 감염병 전문병원을 별도로 건립하기도 하였다. 그러나 병원 건립 시 유사한 사례가 부족하였고, 부지 및 의료인력의 제약이 있어 병원건립 및 운영에 일부 문제점이 나타나기도 하였다. 한국도 현재 중증호흡기 감염병을 대비한 대형의 전문 감염병원 건립을 추진중이다. 홍콩과 같이 인구밀도가 높고 크지 않은 나라에서 대규모 호흡기 감염병의 유행을 경험하였기 때문에 유럽이나 미국의 대응과는 다른 접근방식을 취하고 있는 것이다.

연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 건축계획 이전에 의료계획 및 시설의 운영계획을 수립한 후 이에 근거하여 건축계획을 작성하는 것이 바람직하다. 여기에는 인력계획, 서비스전달계획, 평시 및 위기시 시설 운영계획 등이 포함된다. 나라마다 시설마다 건축형태 및 규모가 다른 것은 각 병원이 처한 배경이나 운영계획이 다르기 때문이다.

둘째, 격리병동은 병실만으로 그 기능을 수행하기가 어려우며 다양한 지원시설을 필요로 한다. 병동계획시 이러한 지원시설까지를 포함하여 격리음압구역, 통과구역, 비음압구역 등을 명확히 구분하고 계획을 진행하는 것이 필요하다. 특히 병동계획시 관찰과 격리, 프라이버시의 확보 등 상충되는 요소를 어떻게 조화시키는가가 계획의 차별성을 드러낼 수 있다.

셋째, 음압격리병실은 충분한 면적을 갖는 1인실로 계획하며 부속화장실을 둔다. 물론 평시에 운영의 용이성을 고려하여 1인실을 다인실로 사용하는 것이 가능하다.

넷째, 감염환자가 일반인과 분리되어 격리병동으로 들어갈 수 있는 별도의 전용통로를 확보한다. 이것은 병원 내 교차감염의 위험성을 매우 낮추는 것은 물론 병원 내 다른 환자와 직원들의 심리적 안정감을 유지하는데 도움을 준다.

다섯째, 동선계획시 환자의 입퇴원동선, 의료진의 진출입동선, 그리고 물품의 공급 및 소독, 폐기동선 등을 면밀히 검토하여 청결과 오염동선이 최대한 겹치지 않도록 한다.

여섯째, 환자가 입원한 병실을 음압으로 유지하여 병실내 공기가 다른 곳으로 퍼져 나가지 못하게 한다. 각 실별 차압은 최소 2.5 Pascal을 유지하도록 한다. 병실까지 들어가기 위해 여러 단계의 전실을 설치하여 병실을 일반구역과 충분히 격리한다. 음압구역의 공기는 HEPA필터를 사용하여 배기하여야 한다.

기존의 국내외 시설지침, 시설운영사례를 중심으로 연구가 진행되었기 때문에 본 연구에서는 각 지침에 대한 심도 있는 근거를 제시하지는 못했다. 다만 이러한 자료를 종합하여 실제 격리병원 건립 시 활용할 수 있는 유용한 기초 자료를 제시하는 동시에 향후의 연구과제를 다수 남겨 놓았다. 특히 면적에 대한 사항은 본 연구에서 충분히 다루지 않았다. 1인실의 적정 면적이나 최소면적, 전실 및 부속화장실을 포함한 공간의 배치에 대한 사항은 그 자체만으로도 충분한 연구과제가 된다. 병동내부에 의료진복도와 환자복도를 분리하는 방안도 심층 연구가 필요한 부분이다. 향후 격리병동에 필요한 공간의 면적과 배치에 대한 보다 심도 있는 건축계획적 연구가 필요하다.

References

- Centers for Disease Control and Prevention(CDC) and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee(HICPAC), Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities, 2003
- Centers for Disease Control and Prevention(CDC), 2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings.
- European Network for Highly Infectious Diseases, Manual for the safe and appropriate management of Highly Infectious Disease patients in isolation facilities.
- Kwon, Soon jung, Case Studies on Isolation Units for the Control of Nosocomial Infection Related to Severe Respiratory Disease, The Symposium on Healthcare Architecture in Asia 2015.09. 14., Beijing
- Owen Tsang, Hospital Authority Infectious Disease Centre at Princess Margaret Hospital, 2015
- Roger S. Ulrich; Craig Zimring, PhD; Xuemei Zhu; Jennifer DuBose, MS; Hyun-Bo Seo; Young-Seon Choi; Xiaobo Quan, Anjali Joseph, Healthcare; Leadership 5 of 5 - A Review of the Research Literature on Evidence-Based Healthcare

Design, Georgia Institute of Technology; The Center for Health Design, 2008

Seoul Center for Infectious Disease Control, 2015.07

The Facility Guidelines Institute(FGI), Guidelines For Design and Construction of Health Care Facilities, 2014

Victorian Advisory Committee on Infection Control, Guidelines for the classification and design of isolation rooms in health care facilities, 2007

World Health Organization, Avian Influenza, Including Influenza A (H5N1), in Humans: WHO Interim Infection Control Guideline for Health Care Facilities, 10 May 2007

World Health Organization, Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory diseases in health care, June 2007

보건복지부, 2015 메르스백서-메르스로부터 교훈을 얻다, 2016

생명과학대사전(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=429826&cid=42411&categoryId=42411>), 2008

질병관리본부, 국가지정 입원치료(격리)병상 운영과 관리, 2011

2013-2016 KBS 디지털뉴스국, <http://dj.kbs.co.kr/resources/2015-06-08>. 2016

보건복지부, 질병관리본부, <http://www.mers.go.kr/mers/html/jsp/main.jsp>. 2016

질병관리본부, 감염병 전문병원 설립방안 연구개발, 2016

墨東病院, <http://bokutoh-hp.metro.tokyo.jp/>. 2016

접수 : 2016년 08월 01일
 1차 심사 완료 : 2016년 08월 11일
 게재확정일자 : 2016년 08월 11일
 3인 익명 심사 필