

# Contents

Journal of the Architectural Institute of Korea  
Vol.39 No.11 (Serial No.421) November 2023

A Shading Device Design Methodology for Curtain-Wall Buildings: Balancing Heating and Cooling Loads with Light Environment Considerations .....	Kim, Ho-Jeong · Choi, Woo-Seok · Jin, Ha Yoon	3~14
Examining the Recording Process of Modern Architectural Structures With BIM and Establishing Corresponding Information Types .....	Moon, Seang-Hyen	15~25
Comparative Analysis of Legitimate Contemporary Earth Building Technology under the Industrial System, considering Korean Context .....	Lee, Eunjuo	27~38
Architectural Research on the Medical Technology Experiment Simulator .....	Lee, Sang Won · Kim, Jin Young · Yeo, Myung Eun · Shen, Ruoqi · Kim, Sungwan · Shin, Sang Do · Yeo, Myoungsook · Zo, Hangman	39~50
Investigating the 'Youthfulness' of Korean Young Architects in the 21st Century .....	Cha, Hye-Rhan · Choi, Choon	51~60
Elevating Key Stakeholder Roles in the Public Building Process .....	Shin, Hyung-joon	61~70
Evaluating School Library Enhancements Through Environmental Psychology .....	Lee, So Hee · Lee, Kyung Sun	71~82
Incorporating Weathering Effects for Building Exterior Transformation in Design .....	Kim, Taewoo · Baek, Jin	83~94
Preference Analysis of Immersive Virtual Reality as a Visual Medium for Building Design Evaluation .....	Liu Yuanzhao · Daegeon Lee · Changbae Park	95~103
A Study on the Simple Stage Installed in Yeongyeongdangjinjak in 1828 .....	Seok, Jin-Young	105~116
A Review of Kim Swoo Geun's Housing Work 'Woochonjang': The Birth of an Experimental House(1971) after Israel International Architecture Conference(1970) .....	Kim, Young-Myung · Baek, Jin	117~127
Unraveling the Architectural Significance and Traits of Bonguensa Temple's Panjeon .....	Kim, Bue-Dyel	129~140
The Analysis of Influencing Factors on Residential Satisfaction with and Willingness to Continue Residing in Environment-friendly Apartment Houses .....	Kim, Jae-Sung · Kim, Won-Pil	141~150
Experimental Assessment of Local Ventilation for Controlling Respiratory Droplet Spread .....	Park, Beungyong · Jang, Seungmin · Cho, Jinkyun	151~159
Forecasting Power Generation Considering the Climatic Characteristics of Wind Farms Introduced in Local Cities .....	Kim, Kang-Min · Na, Wook-Jung · Lee, Ji-Ae	161~167
Model Selection and Verification Approach for Green Remodeling of Non-residential Buildings Using Building Management Information and Energy Simulation .....	Ji, Myoung-Ho · Kim, Young Il	169~178
Comparative Analysis of Energy Performance of Building Energy Efficiency Rating and Zero Energy Certified Buildings for Neighborhood Facilities .....	Seo, Jae-Sang · Kim, Sun-Sook	179~186
Understanding the Impact of Decadal Climate Change on Building Cooling Design in Seoul Amidst Soaring Summer Temperatures .....	Cho, Jinkyun	187~197
Assessing Eco-friendliness in Detached House with Fuel Cell System Through Green Building Certification .....	Jeong, Young-Sun	199~207
Evaluation of Horizontal Behavior Performance of Timber Frame with Shear Wall Inserted in Light Wood Frame .....	Gwon, Yong-Hyeon · Yang, Won-Jik	209~216
Performance Evaluation of Modular Joint System Using Connecting Node and Steel Rods from the Experiment and FEM Analysis .....	Lee, Kihak · Lee, Dong-Kyu · Shin, Yun-Seong · Kim, Yong-Nam · Jeong, Moon-Sook	217~226
Analyzing Energy Dissipation Coefficient Changes in Each Hysteresis Step of Coupling Beams .....	Yoo, Seok-Hyung	227~234
Utilizing Elastic Link Elements to Model Horizontal Connections in Precast Concrete Cores for Mid-rise Modular Buildings .....	Lee, Sang-Sup	235~242
Enhanced Crack Width Measurement Using GPS Coordinates From Drone Filming .....	Kim, Tae-Woo · Seol, Dong-Hyeon · Kim, Gu-Yeon · Kim, Hong-Jin	243~250
Exploring Quality Standards and Testing Methods for Traditional Korean Roof Tiles .....	Kang, Sung-Hoon · Kwon, Yang-Hee	251~257
Evaluation of Resident Satisfaction and Analysis of Factors Impacting Satisfaction in Various Types of Public Rental Housing .....	Ko, Seon-Ju · Zhang, Enlian · Lee, Kyung-Tae · Kim, Ju-Hyung	259~270
Legal and Institutional Improvements for Strengthening Supervision Work in Building Construction .....	Jeong, Byung-Woo · Jung, Young-Chul	271~280
Prediction Performance Analysis of Total Construction Period through Normalization of Independent and Dependent Variables .....	Kang, Yun-Ho · Lee, Ha-Neaul · Yun, Seok-Heon	281~287
Analyzing Client Perceptions of Factors Impacting Industrial Safety in National Defense and Military Installations Projects .....	Park, Ho-Kun · Joo, Moon-Boo · Jang, Jae-Ho · Kim, Ju-Hyung · Lee, Kyung-Tae	289~297

Architectural Institute of Korea

President ; Choi, Chang-Sik    Editor-in-Chief ; Jun, Han-Jong

Office Address ; 87 Hyoryeong-ro, Seocho-gu, Seoul, Korea 06687

Tel ; 82-2-525-1841    Fax ; 82-505-300-1845    E-mail ; journal@aik.or.kr    Homepage ; http://journal.aik.or.kr/jaik

# 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획 연구

## Architectural Research on the Medical Technology Experiment Simulator

이 상 원\*                      김 진 영\*\*                      여 명 은\*\*                      심 약 기\*\*  
Lee, Sang Won              Kim, Jin Young              Yeo, Myung Eun              Shen, Ruoqi

김 성 완\*\*\*                      신 상 도\*\*\*\*                      여 명 석\*\*\*\*\*                      조 항 만\*\*\*\*\*  
Kim, Sungwan              Shin, Sang Do              Yeo, Myoungsouk              Zo, Hangman

\* 서울대 건축학과 석사과정, M.S. Candidate, Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Korea

\*\* 서울대 건축학과 석사과정, M.S. Student, Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Korea

\*\*\* 서울대병원 의공학과 교수, Professor, Dept. of Biomedical Engineering, Seoul National University Hospital, Korea

\*\*\*\* 서울대병원 응급의학과 교수, Professor, Dept. of Emergency Medicine, Seoul National University Hospital, Korea

\*\*\*\*\* 서울대 건축학과 교수, Professor, Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Korea

\*\*\*\*\* 서울대 건축학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Korea

(Corresponding author : zohangman@snu.ac.kr)

### Abstract

This study delves into the synergy between medical technology and architectural planning, addressing the pressing need for specialized environments that can facilitate the development and validation of innovative medical devices. The swift evolution of medical technology often surpasses the adaptability of current healthcare infrastructure, hindered by stringent regulations aimed at ensuring public health safety. To bridge this gap, this research introduces a comprehensive architectural plan for a dedicated Medical Technology Experiment Simulator. This simulator replicates various healthcare settings to support rigorous and realistic medical technology experiments. The planning principles for this endeavor revolve around stability, representation, standardization, and adaptability. These principles are derived from thorough analysis of existing simulator usage studies, medical facility design guidelines, and relevant laws and regulations. The specific requirements and performance conditions of those participating in experiments were also taken into account. The proposed architectural plan for this simulator is expected to foster advancements in medical device development, improve healthcare infrastructure, and drive innovation in healthcare through simulation-based training and research. This study lays the groundwork for the future development of efficient and safe medical technology experiment simulators, making a significant contribution to healthcare research.

키워드 : 의료기술, 실험용 시뮬레이터, 건축 계획, 의료기관, 의학 연구, 실험 연구소

Keywords : Medical Technology, Experiment Simulator, Architectural Planning, Healthcare Facility, Medical Research, Laboratory

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

시대의 변천에 따라 의료 정책의 변화, 기술의 발전으로 병원의 형태와 유형은 변모한다(Kim & Yang, 2014). 최근 국내 의료환경은 새로운 의료 방식과 발전된 정보통신 기술의 융합으로 다양한 의료기술이 도입되고 있다. 진료 부분의 ICT 기술을 이용한 검사, 진단 및 처치 부분의 첨단화, 감염질환에 대비한 병상 간의 간격 확보, 음압병동의 확충, 의학 연구기능의 확충 등 의료 서비스의

질적 향상은 신축 병원 건축 계획의 경향과 특징이다(Chung, 2017). 이처럼 변화된 사회 요구에 맞추어 수많은 첨단의료기기 및 의료 신기술이 개발·적용되고 있으나 이를 시범적으로 적용해보고 테스트할 수 있는 의료 공간은 부족한 상황이다. 그렇다고 실제 운영 중인 병원 또는 의료 공간 내에서 임상적 실험을 진행하는 것은 포화된 국내 의료 실정상 현실적으로 불가능하다.

새로운 의료기기 및 의료행위는 국민의 건강을 보호하고, 안전성과 유효성을 확보하기 위해 현행 공중위생관리법, 의료기기법, 의료법에 따라 엄격히 관리되고 있다. 개발 중인 의료기술은 의료기기 허가·신고·심사에 관한 규정에 따라 식품의약품안전처의 승인 없이는 시중에 사용될 수 없으며(Regulations on the Approval, Declaration,

이 연구는 2022-2023년도 국가연구개발사업의 일환으로 보건복지부 재원 범부처방역연계감염병연구개발재단 감염병의료안전강화기술개발사업 지원에 의한 결과임. 과제번호:HG22C0020

and Evaluation of Medical Devices, 2023), 의료행위에 해당하는 의료기술은 면허를 가진 의료인이 아니라면 수행할 수 없도록 제한하고 있어(Medical Act, 2021) 실제 현장에서의 의료기술 실험은 상당한 어려움을 동반한다. 이러한 경향은 실증 단계에서 연구개발의 효율성 저하를 가져와 예산 낭비로 이어지는 원인이 되고 있다.

국가적으로 의사과학자와 의공학자 양성에 힘쓰고 있는 상황과 다르게 임상 연구와 의료기술 연구를 위한 건축 인프라는 여전히 부족한 실정이다. 특히나 COVID-19 팬데믹을 기점으로 학계의 요구가 사회의 필요로 확대되었고, 의료기술 실험용 시뮬레이터 개발 연구가 국가연구개발과제의 일환으로 채택되었다. 발전된 의료기술이 가져올 국가 의료시스템 증진과 의료진의 부담 경감, 그리고 국민의 건강·안전·행복 향상을 고려한다면 의료기술 실험용 시뮬레이터 연구가 가지는 의미는 분명하다.

비록 학술적으로 보고된 의료기술 실험용 시뮬레이터 관련 연구 대부분이 시뮬레이터 내에서 수행된 실험 그 자체에 초점이 맞추어 있어 건축 연구를 위한 기초 자료로서 그 양과 질이 부족함을 부정하기 어렵다. 하지만 변화하는 시대·사회적 요구에 따라 더 이상 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 연구를 미룰 수 없음도 사실이다. 본 연구는 건축 연구 차원에서 사전에 깊이 있게 논의되지 않아 온 의료기술 실험용 시뮬레이터 분야를 건축 연구 선상에 새롭게 불러왔다는 바에 그 의의가 있다.

### 1.2 연구의 목적

본 연구는 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축을 위한 기본 개념을 정립하고 시뮬레이터 건축 계획상 특징들을 분석함으로써, 의료기술 실험에 특화된 시뮬레이터 건축 전반의 기초 자료를 제공하는 것에 주요한 목적이 있다.

의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획에 있어 핵심 요소와 조건을 식별하기에 앞서, 의료기술 실험용 시뮬레이터의 기본 개요를 분석하고, 건축 특성을 정리함으로써 건축 계획 전반에 대한 이해를 일차 목표로 한다. 이를 통해 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축의 주요 원칙을 수립하고, 필요 조건들을 파악하고자 한다. 이차적으로 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획에 있어 일반 건축 계획과는 다르게 특별히 고려되어야 하는 특징들의 정리·분석하고자 한다. 그동안 건축계에서 주목받지 못해온 의학 연구 및 실험용 시뮬레이터 분야를 건축 연구 차원으로 불러들임으로써 의료기술 실험용 시뮬레이터의 체계적 설계와 안정적 구축을 위한 기본 자료를 마련하고자 함에 본 연구의 최종 목적이 있다.

### 1.3 연구의 범위

의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획 연구에 앞서, 의료기술 및 시뮬레이터의 정확한 범위를 명시한다.

보건의료기술은 건강 상태를 유지 개선하기 위한 재활, 관리와 질병의 예방, 진단, 모니터링, 치료 등에 사용되는 의료기기와 의약품을 포괄하는 넓은 의미의 기술을 의미한다. 본 연구에서의 ‘의료기술’은 환자의 진단, 치료,

예방을 위해 의료기관 내 전문 의료 서비스에서 제공하는 의공학적인 기술을 의미한다. 이는 첨단의료기기·장비·장치 일체를 포함한다.

시뮬레이터는 항공 우주 분야를 비롯한 여러 영역에서 다양하게 활용된다. 보통 모의실험을 통해 저렴한 비용, 적은 시간 소요만으로 복잡한 시스템의 특성을 파악하고자 할 때 활용된다. 본 연구에서 ‘시뮬레이터’는 과학적 실험을 목적으로 복잡한 상황과 환경을 모사하고 재현하는 공간을 의미한다. 특히 실험을 위해 물리적으로 재현된 시뮬레이션(simulation) 공간으로 정의한다.

### 1.4 연구의 방법

본 연구는 기존 물리적 공간에서 진행된 실험 연구의 고찰을 통해 실험용 시뮬레이터의 기본 개요를 작성하였다. 시뮬레이터 내에서 수행된 실험 및 기술 평가와 실험 진행을 위한 연구 공간에서 드러난 시뮬레이터의 근본적 특성을 기반으로, 의료기술에 특화된 실험용 시뮬레이터의 정의와 원칙을 추론하였다.

의료법과 의료 공간 시설기준, 의료기관 건축설계 가이드라인을 반영하여 의료기술 실험용 시뮬레이터의 공간 요건을 정리하였다. 대한민국 의료법 및 의료기기법 전반, 특히나 의료법 제3조와 의료법 시행규칙 제34조(의료기관의 시설기준 및 규격), 보건복지부에서 발행한 한국 의료복지건축학회 의료기관 건축설계 가이드라인 연구, 그리고 응급의료에 관한 법률 시행규칙 13조(권역응급의료센터 지정기준) 등을 토대로 공간 요소들의 구체적인 전제 조건을 추출하였다. 전반적인 의료 공간 이해에 있어서는 대한건축학회, 한국의료복지건축학회, 한국실내디자인학회, 대한건축사협회의 병원 및 의료기관 건축 계획 연구를 종합적으로 활용하였다.

의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 고려사항은 국가연구개발사업의 일환으로 실제 국내 의료기술 실험 연구에 활용될 시뮬레이터<sup>1)</sup> 건축 경험을 바탕으로 정리 분석하였으며, 현업에서 연구 활동 중인 의료진, 의료기술 개발진, 그리고 의료 설비 관리진과의 논의 과정을 통해 구체화하였다. 실험 주체로부터 요구 사항 및 성능 조건을 취합하고 물리적인 공간으로 구현하는 과정은 한국형 달 탐사선 구조 모델 설계와 달 탐사선 시뮬레이터 개념설계 연구 방법을 참조하여 진행하였다.

## 2. 실험용 시뮬레이터 관련 학술 연구

### 2.1 선행 연구의 고찰

국내외 학술지에 보고된 바로는 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축에 초점을 두고 진행된 연구를 찾을 수 없었다. 이에 본 연구진은 연구소 실험실을 위한 기본 공간, 시뮬레이션 공간을 활용한 기술 실험, 그리고 의료 시뮬레이션을 위한 공간을 분석하여 의료기술 실험용 시뮬레이터의 근간을 파악하고자 하였다.

1) 응급의료시설 다중감염제어 방역강화기술 실험용 시뮬레이터.

## 2.2 연구소 실험실을 위한 기본 공간

Kim, Lee, & Song(2005)은 연구소 계획상 가장 기본적인 요소로 연구실과 실험실의 배치 관계, 연구·실험실 모듈의 계획, 설비시설의 공급방식을 꼽았다. 주 기능이 되는 연구실, 실험실, 그리고 보조기능을 하는 실들 사이의 기능적 연계를 충족시키는 것을 중요시하였다. 각기 다른 기능들이 독립성과 상호연관성을 유지하면서 통일된 건축물로 종합화되는 과정이 평면계획에 있어 주요한 과제이다. 구축 방식은 구조시스템과 재료가 복합적으로 관련되어야 하며, 기본적으로 모든 시스템이 연구실, 실험실의 모듈과 관련이 있어 종합적으로 계획되어야 한다.

Lee(1992)는 연구소 건축이 융통성과 효율성을 고려해 경제적 효율성을 제공해야 함을 논하고 있다. 연구과제들은 실생활의 프로젝트보다 쉽게 변화, 축소, 확대될 가능성을 포함하고, 경제성과 수익성, 정책과 전략, 연구 여건 및 경제 상황의 변동에 따라 더욱 영향을 받는다. 따라서 연구소 시설들은 연구과제의 변화에 반응하도록 원활한 적응성과 융통성이 요구된다. 최소한의 보수작업으로 새로운 용도에 대처할 수 있도록 고려되어야 한다.

Kim(1997)에 따르면 연구소 건축물 공간 계획을 위해 연구실험에 요구되는 환경적 성능, 그에 대한 정확한 이해, 그리고 합리적인 대책이 요구된다. 연구소의 연구목적, 연구내용, 실험실 환경, 운영에 대한 지침, 프로그램 확장에 따른 증축, 기능, 제반 장비와 같은 사항들을 조사해야 한다. 기본 요소로는 프로그램에 따른 공간 활용, 동선 체계 분석에 따른 환경 계획, 실험 재료의 수급 계획, 실험 장비 계획이 있다. 설비 계획에 있어서는 연구원의 안전과 연구소 구축 비용에 중요하게 작용하는 공기 조화 시스템이 연구소 건축 계획의 기본 과제이다.

## 2.3 시뮬레이션 공간을 활용한 과학 실험

Wu et al.(2014)는 International Centre에 지어진 시뮬레이터<sup>2)</sup>에서 4가지 조작변인 실험을 진행하였다. 각 변인마다 4회의 실험을 진행하였으며, 매번 높이별 풍속, 온도 등 다양한 변수를 측정하여 평균값과 중간값을 실험 결과로 채택하였다. 실험실 내에 일반적인 사무환경을 모사하기 위해 책상과 컴퓨터 그리고 인간 더미(dummy) 마네킹을 설치하여 실험하였다. 책상 사이 간격 및 천장 높이에 대해서는 규범적인 수치에 맞추어 각각 1.5m와 2.7m로 설정되었다.

Yang et al.(2022)은 Research Center에 지어진 시뮬레이터<sup>3)</sup>에서 3가지 조작변인으로 구성된 실험을 진행하였다. 각 조작변인 실험에 대해 일관된 실험 환경을 유지하도록 매 실험 120분에 이르는 시간 동안 온도 오차 0.3℃ 이내, 습도 오차 5% 이내, 이산화탄소 농도 오차 30ppm 이내로 일정하게 조절했다. 5.4m\*5.0m\*2.6m 규모로 계획된 실험실 내부에는 전형적인 사무실 공간을 조성하기 위해 책상과 의자, 노트북 PC로 구성된 워크스테이션 4

개를 세팅하였다. 각 워크스테이션에는 조작변인에 해당하는 실험 장치가 설치되었으며, 워크스테이션 간에는 3m의 간격을, 벽과는 1.5m의 이격을 두고 설계되었다.

Valente et al.(2012)는 National Research Hospital에 설치된 시뮬레이터<sup>4)</sup>에서 옥타브 밴드 높이에 따른 잔향시간 및 소멸시간을 실험하였다. 외부 소음으로 인한 실험 결과의 변동을 막기 위해 방 안으로 들어가는 문은 견고한 목재로 제작, 문틀과 문턱 주위에 네오프렌 패킹을 설치하였다. 1.0m\*1.0m 실내 창문 3개에 대해서는 16mm 석고보드로 테두리를 제작해 실리콘 도포로 밀봉했으며, 석고보드와 유리 사이 틈에는 12.5mm 두께의 섬유 보드 단열재를 채우는 등 인접한 복도로부터의 소음 전달을 줄이기 위해 세심하게 고려되었다. 5.3m\*6.3m\*2.6m 규모의 물리적인 공간으로 조성되었으며, 벽면은 석고보드, 천장은 음향 타일이 있는 표준 천장 구조, 바닥은 시멘트 슬라브 위의 얇은 상업용 타일로 제작하였다. 일반적인 교실 환경 모사를 위해 책이 놓인 책상과 커튼, 책상과 의자까지 재현하였으며, 실내 마감재는 모두 교실에서 실제 쓰이는 재료를 반영해 설계하였다.

Kong et al.(2021)은 University of Technology 연구소에 조성된 시뮬레이터<sup>5)</sup>에서 병원 내 환기 시스템 제어 실험을 진행하였다. 공조 온도의 통제를 통해 실내 온도 오차를 1℃ 내외로 유지하였을 뿐 아니라 환기를 10ACH(Air Change per Hour)를 설정하여 모든 실험에서 일정한 공기 흐름 속도를 유지함으로써 실험의 반복 가능성을 고려하였다. 중국의 국가 표준에 명시된 중환자 치료실과 감염 단위의 요구 사항을 준수하여 모사 환경이 실제 병동 조건과 유사하도록 설계하였다. 6.0m\*5.92m\*2.8m 규모로 시공되었으며, 환자의 영향조차 재현하기 위해서 인체 모방 더미(dummy) 마네킹을 사용하였다. 해당 실험의 특이점은 다양한 환기 구성을 모두 동일 실험공간에서 수행하였다는 점이다. 한정된 시뮬레이터 공간 안에서 다양한 환기 모드를 구현할 수 있도록 계획 단계부터 모든 환기 구성에 대응하는 디퓨저와 덕트를 설치하고, 가변형 공조 시스템을 적용하였다. 천장에 배치한 0.5m<sup>2</sup> 디퓨저(diffuser) 5개, 측벽에 배치한 0.2m<sup>2</sup> 디퓨저(diffuser) 28개의 조합을 통해서 상단 급·배기, 측면 급·배기로 구성된 4가지 서로 다른 조합의 공조 환경을 동일한 시뮬레이터 공간 안에 구현하였다.

## 2.4 의료 시뮬레이션을 위한 공간

You(2005)는 의료 시뮬레이션이 실제와 똑같은 상황을 만들어 의료술기 훈련을 하는 교육방법이라 소개하고 있다. 의료 시뮬레이션 공간이란 의과대학 내 임상수기 시뮬레이션 교육을 목표로 실제 상황과 최대한 똑같이 모사한 환경을 의미한다. 마네킹을 놓을 장소뿐 아니라 시나리오에 따라 다양한 특색 있는 배경을 설치할 수 있어야 한다. 또한 카메라로 녹화할 수 있어야 하며, 마이크

2) 실내 난방, 환기, 혼합, 변위별 공조 효율 실험용 시뮬레이터.  
3) 환기 방식에 따른 온도 쾌적성, 공기 질 실험용 시뮬레이터.

4) 교실 음향 상태에 따른 언어 인식, 학습 실험용 시뮬레이터.  
5) 병동 미세입자의 환기 시스템 제어 효과 실험용 시뮬레이터.

로 연결되어 시뮬레이션 동안 의사소통에 장애가 없어야 한다. 마네킹과 모니터, 의료소모품 등의 여러 기자재와 장비를 정리했다 설치했다 하는 것은 준비하는 데 수 시간이 걸릴 수 있어, 대단히 소모적인 일이다. 사실상 마네킹과 부품을 상주시킬 수 있는 공간이 필요하며, 보관 창고가 함께 있으면 편리하다.

Choi(2021)에 따르면 의과대학의 임상실습 공간이란 임상에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황을 특수 마네킹을 통하여 진단하고 치료하는 과정 일체를 포함하는 의학교육과 의료기기 훈련을 위한 공간을 말한다. 의료 현장 시나리오에 따라 다양한 배경을 설치할 수 있는 시뮬레이션 실, 시뮬레이션 장비와 소품, 디브리핑(debriefing)을 위한 카메라 녹화시설, 마이크를 통한 의사소통 장비, 컴퓨터 사용 공간이 필요하다. 무엇보다 시뮬레이션 환경이 실제 상황과 최대한 유사하도록 교육환경을 조성하는 것이 중요하다. 설치와 퇴거를 반복하는 번거로움이 없도록 시뮬레이터 마네킹 상주 시설, 1인용 병실, 수술실, 진료실, 창고 등과 같은 고정 공간을 설치하기도 한다.

### 2.5 소 결

위의 연구들에서 제시된 실험 세팅, 조건, 공간, 그리고 시스템에 대한 설명을 종합한 결과, 시뮬레이터 실험에서는 외부 환경과 분리된 안정적인 통제 환경의 구현을 중요하게 다루었다. 여러 차례 진행되는 실험에 있어 일관된 실험 환경을 유지하기 위해 세세한 부분까지 설계되었다. 일반적인 환경을 재현하기 위해 모사 대상이 된 시뮬레이션 공간의 원형을 명시하고 있으며, 규범적인 공간의 크기, 면적, 높이, 재료, 온도, 습도 등의 정보를 반영해 표준적 건축 공간을 재현하고자 하였다. 나아가 임상적인 활용의 경우 다양한 배경의 설치와 퇴거를 염두에 두고 공간의 변형을 위한 편의를 미리 고안하였다.

## 3. 의료기술 실험용 시뮬레이터 기본 개요

### 3.1 의료기술 실험용 시뮬레이터 정의

의료기술 실험용 시뮬레이터란 ‘의료기술 실험을 위한 의료환경 모사 공간’을 의미한다. 이는 연구 개발 단계의 첨단 의료기술 시험 및 성능평가를 위해 의료환경을 모사한 실험공간을 뜻한다.

### 3.2 의료기술 실험용 시뮬레이터 조건

의료기술 실험에 특화된 시뮬레이터로서 안전하고 통제된 상황 안에서 공학적인 기술 시험을 고려해야 하며, 일반 병원과 다르게 안정적이고 표준화된 실험 환경을 보장해야 한다. 또한 의료 임상에 특화되어 다양한 질병과 상황을 구현할 수 있도록(Choi, 2021) 기존 의료환경을 정밀 재현해야 한다. 즉, ‘연구소 실험실 공간의 중립적(neutrality)이고 균질한(homogeneous) 환경 조성’과 ‘의료기관 의료 공간의 다양(diverse)하고 특수한(specialized) 공간 재현’이라는 서로 다른 면을 균형있게(balanced) 결합해야 한다. 추가로, BI(Biological Indicator) 실험에도

연구자와 주변 환경 보호에 문제가 없도록 생물안전실험실 안전 수준(Biosafety Level)을 갖추는 것이 바람직하다.

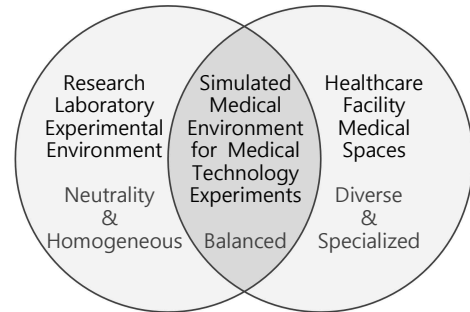


Figure 1. Conditions for medical technology experiment simulator

### 3.3 의료기술 실험용 시뮬레이터 원칙

앞선 연구의 고찰과 의료기술 실험용 시뮬레이터 정의 및 조건에 기반하여 다음과 같은 네 가지 원칙을 수립한다. 첫째, 일관된 실험 환경 유지를 위해 안정성(stability)이 보장되어야 한다. 이는 신뢰할 수 있는 실험 결과 도출을 위해 필수적이다. 둘째, 일반적 의료 공간 모사를 위해 대표성(representation)이 확보되어야 한다. 이는 시뮬레이터가 의료 공간으로서의 표본 역할을 하기 위해 중요하다. 셋째, 규범적 환경 기준 만족을 위해 표준성(standardization)이 준수되어야 한다. 이는 임상적 연구에 적합한 수준의 의료환경 모사를 위해 필요하다. 넷째, 다양한 실험 환경 구현을 위해 가변성(transformability)이 마련되어야 한다. 이는 한정된 시뮬레이터 공간의 유용한 활용을 위해 요구된다.

Table 1. Overview of medical technology experiment simulator

Definition	Simulated medical environment for medical technology experiments	
Conditions	Neutral and homogeneous environment in research laboratory experimental spaces	
	Diverse and specialized spaces within healthcare facility medical areas	
Principles	Maintenance of a consistent experimental environment	Stability
	Simulation of general medical environment conditions	Representation
	Adherence to normative medical space standards	Standardization
	Flexible space for various experimental environments	Transformability

## 4. 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 특성

### 4.1 의료기술 실험용 시뮬레이션 공간의 특수성

의료기술 실험용 시뮬레이션 공간은 본질적으로 실험 공간과 의료 공간의 중간체라는 모호성을 지닌다. 연구소 실험실과 의료기관의 특징을 동시에 만족시키려 하지만 모든 요구 조건을 상충 없이 완벽히 충족시키기는 불가능에 가깝다. 건축으로 치환되는 과정에서 공존할 수 없

는 부분이 반드시 발생한다. 안전성, 대표성, 표준성, 가변성으로 나열된 건축적 요소가 빠짐없이 반영되는 것은 현실적이지 않다. 각 특성에 속한 개개 요소별 우선순위를 명확히 하고 균형을 맞추어 설계할 필요가 있다. 모든 요소가 지켜지지 않는 것이라도 실험의 본질과 목적을 위배하지 않는 선에서 섬세하게 고안된 계획안이 필요하다.

#### 4.2 안정성

의료기술 실험용 시뮬레이터에 있어 안정성은 반드시 고려되어야 하는 특성이다. 이는 일관된 실험 환경을 유지할 수 있는 균질하고 안정적인 공간 성능을 의미한다. 특히나 실험 연구의 정밀도(precision)를 위해서는 반복성(repeatability)과 재현성(reproducibility)이 중요하게 다루어진다. 따라서 의료기술의 개입(intervention)을 제외한 외부 변인을 오차 범위 내로 통제할 수 있는 높은 수준의 안정 성능을 확보해야 한다.

의료기술 실험용 시뮬레이터는 기본적으로 Figure 2.와 같이 ‘실험공간(Experimental Area) + 통제공간(Control Area) + 전이공간(Transition Area)’로 구성된 3단 층위를 가진다. 가장 안쪽에 위치한 실험공간은 시뮬레이터에 있어 무엇보다 주요한 영역으로, 실제 의료기술 실험이 수행되는 장소이다. 통제공간은 실험공간 내에서 수행되는 작업이 안정적으로 유지될 수 있도록 실험 환경을 통제하는 공간으로 활용된다. 전이공간은 실험자 및 실험 장비의 안전한 이동을 돕는 동시에, 실험 중 발생할지 모르는 위험에 대비하는 완충지대 역할을 한다.

실험이 진행되는 실험공간은 외부 변화에 영향 없이 온도, 습도, 기압 등 환경 요소를 안정적으로 유지할 수 있도록 하는 건축 성능 및 설비의 보조가 요구된다. 실험공간의 크기는 표준성에서 요구하는 의료 공간의 최대 규모에 맞추는 것이 바람직하며, 내부는 다양한 공간 모사와 시뮬레이션 변화를 고려한 계획이 필요하다. 실험공간을 둘러싸고 배치된 통제공간은 연구원이 자유로이 통행할 수 있는 복도 폭 1.2m이면 충분하나, 의료 병상을 비롯한 대형 의료기기 및 실험 장비의 이동을 위한 폭 1.6m 이상의 문을 함께 계획하는 것이 바람직하다. 또한 첨단 의료기술 실험 특성상 의료진의 의료행위가 행해지는 임상실험 및 BI(Biological Indicator) 활용 실험을 고려해야 한다. 따라서 의료 관계자 및 실험 연구자의 이동에 따라 멸균 상태의 내부 공간의 오염 또는 외부 공간으로의 병원체 전파를 차단하는 전실 역할의 전이공간이 함께 계획되어야 한다. 이는 연구자의 안전과 함께 실험의 품질관리를 도모하기 위함이다(Kim, 2018). 전이공간은 음압병실 전실과 같이 문과 문 사이 협소 공간으로 축소될 수 있지만 실간 양쪽 문은 동시에 열리지 않는 인터락(interlock) 구조로 설계되어야 한다.

3단 층위로 구성된 시뮬레이터 기본 공간 외에 부수적 기능을 지원하는 보조공간(Supplementary Area)이 덧붙는다. 보조공간은 전체 시스템의 효율적인 작동을 위한 시설과 서비스를 제공하며, 실험을 관리하고 모니터링하는 용도로 사용되어 실험 주체의 연구 수행 허브로 활용된다.

다. 보조공간은 실험공간, 통제공간과 철저히 단절되어 직접 이동이 제한되며, 전이공간을 통한 간접 연결만이 가능하게 계획된다. 따라서 실험자는 Figure 2.와 같이 독립적으로 보조공간을 이용할 수 있으며, 어떠한 위치에서도 3개의 커로 구성된 물리적 차폐를 지나 실험실로 접근하게 된다. 이러한 공간 배치는 과학적 실험의 통합적이고 조직적인 환경을 조성하며 작업 안전성을 극대화하도록 고안된 결과이다.

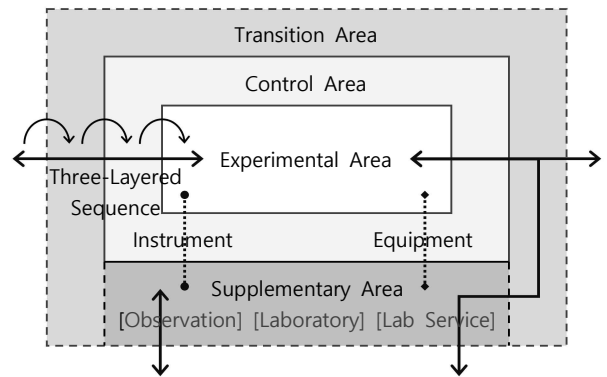


Figure 2. Configuration of spaces for medical technology experiment simulator

보조공간의 공간 구성에는 관찰공간(Observation), 연구공간(Laboratory), 실험 장비공간(Lab Service) 등이 포함된다(Kim, 2018). 관찰공간은 실험 중 실시간 상황을 파악하며 의료기기와 실험 장비의 조작을 위한 컨트롤 타워 역할이 부여된다. 원활한 실험 진행을 위해 관찰공간은 실험공간과 연계하여 계획하는 것이 바람직하다. 실험 센서와 데이터를 주고 받기 위한 연결망, 내외부 연구자간 소통을 위한 통신망, 그리고 시각적 관찰을 위한 관찰창이 필요하다. 관찰창은 실험 상황 중 최대한 많은 종류의 시각 정보를 담을 수 있는 단면 방향으로 개구부를 계획한다. 실험 병상을 기준으로 받치 또는 머릿면에 위치하기보다는 발부터 머리까지 단면에 관찰할 수 있는 측면부에 관찰창을 계획하는 것이 합리적이다. 연구공간은 드라이랩(Dry Lab)의 일종으로 연구노트 작성에서 컴퓨터 시뮬레이팅까지 실험 내용과 목적에 따라 활용이 달라진다. 관찰공간과 연구공간은 실험공간과 엄격히 구분되어야 하며 동선 또한 분리하여 연구자의 안전, 보안, 프라이버시를 확보해야 한다(Kim, 2018). 실험 장비공간은 BSC(Bio-safety Cabinet), 검출기, 배양기 등 연구용 실험장비가 위치하는 공간이며, 필요에 따라 실험공간과 설비로 연계되어 주 실험을 보조하는데 이용될 수 있다.

#### 4.3 대표성

시뮬레이터가 의료 공간으로서의 표본 역할을 하기 위해서는 재현하고자 하는 공간이 일반적인 의료환경을 대표해야 한다. 의료법에 따르면 의료기관이란 의료인이 공중 또는 특정 다수인을 위하여 의료·조산업을 하는 곳을 말하며, 병원, 종합병원, 치과병원, 정신병원, 요양병

원, 한방병원, 의원, 치과의원, 한의원 그리고 조산원으로 분류된다(Medical Act, 2021). 의료 공간의 주된 대상이 되는 의료시설로서는 의원, 병원, 종합병원, 치과병원을 꼽을 수 있다(Lee, 1994). 시뮬레이션 공간의 대표성을 위해 의료기관 모두 또는 대부분이 보편타당하게 포함하고 있는 의료 공간의 모사가 필요하다. 또한 해당 공간 단위가 여러 종류의 의료기관에 걸쳐 일반적 형태와 용도로 나타나고 있는지 확인이 필요하다.

병원 공간의 유형 분류에 따르면 크게 병동부, 진료부, 지원부로 나뉜다. 병동부는 환자들의 입원 치료시 머무르는 공간이며, 진료부는 외래진료부와 중앙진료부로 구분된다. 지원부는 약품 관리 및 공급, 교육 및 부대시설로 구성된다(Cheong, 1992). 병동부와 진료부는 병원의 주된 기능을 담당하고 있으며 특히 입원실, 중환자실, 수술실, 응급실은 환자의 생명과 의료진의 안전에 직접 연관된 만큼 의료법 시행규칙에 따라 엄격한 시설기준을 의무화하고 있다(Enforcement Rules of the Medical Act, 2023).

본 연구는 의료기술의 범위에 맞추어 의료기관 내 전문 의료 서비스에 의해 의료행위가 수행되는 의료 공간에 초점을 두었다. 이에 따라 병원 건축의 공급부문, 관리부문, 서비스부문은 제외하였으며, 보조공간이 아닌 주 행위 공간에 해당하는 의료 공간을 선정하였다. 또한 환자의 생사와 밀접하게 연관된 공간에 대해 다방면의 기술이 개발되고 있는 시장의 현실적 수요를 반영하였다. 그리고 사용성(usability) 면에서 유사한 의료 공간은 가장 대표성이 높은 일반적 공간으로 치환하고자 하였다.

앞서 논한 의료기관의 일반성, 원내 중요성, 시뮬레이터의 활용성, 공간의 사용성 분석에 따라 중앙진료부의 수술실(operating room), 병동부의 입원실(impatient room), 외래진료부의 진료·검사실(Clinic room), 그리고 대기실(waiting room)에 해당하는 4개 단위를 의료기술 적용을 위한 대표 의료 공간으로 선정한다. 수술실은 다수의 의료진이 환자와 고밀도로 접촉하여 함께 있는 공간으로, 수술을 위한 고도의 의료기와 장비가 갖추어져 있다. 입원실은 다수의 환자가 장기간 점유하며 의료진이 방문하는 공간으로, 환자의 치료 및 회복을 위한 생활 환경이 동반된다. 진료·검사실은 소수의 의료진이 점유하며 다수의 환자와 보호자가 높은 빈도로 방문하는 공간으로, 사무환경과 함께 검사 및 진단을 위한 의료 장비로 구성된다. 대기실은 다수의 환자와 보호자가 공유하며, 원내 다른 공간들과 연결되는 중간 지점으로 대기 시간에 필요한 의자와 편의시설이 제공된다.

#### 4.4 표준성

임상적 연구에 적합한 수준의 의료환경 모사를 위해 규범적 환경 기준의 만족이 필요하다. 의료기관의 건축 시기 및 지역, 병원 운영 상황에 따라 달라질 수 있는 수술실, 입원실, 진료·검사실, 대기실 공간의 표준성을 확보하기 위해 법적, 제도적 규정에 기반한 공간 기준 및 환경 표준을 추출한다. 추가로 종합병원 관련 기준과 응급의료센터 관련 규정 중 상대적으로 엄격한 조건에 만

족시켜 다양한 의료 공간 실험에 제한이 없도록 한다.

의료법상 시설기준은 의료기관 설립을 위해 반드시 준수해야 하는 강제규정의 성격을 가지며, 대부분의 의료기관들이 준수할 수 있도록 최소한의 필수내용만을 규정하고 있다. 따라서 단순히 강제규정만을 따르기 보다는 적절한 수준의 권장규정도 함께 고려해 의료기술 실험용 시뮬레이터의 적정성을 확보하는 것이 바람직하다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018).

##### (1) 수술실

일반 수술실의 유효면적은 의료진 및 의료기기 이동공간을 감안하여 최소 37m<sup>2</sup> 이상으로 계획한다. 수술실 한 면은 최소 6m 이상으로 하며, 수술실 천장고는 3m 이상을 확보한다. 수술실은 상호 간에 격벽으로 구획되어야 한다. 또한 각 수술실에는 하나의 수술대만을 두어야 한다(Enforcement Rules of the Medical Act, 2023). 응급의료에 관한 법률 시행 규칙에 의해 소생실 최소 20m<sup>2</sup> 전용면적을 확보하고, 각각의 내변이 3m 이상이 되도록 시설 기준을 규정하고 있다(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023). 수술실 내에는 불박이 매립형 수납공간을 계획하고, 환자 및 의료진의 이동에 불편함이 없도록 관찰창이 있는 미닫이 문을 설치한다. 나아가 손을 사용하지 않고 문이 열릴 수 있도록 자동문을 설치하는 것이 바람직하다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018).

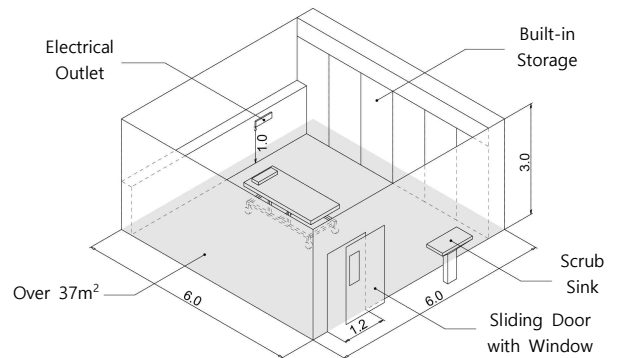


Figure 3. Example of space for operating room compliant with standards

환자의 감염 방지를 위해 먼지와 세균 등이 제거된 청정한 공기를 공급할 수 있는 공기정화설비를 갖추고, 내부 벽면은 불침투질로 하여야 하며, 적당한 난방, 조명, 멸균수세, 수술용 피복, 기계기구, 의료가스, 소독, 배수 등 필요한 시설을 갖추어야 한다. 안전을 위해 바닥은 접지 되도록 하며, 콘센트의 높이는 1.0m 이상을 유지하고, 호흡장치의 안전 관리시설을 갖추어야 한다(Enforcement Rules of the Medical Act, 2023). 기도 내 삽관 유지장치, 인공호흡기, 마취 환자의 호흡 감시장치, 심전도 모니터 장치를 갖추어야 하며(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018), 수술실 입구에 손 세척을 위한 스크럽 싱크(scrub sink)를 설치해야 한다(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023).

(2) 입원실

종합병원 입원실의 면적은 환자 1명을 수용하는 곳인 경우 10m<sup>2</sup> 이상, 환자 2명 이상을 수용하는 곳인 경우에는 환자 1명에 대하여 6.3m<sup>2</sup> 이상으로 하여야 한다. 병상 간격은 최소 1.5m의 공간을 확보해야 하며, 일반 병동 환자 병실에 설치하는 병상수는 최대 4병상으로 제한한다(Enforcement Rules of the Medical Act, 2023). 이는 응급 의료센터의 병실 규격인 다인 병실 1인당 최소 4.3m<sup>2</sup>, 병상 간 간격 1.5m 이상 확보해야 하는 규정을 충족한다. 다만, 응급의료센터 일반 격리병상으로서의 확장성을 고려한다면 3병상 이상을 확보하는 것이 바람직하다(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023). 격리실, 처치실 및 중환자실의 천장 높이에 있어서는 2.7m 이상으로 계획되어야 한다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018). 병상 크기 1.0m\*2.2m를 기준으로 병상 간 1.5m 이격은 휠체어가 회전할 수 있는 공간이며, 스트레처를 이용한 환자 이송 시 필요한 공간이다. 고정형 벽이 있는 경우 의료진의 치료와 장비 구비를 위해 병상과 벽 사이 최소 0.9m의 공간을 확보한다. 이는 간병인을 위한 간이 병상이 놓일 수 있는 공간이기도 하다. 병상의 발치 거리는 최소 치료 공간인 0.6m에 스트레처 이동을 위한 0.9m를 추가로 확보해 1.5m로 계획한다. 출입문의 폭은 병상의 이동이 용이하도록 최소 유효폭 1.15m 이상으로 계획하며, 병실 내 창문턱의 높이는 환자가 병상에 누워 외부를 조망할 수 있도록 계획한다(Chai, Choi, & Kwon, 2013).

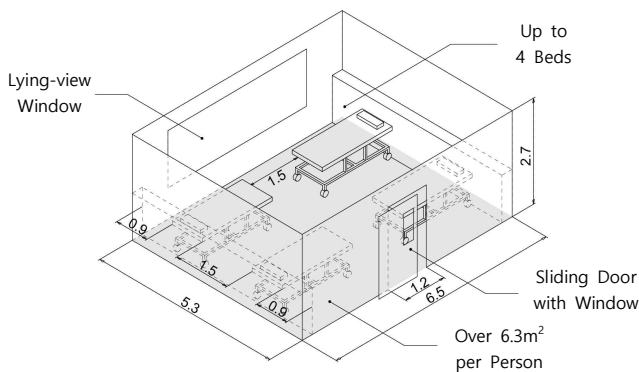


Figure 4. Example of space for inpatient room compliant with standards

각 병상마다 산소와 음압, 고압 공기를 공급하는 설비를 갖추어야 하며(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023), 벽과 커튼으로 구분된 큐비클(cubicle), 침대, 커튼, 심전도 모니터, 의료기기, 보호자용 간이 의자는 입원실의 공통적 실내 환경으로서 함께 모사될 필요가 있다(Jo, 2020). 모든 병실, 화장실, 복도는 휠체어 이동을 위해 문턱을 제거하고, 복도 문에는 투시창이 포함된 슬라이딩 도어의 설치를 권장한다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018). 병실 내에는 감염 방지를 위해 손 씻기 시설을 최소 1개소 이상 설치

하고 환기횟수는 시간당 6회 이상으로 하며, 이 중 외기 도입량은 시간당 2회 이상으로 하여야 한다. 공조 설비에 의해 공급되는 공기는 중성능 이상의 필터를 거쳐서 공급한다. 실내 온도는 21-24℃, 습도는 60% 이하를 유지하도록 한다. 병동 복도의 환기횟수는 시간당 2회 이상으로 한다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018).

(3) 진료·검사실

진료·검사실의 공간 구성은 의료진의 영역과 환자 및 보호자의 영역으로 구분된다. 상세한 관찰과 검진을 위해 의료진이 환자 영역으로 접근하는 것은 가능하나, 그 반대 방향으로의 경우는 일반적이지 않다. 가장 기본적으로 상주 의료진의 전용 좌석과 테이블, 검사에 필요한 의료 장비, 각종 의료 기자재 보관함, 환자를 위한 좌석 또는 침상, 그리고 동행 보호자의 좌석이 확보되어야 한다. 추가로 의료 장비의 종류와 성격에 따라 부수적으로 요구되는 보조공간이 필요하다. 따라서 진료·검사실은 각 진료 또는 검사 행위에 필요한 물품배치, 작업 동작 공간, 진료상의 환경조건, 의료기기 배관 등의 취합, 검사장비로부터의 방사선차폐, 방사선물질 오염, 원내 미생물감염, 폐기물오염 등의 방지 등 정확한 건축적·설비적 대비가 필요하다(Cheong, 1992). 응급의료기관의 공간 구성요소 구분에 따라서는 환자 분류실과 예진실, 진료상담실이 이에 해당한다(Choi, 2008). 특히 환자 분류실(triage)과 예진실은 환자 진입구와 인접하여 설치하며, 중증도 분류에 필요한 장비와 비품을 갖추어야 한다(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023).

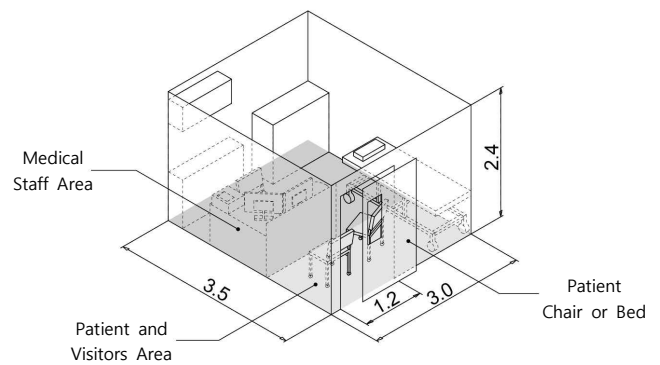


Figure 5. Example of space for clinic room compliant with standards

진료·검사실에 대해서는 앞서 설명한 수술실과 입원실에 해당하는 만큼의 엄격한 시설규격이 규정되어 있지 않다. 하지만 의료 검사 장치의 첨단화로 앞으로 더 많은 종류의 의료기기가 진료실 내로 포함될 가능성이 높아 기존의 진료·검사실이 갖추고 있는 기본 틀보다 공간적 여유를 가지고 계획하는 것이 바람직하다. 또한 진료부의 위생적 환경이 특별히 요구되며, 원내 감염 방지는 절대적 조건이다. 쉽게 오염되지 않고, 청소하기 쉬운 재료를 선택하여 마감해야 하며, 공조 덕트, 위생 배관설비에도 오염방지를 위한 조치를 마련해야 한다(Cheong, 1992).

#### (4) 대기실

대기실은 다방면의 이동 통로로 연결되어 있으며 일반적으로 인접 공간과 적극적인 연계를 통해 환자 및 보호자의 접근성을 고려한다. 의료 절차상 진료실, 검사실과 밀접한 관계를 가지며 접수처, 수납처 등 보조 공간을 동반한다. 천장 높이는 일반 2.4m 이상, 복도와 통로의 폭은 2.4m 이상으로 계획되어야 한다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018). 대기실은 처음으로 병원을 방문하는 사람 누구나 알기 쉽도록 고려한 공간 구성이 필요하며, 대기 시간의 단축, 진료 불안을 완화시킬 수 있는 환경의 제공이 요구된다(Cheong, 1992). 응급의료센터의 보호자 대기실은 30명 이상이 동시에 대기할 수 있는 공간으로 편의시설 설치가 가능해야 한다. 또한 외부로부터 시정각적으로 차단될 수 있어야 하며 환자의 상태 설명을 위한 시설을 갖추어야 한다(Enforcement Rules of the Emergency Services Act, 2023).

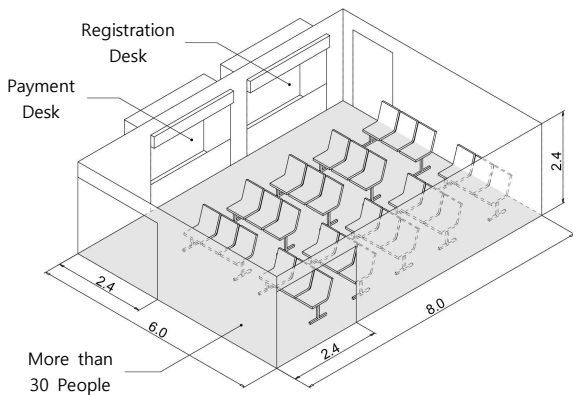
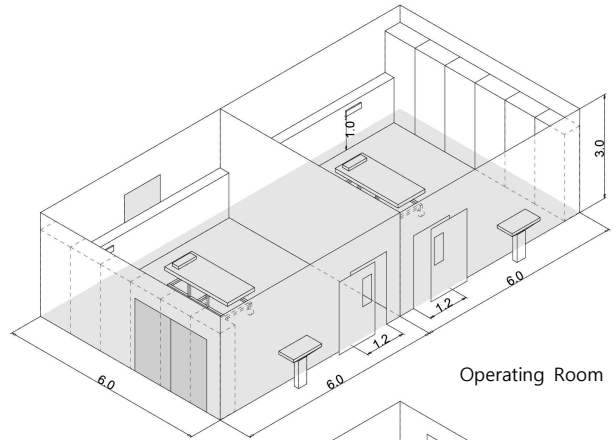


Figure 6. Example of space for waiting room compliant with standards

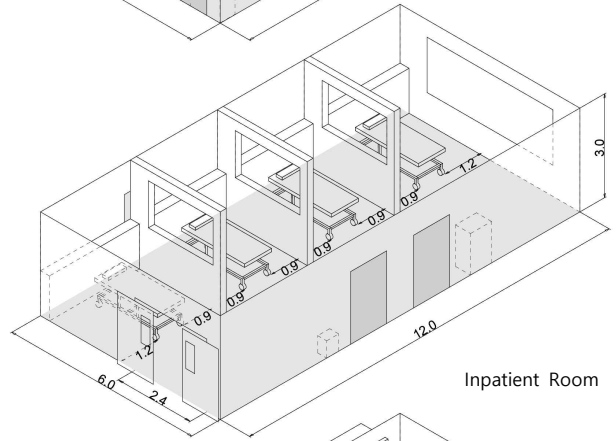
#### 4.5 가변성

의료기술 실험용 시뮬레이터는 다목적 실험공간 활용을 통해 다양한 실험 환경 구현이 가능하도록 가변성을 마련해야 한다. 대상이 되는 기술의 종류, 실험의 내용, 모사하는 공간에 따라 요구되는 세부 성능 및 상세 조건이 다양하게 변화하기 때문이다. 이는 한정된 시뮬레이터 공간의 유용성 확보를 위해 필연적으로 수정 가능성 및 변형 용이성을 동반해야 함을 시사한다.

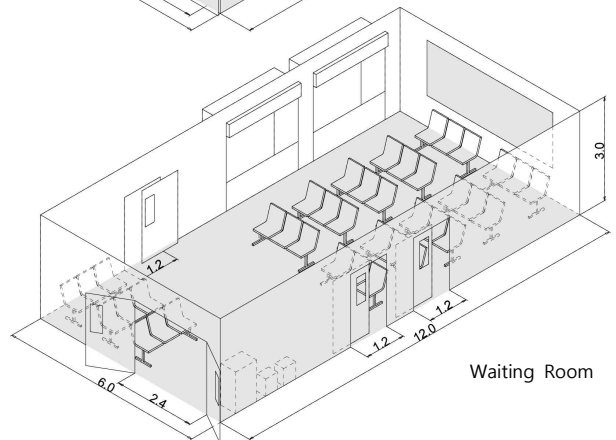
구조 안전성을 유지하는 한, 의료기술 실험용 시뮬레이터의 시공에 있어서는 철근 콘크리트나 벽돌 등으로 이루어진 축조형 구조보다 목조나 경량 철골조 같은 건식 조립형 구조를 사용하는 것이 바람직하다. 의학 시뮬레이션 이용방식은 각종 모사 장비와 소품을 특정 환경의 재현을 위해 운반하고 세팅하고, 퇴거하는 방식이 보편적이다(Choi, 2021). 따라서 시뮬레이터 완공 이후에도 재현하고자 하는 실험 환경에 맞추어 공간이 변형될 수 있도록 여지를 두고 계획하는 부분이 요구된다. 실내 가구를 모듈화하여 변용하는 방법, 설비 성능을 변경하여 다양한 환경을 조성하는 방법 등 계획 단계부터 내부 공간의 조정, 변경 가능성을 염두에 두고 계획하는 것이 중요하다.



Operating Room



Inpatient Room



Waiting Room

Figure 7. Example of transformation in simulated medical spaces within an experimental area

모든 의료 공간을 일대일 스케일(scale)로 모사하면 최고의 시뮬레이터를 계획할 수 있다. 하지만 이는 곧 실제 병원 규모의 시뮬레이터를 초래할 것이며, 필연적으로 막대한 비용과 시간을 요구하게 된다. 따라서 한정된 물리 공간 내에 모사 환경을 바꾸어 가면서 실험에 필요한 모든 의료 공간을 구현하는 방안도 염두에 두는 것이 좋다. 정해진 실험공간을 수술실로 모사했다가, 입원실로 전환했다가, 대기실로 변경하는 전략을 의미한다. 이는 공간 프로그램(program) 자체를 변화시키는 방법으로, 가벽을 세워 공간을 축소하는 방식, 문을 벽으로 메꾸어 공간을 구분하는 방식, 벽을 문으로 전환하여 공간을 개방하는 방식, 통제공간의 일부를 실험공간으로 활용하는 방식 등 여러 유기적 활용 방안을 모두 포함한다. 이러한 가변성

은 시뮬레이터의 확장성을 높이고, 다양한 실험 조건에 대응할 수 있게 유연성을 제고하므로 의료기술 실험용 시뮬레이터에 있어 매우 의미 있는 부분이다.

## 5. 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 고려사항

### 5.1 건축 설계

현업에서 활동 중인 의료진, 의료기술 개발진, 그리고 의료 설비 관리진과의 논의를 통해 수행된 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 설계는 일반 건축 설계와 차별화된 절차를 따른다. 의료기술 실험용 시뮬레이터 또한 커다란 틀에서 기획설계, 계획설계, 기본설계, 실시설계로 구성된 일반 건축물의 설계 과정을 따르지만, 실험 수행을 위해 필수적으로 요구되는 공간 조건과 성능 조건이 추가로 존재한다. 따라서 기획설계 이전부터 실험 주체와의 심도 있는 논의, 전문지식의 학습을 통해 공간 조건과 성능 조건을 수립하는 것이 바람직하다.

#### (1) 사전 논의 및 전문지식 학습

의료기술 실험용 시뮬레이터 내에서는 단순 의료 모사 행위를 넘어 전문 기술을 시범적으로 적용하는 실험 연구가 동반된다. 이는 건축 설계자가 시뮬레이터 공간 활용상을 명확히 인지하고 예상하기 어렵다는 한계를 야기한다. 따라서 설계자로 하여금 공간 사용 모습을 정확하게 예상하고 대비하기 위한 관련 전문지식 학습이 요구된다. 상당한 전문성을 요하는 실험이 진행되는 만큼 각 실험 수행 과정에서 어떠한 행위가 펼쳐지고 어떻게 공간이 사용될 것인지 실험 주체와 지속적으로 의논하고 확인하는 과정이 필요하다. 이는 단순히 시뮬레이터 공간의 실용적 사용, 연구의 정확성 보장을 넘어 실험자의 안전성 측면까지 모두 고려하기 위함이다.

#### (2) 공간 조건 수립

실험 주체의 요구 사항을 확인해 시뮬레이터 공간 조건을 수립한다. 실험 주체로부터 파악해야 하는 공간 요소는 다음과 같다. 시뮬레이터 [건축 부지, 최소 기대 규모, 실험을 위한 필수 공간, 필수 구성 프로그램, 모사하는 의료환경, 실험 장비의 크기, 기자재 목록, 예상 재질 수 등]이 있다. 위 공간 요소를 통해 실험 수행상 요구되는 [크기, 최소 면적, 형태, 최소 높이, 용도, 동선, 구조, 예상 하중 등] 공간 특성을 추출한다. 최종적으로 [바닥 면적, 천장 높이, 공간 구성, 프로그램 종류, 모사 공간, 건축 구조, 시공 재료 등] 시뮬레이터 공간 조건을 수립한다. 다만 부지의 위치, 실내외 여부, 보조 인프라 유무에 따라 계획되어야 하는 공간 세부 조건은 상이할 수 있어 세심한 고려가 필요하다. 또한 성공적인 실험 수행을 위해 의료기술 실험용 시뮬레이터의 기능성, 사용성, 편의성, 안전성, 유지 보수성 등 다방면의 특성을 함께 고려하는 것이 중요하다.

#### (3) 성능 조건 수립

실험 내용의 요구 환경을 파악해 시뮬레이터 성능 조건을 수립한다. 실험 내용으로부터 분석해야 하는 세부 내용은 다음과 같다. [실험 목적, 실험 과정, 실험 일정,

예상 결과, 실험 데이터 수집 방법, 실험 장비의 종류, 실험 약품, 실험 유의 사항 등]이 있다. 위 실험 내용을 통해 실험 수행에 이상적인 [온도, 습도, 조도, 소음, 풍속, 공기 질, 대기 압력, ACH, 화학약품 저항, 자외선 차단, 방사능 차폐 등] 환경 특성을 추출한다. 최종적으로 이를 구현시키기 위한 [단열 성능, 기밀 성능, 방수 여부, 공조 성능, 실간 차압, 마감 재료, 마감 방법 등] 시뮬레이터 성능 조건을 수립한다. 다만 주변 환경, 상황, 일정, 예산에 따른 맥락 속에서 적절한 수준의 성능 기준을 도출하는 것이 바람직하다. 시뮬레이터의 성능 조건은 건축 계획 전반에 영향을 미치며, 실험 성공 여부에 중대한 역할을 하므로 기본설계 이전에 완비하여 후속 절차에 문제가 없도록 한다.

#### (4) 대안적 절충안 제시

복잡한 공간 조건, 상충하는 성능 조건, 실험 주체 간 다양한 요구 조건으로 인해 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제 대부분은 공간으로의 구현 과정에서 물리적 한계로 인해 서로 공존하기 어려운 상황에서 생긴다. 따라서 건축 설계자는 시뮬레이터 공간을 계획하는 과정에서 개별 요구 조건이 서로 충돌할 여지는 없는지 미리 파악하고, 마찰이 발생하는 경우를 찾아 대안적 절충안을 제시해야 한다. 첫째, 공간 계획상 문제 발생의 근본적 이유 파악하고, 둘째로 실험 목적상 조건의 우선순위를 정리하고, 셋째, 대안적 공간 구현 가능성을 검토하고, 마지막으로 설명과 함께 절충안을 제시하는 과정으로 진행하는 것이 바람직하다. 특히 공간 구현에 있어 절충안 제시는 물리적 공간을 구현하는 건축가의 책임 있는 참여와 능동적인 실행하에서만 가능하기에 매우 중요한 부분이다.

#### (5) 공동 합의안 도출

의료기술 실험용 시뮬레이터 설계 의뢰자는 구조적으로 개인 또는 단일 집단으로 한정되기 어렵다. 최소한의 의료진과 의료기술 개발진 두 개 이상의 실험 주체가 시뮬레이터 건축에 관여하며, 원활한 실험 진행을 위해서는 모든 주체 간에 균형 있는 조율이 중요하다. 건축 설계자는 사전기획 단계 또는 기획설계 단계부터 여러 주체 간 시뮬레이터 성능 조건 및 사용 계획에 대하여 심도 있는 논의를 선행하여야 하며, 주도적으로 절충안을 제시해야 한다. 최종적으로는 건축가의 책임 있는 윤리 의식을 가지고 중립적인 입장에서, 차선의 계획안이 나온 배경을 설명하고 원만한 공동 합의안을 도출해야 한다.

## 5.2 건축 수장

### (1) 관찰 용이성

전체 실험공간을 한눈에 들여다볼 수 있도록 설계된 관찰 창과 시창 달린 문이 필요하다. 이는 실험실 내외부 환경을 정확하게 인지할 수 있도록 도움으로서 실험자가 실내 환경의 변화를 눈으로 직접 파악하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 하며 실험 중 예기치 못한 상황에 신속히 대응할 수 있는 여지를 제공한다. 또한 실험공간과 분리된 안전한 환경에서 관찰할 수 있는 공간을 제공함으로써 연구자의 안전 보장과 함께 부가적 작업 부담을

줄이며, 실험의 효율성 향상에 중요한 역할을 한다.

(2) 정보 전달성

실내 환경 및 대응 지침을 명확하게 전달하는 안내 사 이니지(signage)는 시뮬레이터 실내 환경을 이해하고, 적 재적소에서 올바른 대응을 할 수 있도록 돕는다. 실내 환 경 안내용 사이니지는 시간, 온도, 습도, 압력 등 매 실험 점검되고 기록되어야 하는 실시간 환경 정보의 전달을 포함한다. 대응 지침용 사이니지는 안전사고를 미리 예방 하기 위한 안내와 함께, 실험 중 사고와 같은 위기 상황 에 대응하여 적절한 안전 조치를 할 수 있도록 유의 사 항을 명시하는 것이 필요하다.

(3) 공간 유연성

모사 공간 및 실험 환경 변화에 따라 유연하게 조정할 수 있는 실내 형태와 구조를 계획해야 한다. 탈·부착 가 능하도록 고안된 가벽, 벽으로 전환할 수 있도록 계획된 문, 문 막이용 보조 벽체, 개구부 또는 문으로 확장할 수 있는 벽 등이 있다. 공간적으로 마련된 유연성은 다양한 모사 공간에 대응할 수 있도록 하는 적응력을 제공하는 동시에, 시뮬레이터 운영 면에서의 효율을 높일 수 있다.

5.3 건축 마감

(1) 마모 저항성

다양한 실험 장비 및 측정 장치가 시뮬레이터 내에 설 치 및 철거되며, 임상실험을 위한 의료기기 및 의료환경 모사 가구의 배치 및 퇴거가 빈번하게 일어난다. 이러한 활동은 시뮬레이터 내외부의 손상을 초래할 수 있다. 따 라서 마감재의 선택과 시공 방법은 마모를 최소화하고, 장비의 안전한 이동과 사용을 보장하는 방향으로 계획되 어야 한다. 하지만 동시에 실험공간의 가변성은 유지되어 야 하므로, 실험 장비 위치, 의료 장비 크기, 병상 높이 등을 고려한 적재적소의 마감 보강이 필요하다.

(2) 기밀성

실험 연구자의 안전과 실험의 정확성 보장을 위해 실 내 재료는 밀폐성능이 좋은 재료를 사용하는 것이 좋다. 이는 음압격리병실 관련 첨단 의료기술 실험도 함께 대 비한 것으로, 벽체, 바닥, 천장 등 모든 구조물은 공기의 누출을 방지하도록 설계해 필요시 음압 유지가 가능하도 록 계획한다. 기류 장벽으로서 에어락(air lock)과 실링도 어(sealing door)를 설치하고, 전실 양쪽 문은 동시에 열리 지 않는 인터락(interlock) 구조로 하여 실간 누기를 방지 하는 것이 바람직하다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018).

(3) 투습 방수성

의료기술 실험 중 세균이나 바이러스 등의 습식 검체 분사, 환자의 혈액 누출 모사를 대비해야 한다. 검체가 천장재와 벽체에 흡수 또는 투과되는 경우 실험 결과에 치명적인 영향을 끼칠 수 있기에 천장, 바닥, 벽 등의 마 감 재료는 내수성이 강한 재료를 사용해야 한다(Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018). 이는 실내 물 청소를 용이하게 만들어 실험공간의 위생 상태를 유지하 고, 잠재적인 오염을 방지하는 데도 도움이 된다.

(4) 내화학적

의료기술 실험용 시뮬레이터 특성상 BI(Bio Indicator) 사용, 생화학 검사, 실험 전후 소독 및 멸균 작업에 대한 대비가 필요하다. 병원에서의 청소 및 소독에 주로 사용 하는 화학약품으로는 알코올, 과산화수소, 염소계 소독제, 글루타르알데히드 등이 있다. 매 실험 반복 진행될 소독 작업은 마감재의 표면을 화학적으로 누적 파손시켜 실험 에 변수를 초래할 가능성이 있다. 따라서 실험공간의 실 내 마감 재료는 내구성과 내약품성이 강하여 멸균 작업 시 화학반응이 일어나지 않는 재료를 사용하여야 한다 (Korea Institute of Healthcare Architecture, 2018). 바닥 재료는 타일 또는 병원용 장판을 고려할 수 있으며, 천장 과 벽의 마감재로는 불소수지 도장 또는 필름, 에나멜페 인트, 그리고 병원용 특수 페인트 등이 선택될 수 있다.

5.4 건축 설비

(1) 통합 연결성

실험공간의 효율적인 운영을 위해 실험실과 이를 관찰, 통제, 검출하는 통제실 간에 원활한 정보 전달과 물질 이 동을 고려해야 한다. 전기와 통신을 비롯한 실간 연결 시 스템이 설계 단계에서부터 고려되어야 하며, 센서와 연산 장치 간 데이터 전송을 위한 전선 및 통신 네트워크, 실험 재료 및 샘플 전달을 위한 전용 통로, 패스박스(pass box), 상호 연결 호스(hose) 등이 계획되어야 한다. 건축 설비의 통합 연결성은 실험의 효율성을 높이고, 실험공간의 사용성을 개선하는 데 중요한 역할을 한다.

(2) 공조 적응성

시뮬레이터의 가변성을 위해 개폐가 가능한 디퓨저(diffuser), 풍량 조절이 가능한 댐퍼(damper), 성능 조절 이 가능한 공기 조화기(AHU)를 설치하는 것이 바람직하 다. 이는 실내 공조 시스템이 실험 환경에 따른 변화를 수용하고, 필요에 따라 공조 급기(S.A), 환기(R.A), 배기 (E.A), 외기(O.A)로 조정될 수 있음을 의미한다. 또한 급 변하는 외부 환경하에서도 실험에 적합한 풍량, 풍속, 실 간 차압, 공기 교환율(ACH) 만족을 위해 유동적으로 조정 될 수 있음을 의미한다.

(3) 제어 가능성

관찰실에서의 기계설비 제어 및 모니터링 시스템 구축 을 고려해야 한다. 실험 중 실내 향온, 향습, 부유 입자 수 통제 등 안정적인 환경 유지를 위해 HVAC(Heating, Ventilation, and Air Conditioning)를 비롯한 공기 조화 시 스템 제어가 실시간 가능해야 하며, 실내 부유 입자와 농 도를 제어하기 위한 공조 필터가 마련되어야 한다. 이 같 은 기본 환경 제어는 시뮬레이터의 안정성 측면에서 실험 결과의 정확성과 재현성을 보장하기 위해 중요하다. 일반 청정 수준을 원하는 경우 Medium 필터, 0.3 $\mu$ m(마 이크로미터) 이상의 미세한 세균이나 먼지를 포집하는 경 우 HEPA 필터, 0.1 $\mu$ m 이상의 먼지나 바이러스를 제거하 는 경우 Ulpa 필터의 사용을 권장한다.

(4) 관리 용이성

실험 환경에 부정적인 영향을 미치거나 성능 조건을

해치지 않는 범위 내에서 건축 설비는 실험실 외부로 노출되는 것이 바람직하다. 덕트는 실링(ceiling) 내부 매립을 피하고, 전선 및 통신 라인의 벽체 속 시공을 멀리하는 계획이 필요하다. 이는 추후 발생할 수 있는 기계 관련 문제의 식별, 설비의 유지·보수에 일조하여 장기적인 사용성과 효율성을 보장할 뿐만 아니라 의료기술 실험용 시뮬레이터의 가변성 측면에서 중요하다.

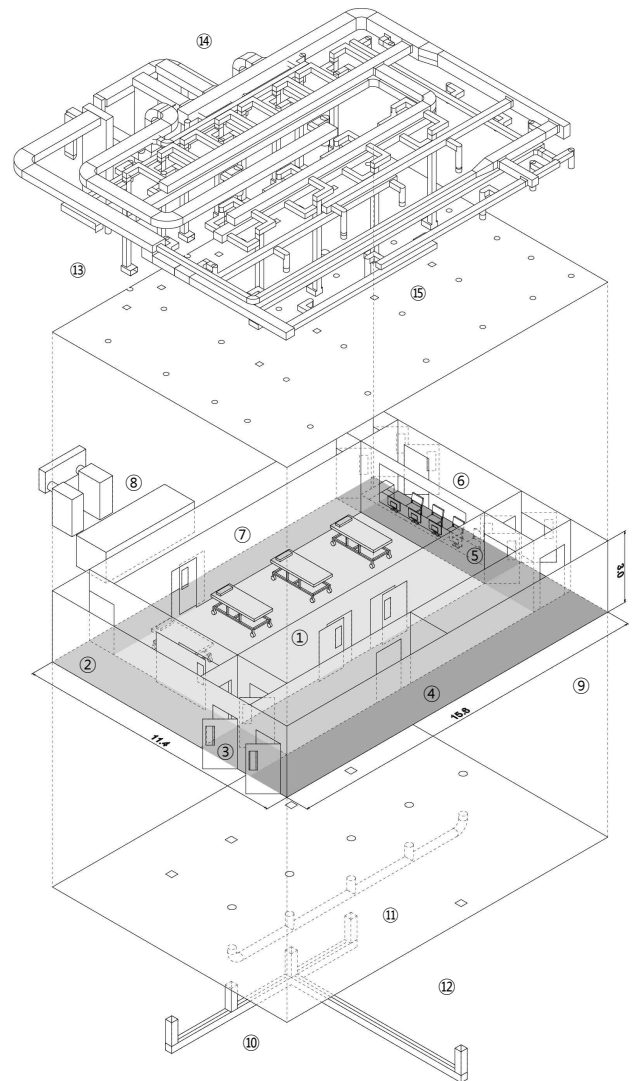
## 6. 결 론

본 연구는 선행 연구 고찰을 통해 의료기술 실험용 시뮬레이터의 기본 개요를 정립하였다. 의료기술 실험용 시뮬레이터를 ‘의료기술 실험을 위한 의료환경 모사 공간’이라 정의하고, ‘실험공간의 중립적이고 균질한 환경 조성’과 ‘의료 공간의 다양하고 특수한 상황 재현 사이의 균형’이라는 조건을 부여하였다. ‘안정성, 대표성, 표준성, 가변성’으로 네 가지 원칙을 표출하고, 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획에 필요한 기본 특성을 제시하였다. ‘실험공간, 통제공간, 전이공간, 보조공간’으로 구성된 시뮬레이터의 기본 구조를 정리하고, ‘수술실, 입원실, 진료·검사실, 대기실’로 대표되는 모사 공간을 파악하였다. 의료기관 시설기준 및 의료기관 건축설계 가이드라인 분석을 통해 의료 공간 단위의 표준 규격을 추출하고, 가변적인 공간 활용 전략을 마련하여 효율적인 시뮬레이터 계획 방안에 대해 논하였다.

나아가 실제 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 경험을 토대로 건축 설계, 건축 수장, 건축 마감, 건축 설비 각 단계에서 주의 깊게 고려해야 하는 사항들을 종합 정리하였다. 건축 설계 과정에서 실험 주체의 요구 사항을 바탕으로 공간 조건 및 성능 조건을 수립하는 실험용 시뮬레이터 건축만의 독특한 절차를 파악하였으며, 건축 계획에 있어 사전 논의 및 전문지식 학습의 중요성과 상충 조건에 대한 대안적 절충안 제시의 필요성을 강조하였다. 또한 건축 수장의 관찰 용이성, 정보 전달성, 공간 유연성, 건축 마감의 마모 저항성, 기밀성, 투습 방수성, 내화확성, 건축 설비의 통합 연결성, 공조 적응성, 제어 가능성, 관리 용이성을 핵심 요소로 분석하였다. 이러한 사항들은 시뮬레이터 내에서 진행되는 의료기술 실험의 정확성과 신뢰성 확보에 중요한 역할을 하며, 효율적인 운영과 안전한 환경 조성에 이바지하는 것으로 확인되었다.

본 연구진은 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획의 기본 개념을 이해하고 건축적 특징을 체계적으로 분석하고자 하였으며, 의료기술 실험용 시뮬레이터의 효율적 설계와 안정적 구축을 위한 기초 자료를 마련하고자 하였다. 위 연구를 통해 그동안 건축계에서 주목받지 못해 온 의학 연구 및 실험용 시뮬레이터 분야를 건축 연구 차원으로 불러들였다는 바에 그 의의가 있다. 건축 학문의 영역을 넓이는 데 일조하는 동시에, 앞으로 실현될 수많은 의료기술 실험용 시뮬레이터 건축 계획의 기반 연구로서 다방면에 활용될 것으로 판단한다. 후속 연구

에서는 구체적인 의료기술, 특정 의료 공간에 초점을 맞추어 한 층 깊이 있는 내용의 건축 설계 연구에 도달할 계획이다. 국가연구개발과제의 일환으로 개발된 의료기술 실험용 시뮬레이터가 의공학 기술 개발진의 효율적 활용으로 국가 의료시스템의 증진, 의료진의 부담 완화, 그리고 국민의 건강, 안전, 행복 향상에 건설적 역할을 하기를 기대한다.



- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| ① Experimental Area   | ⑨ Standardization            |
| ② Control Area        | ⑩ Equipment Interconnection  |
| ③ Transition Area     | ⑪ Instrument Interconnection |
| ④ Supplementary Area  | ⑫ Integrated Connectivity    |
| ⑤ Observation Room    | ⑬ Manageable Installations   |
| ⑥ Viewing Window      | ⑭ Controllable Equipment     |
| ⑦ Spatial Flexibility | ⑮ Adaptable HVAC System      |
| ⑧ Air Handling Unit   |                              |

Figure 8. Example of medical technology experiment simulator in architecture

REFERENCES

1. Chai, C.G., Choi, K., & Kwon, S. (2013). A study on the planning of the four-bed room unit in public hospitals, *Journal of the Korea Institute of Healthcare Architecture*, 19(3), 41-52
2. Cheong, H.W. (1992). A survey of hospital architecture, *Korea Institute of Registered Architects*, 276, 70-79
3. Choi, C.H. (2008). *A Study on the Architectural Planning of Spatial Organization Elements and Area Composition in Emergency Medical Center - Focused on the Latest Constructed Regional Emergency Medical Center in Metropolitan Area Since 2000*, Thesis, Hanyang University, 26-36
4. Choi, K. (2021). A study on the architectural planning of clinical practice spaces at the college of medicine, *Journal of the Korea Institute of Healthcare Architecture*, 27(4), 7-14
5. Chung, H.H. (2017). The origin of architectural planning for hospitals, *Review of Architecture and Building Science*, 61(6), 21-25
6. Enforcement Rules of the Emergency Services Act, Article 13, Korean Law, Emergency Medical Services Act, Enforcement Decree of the Emergency Medical Services Act § Ministry of Health and Welfare 938 (2023).
7. Enforcement Rules of the Medical Act, Article 34, Korean Law, Medical Act, Enforcement Decree of the Medical Act § Ministry of Health and Welfare 966 (2023).
8. Jo, H.Y. (2020). A study on the interior design of the patient room in the emergency department of general hospital, Thesis, Yeungnam University, 19-30
9. Kim, E.S., & Yang, N.W. (2014). A study on the change of form type in general hospital, *Journal of Korean Institute of Interior Design*, 23(6), 195-203
10. Kim, H.S., Lee, J.S., & Song, Y.H. (2005). A study on the elements of technological specific expression in research institute architecture - Focused on the contemporary research institutes, *Journal of Korean Institute of Interior Design*, 14(6), 168-176
11. Kim, J.G. (1997). A Study on the planning factors for research laboratories, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 12(9), 75-82
12. Kim, Y.A. (2018). Case study on the building organization of medibio research laboratory facilities in research-driven hospital, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 34(11), 95-104
13. Kong, X., Guo, C., Lin, Z., Duan, S., He, J., Ren, Y., & Ren, J. (2021). Experimental study on the control effect of different ventilation systems on fine particles in a simulated hospital ward, *Journal of Sustainable Cities and Society*, 73, 1-14
14. Korea Institute of Healthcare Architecture (2018). *Architectural Guidelines for the Design of Healthcare Facilities - Focused on General Ward, Isolation Ward, ICU, Newborn Unit, NICU, Dialysis Unit, HVAC*, Ministry of Health and Welfare, 2-131
15. Lee, J.M. (1992). Research on systematic formulation of design efforts for research laboratories, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 8(12), 25-37
16. Lee, S.H. (1994). The present situation and problems of health care facilities in Korea, *Architectural Institute of Korea*, 23(11), 20-23
17. Medical Act, Article 3, Korean Law § 18468 (2021).
18. Medical Act, Article 27, Korean Law § 18468 (2021).
19. Regulations on the Approval, Declaration, and Evaluation of Medical Devices, Article 3, Korean Law, Medical Devices Act, Enforcement Decree of the Medical Devices Act § Ministry of Food and Drug Safety 2023-39 (2023).
20. Valente, D.L., Plevinsky, H.M., Franco, J.M., Heinrichs - Graham, E.C., & Lewis, D.E. (2012). Experimental investigation of the effects of the acoustical conditions in a simulated classroom on speech recognition and learning in children, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131, 232-246
21. Wu, X., Fang, L., Olesen, B. W., & Zhao, J. (2014). Air distribution and ventilation effectiveness in a room with floor/ceiling heating and mixing/displacement ventilation, *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning*, 59-67
22. Yang, B., Liu, P., Liu, Y., Jin, D., & Wang, F. (2022). Assessment of thermal comfort and air quality of room conditions by impinging jet ventilation integrated with ductless personalized ventilation, *Journal of Sustainability*, 14(19), 1-17
23. You, E.Y. (2005). Medical simulation, continuing education column, *Journal of the Korean Medical Association*, 48(3), 267-276

(Received Aug. 8, 2023/ Revised Sep. 8, 2023/ Accepted Oct. 7, 2023)