A Study on the Relation between Traffic Density in the Outpatient Department and Infections in Hospital

Oh Eun-hye[1], Kweon Jihoon[2*]

[1] Department of Architecture, Graduate School, Keimyung University, Daegu, Korea

[2] Department of Architecture, Keimyung University, Daegu, Korea

Abstract

Background Studies on infection prevention and early clinical response are needed since highly contagious viruses result in enormous economic losses. The purpose of this study is to propose architectural design directions to reduce infections in hospitals by deriving spaces vulnerable to infections on the ground floor through overcrowding simulation and traffic observation.

Methods This study was carried out by reviewing previous research, analyzing drawings, and conducting overcrowding simulations. Based on the characteristics of regional hospitals and outpatients' visiting procedures, the spatial compositions were analyzed using drawings. By using an agent-based simulation analysis, the overcrowded spaces were derived upon the space arrangement. By using the traffic density of the hospitals, we identified the traffic density throughout the ground floor and derived the overcrowding spaces. Finally, the relation between simulation outputs and actual results was analyzed.

Results The simulation analysis showed a moderate correlation with the observed public space's traffic density. The overcrowded space of the agent-based analysis appeared more similar to the actual overcrowded space than the result of the visibility analysis. The results showed that overcrowding space due to user circulation and space arrangement, overcrowded space analyzed from agent-based simulation results, and overcrowded space derived from the actual measurement of traffic density showed a similar pattern.

Conclusions Based on the analysis results derived from patients' traffic survey and agent-based simulation, architectural design directions were suggested for reducing the possibility of infection in hospitals.

Keywords Hospital Design, Hospital Infection, Agent-Based Simulation

*Corresponding author: Jihoon Kweon (jkweon@kmu.ac.kr)

This research was supported by Individual Basic Science & Engineering Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education. (NRF-2015R1D1A1A01060240)

Citation: Oh, E., & Kweon, J. (2017). A Study on the Relation between Traffic Density in the Outpatient Department and Infections in Hospital. *Archives of Design Research, 30*(4), 189-203.

http://dx.doi.org/10.15187/adr.2017.11.30.4.189

Received : Sep. 01. 2017 **; Reviewed :** Oct. 03. 2017 ; **Accepted :** Oct. 03. 2017
pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1. 1. 연구의 배경 및 목적

신종 바이러스와 같이 전염성이 강한 바이러스는 막대한 경제적 손실을 초래하기 때문에 예방 및 초기 대응에 관한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 그러나 지금까지 수행된 병원 내 감염에 관한 연구들은 대부분 병원의 전역적 공간과 행위자에 대한 고려가 부족한 상황에서 수행된 것이 현실이다. 메르스 확산의 문제점으로 의료 시설 내 자연, 환자의 장시간 대기, 복잡한 동선 등이 지적 되었다. 의료 시설 내 자연 현상은 바이러스 전파를 이중적으로 증가 시킬 우려가 있다.

전염성이 강한 질병의 초기 대응을 위해 향후 병원 건축 설계의 방향에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 환자가 진료와 검사실을 찾아 이동하는 구조에서 환자 중심의 의료 서비스 개념 도입으로 인해 중앙 집중 되어있던 각종 검사 시설들이 외래로 분산되면서 동선의 최소화 및 공간 구성이 변화되고 있다 (Cho, 2017). 정현화 (Chung, 2017)는 신종 바이러스성 감염 질환에 대한 초기 응급 부문의 공간적 개선, 호스피털 스트리트 등의 공용 공간과 대기 공간의 쾌적한 환경 개선과 외래진료 부문의 특성화된 센터화하며 전문화 등 신축 병원 건축 계획의 특징을 소개하였다. 병원 내 감염 예방을 위해 병원 배치뿐만 아니라 행위자의 특성을 고려하여 동선의 단순화 또는 환자가 이용하는 공용 공간 대기 공간 등이 개선되어야 한다.

본 연구는 시뮬레이션을 통해 접지층 내 감염원 전파가 용이한 단위 공간을 도출하고 실측된 통행 밀도와의 관계를 비교하여 병원 내 감염을 저감하는 건축 디자인적 방안을 제시하고자 한다.

1. 2. 연구범위 및 방법

본 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 지역별 거점병원의 특성과 외래 환자의 이동 동선을 분석하였으며 대상병원의 도면 분석을 통해 공간 배치와 외래 환자의 이용 공간을 분석하여 공용 공간과 목적 공간으로 분류하였다. 행위자 기반 분석을 통해 공간 배치에 따른 과밀 공간을 시각적으로 나타내기 위해 시뮬레이션을 수행하고 대상 병원의 통행 실측을 통해 과밀 공간을 도출하였다. 마지막으로 시뮬레이션과 현장조사를 통해 나온 결과의 관계를 분석하였다.

질병의 발생은 공간상에 나타나기 때문에 공간에 기반 한 표현과 분석 방법으로 해석된다. 외래 환자와 보호자는 내원하여 귀가하기 전까지 공통적으로 접지층을 거쳐 이동한다. 접지층에 위치한 응급실, 병동을 이용하는 환자 및 보호자들도 접지층을 거쳐서 진입하므로 접지층 전체 공간을 연구의 공간적 범위로 지정하였다. 단 외부통로를 통해 연결되는 별동과 건축 공간적 요소 이외의 설비 부분은 연구 범위에서 제외하였다. 병원 내 행위자의 경우 보행하지 못하는 소아를 제외한 모든 이용자를 대상으로 측정하였다.

본 연구의 방법 및 과정은 다음과 같다.
(1) 지역거점병원과 의료시설의 건축 계획 동향에 관한 선행연구를 고찰한다.
(2) 지역거점병원 외래진료부의 부문별 공간 배치와 호흡기 질병 환자의 내원 진료 과정에서 이용하는 단위 공간을 도출한다.
(3) 행위자 기반 시뮬레이션을 통해 공간 배치에 따른 감염으로부터 취약한 과밀 공간을 도출한다.
(4) 시뮬레이션을 통해 도출된 감염에 취약한 공간과 실측한 통행 밀도의 상관관계를 분석한다.
(5) 감염으로부터 취약한 과밀 공간에 대한 건축 디자인적 방안을 제시한다.

2. 선행연구의 고찰

지역별 거점병원 운영과 관리지침 (KCDC, 2017)에 따르면 지리적 접근성을 고려한 지역별 거점병원을 사전에 지정하는 것은 신종감염병 확산에 대비하기 위한 것이다. 지역별 거점병원의 기능으로는 병원 내 감염 예방, 신종감염병 환자만을 위한 별도의 분리된 외래 진료시설, 중증환자 치료를 위한 음압 병상, 신종감염병 대응체계 구축 등이 있다. 2017년 3월 기준에 따르면 지역별 거점병원은 총 77개소가 지정되어 있으며 서울 6개소, 부산 6개소, 대구 5개소, 인천 5개소, 광주 2개소, 대전 2개소, 울산 2개소, 경기 15개소, 강원 2개소, 충북 3개소, 충남 5개소, 전북 5개소, 전남 6개소, 경북 5개소, 경남 7개소, 제주 1개소로 분포 되어있다. 77개소 중 상급병원 12개소 종합병원은 65개소이다.

상급종합병원은 중증 질환에 대하여 난이도가 높은 의료행위를 전문적으로 행하는 종합병원으로 보건 복지부 장관이 지정하는 제 3차 의료 급여 기관이다. 종합병원은 의료법에 따라 100개 이상의 병상과 7개에서 9개 이상의 진료 과목, 각 진료과목에 전속하는 전문의를 갖춘 제2차 의료 급여 기관이다. 지역별 거점병원은 격리 외래 진료실 또는 격리 중환자실을 갖추고 있어야 한다. 대부분의 병원이 격리 외래 진료실을 갖추고 있지만 격리 중환자실을 갖추고 있는 병원은 절반도 되지 않는다. 병원 내 감염 예방을 위해 지속적으로 적절한 시설들을 갖추어야 할 필요가 있다.

미시적 현상을 행위자의 속성에서 시작하여 시뮬레이션을 통해 거시적 현상의 동역학을 도출하는 접근을 행위자 기반 모형이라고 한다. 정형화된 분석으로는 한계를 가지는 사회시스템 분석에 매우 유용하다. 양정훈과 김회경 (Yang & Kim, 2012)은 현실 세계의 문제를 해결하기 위해 가상 환경을 제작하여 각 행위자의 속성과 규칙을 입력하고 이들 간의 상호작용을 분석하여 관련의 여부를 확인 할 수 있는 시뮬레이션 분석 방법이다. 행위자 기반 모형은 행위자, 환경, 행위자와 환경의 상호작용으로 구성되어있다. 오성진 (Oh, 2015)은 행위자는 하나 또는 다수로 설정할 수 있다. 병원 내 행위자의 경우 환자, 의료진, 보호자, 방문객, 관리자 등 다수이므로 다중 행위자 시스템(multi-agent system)으로 설정 가능하다. 각각의 행위자의 속성과 법칙은 행위자에 따라 다르게 설정 할 수 있다 (Meng, Davies, Hardy & Hawkey, 2010).

신종 바이러스의 출현으로 인해 의료 시설 내 감염에 대한 관심이 높아지고 있으며 특히 응급실 내 과밀화는 의료진 및 환자의 감염으로부터 노출 될 우려가 있다. 김윤 (Kim, 2015)은 전체 메르스 감염 환자 중 46%는 응급실에서 발생하였는데 그 원인으로 응급실 과밀화의 영향이 컸으며 환자들의 평균 체류시간 또한 15시간으로 상당히 오랫동안 머물기 때문이라고 지적한다. 건축 계획 단계에서 경증 환자와 중증 환자의 공간을 분리하여 과밀화의 문제를 해결 할 필요가 있다고 제안하였다.

고영호 (Ko, 2016)는 병원 내 2차감염의 문제점으로 다인실 병실, 부적절한 공조 설비 시스템, 응급실의 과밀집 및 호흡성 감염병 환자의 동선 분리 미흡 등을 지적하였다. 현재 4인 병실이 기준 병실로 변경 되었지만 의료법 등의 문제로 환자들은 6인 이상의 병실을 선호하는 현실이다. 6인 이상의 병실은 보호자 및 간병인까지 포함하면 과밀한 공간으로 감염에 대해 위험에 노출될 가능성이 있다. 의료시설의 계획 단계에서부터 호흡기 감염의 특징을 고려하여 교차오염을 방지해야 한다.

3. 대상 병원 공간 및 동선 분석

1982년 개원으로 지속적인 리모델링과 증축으로 인해 현재 지하 2층 지상 8층 규모이며 상급 종합병원에 속한다. 출입구는 주출입구 2개와 응급실출입구 1개이며 병동과 외래동이 분리되어 있다. 병동으로 이동이 가능한 엘리베이터 3개와 외래동으로 이동이 가능한 엘리베이터 2개가 있다. 주요 검사실들이 접지층 중앙에 위치해 있으며 1중복도형으로 별도의 환자 대기 공간 없이 복도 의자에서 대기한다. 대상병원은 격리외래 진료실 2개와 격리 중환자실 응급 병상 3개의 시설도 갖추고 있다.

대상 병원의 접지층의 경우에 Figure 1과 같이 5가지로 분류되며 공용 공간, 검사 공간, 지원 서비스, 응급 공간, 병동으로 구성되어 있다. 공용 공간의 경우 복도, 원무과 대기 공간, 검사실 대기 공간, 화장실, 엘리베이터, 계단실, 출입구 등이 있고, 검사 공간으로는 각종 촬영실 등 중앙 검사실과 특수 검사실이 있다. 지원 서비스 공간은 원무과, 외래 약국, 편의 시설, 입 퇴원 수속실, 교육실 등이 있고 응급공간은 소아응급실과 일반 응급실이 구분되어 운영되고 있다.

Figure 1 Layout of ground floor plan

대상 병원의 경우 외래동과 입원 병동이 분리 되어있어 접지층을 통해 이동이 가능하며 접지층에서 병동 엘리베이터와 외래동 엘리베이터가 구분되어 있어서 입원 환자와 내원 환자의 동선을 분리 할 수 있으나 정확한 사인이 부족하여 환자 및 방문객의 동선 혼란으로 오히려 긴 동선을 초래하기도 한다. 또한 검사실이 중앙 집중형으로 배치되어 있어 입원환자와 외래환자가 같은 공간에서 대기하는 현상이 발생한다. 별도의 대기 공간이 아닌 복도를 이용하기 때문에 환자가 집중 될 시간에는 과밀화가 발생한다. 외래 환자의 대기 공간의 경우 진료과별로 분리시키고 외래 환자와 입원 환자의 동선은 최대한 겹치지 않도록 설계하는 것이 감염 예방에 유리하다 (Korean Society for Healthcare-associated Infection Control and Prevention, 2017).

대상 병원의 외래 진료 절차 과정은 Figure 2와 같다. 원무과에 방문하여 진료 등록을 하고 해당 외래 진료실로 이동한다. 그리고 필요한 검사들을 받기 전에 원무과에서 수납 및 예약을 하게 된다. 검사 후 약이나 주사 치료 전에 최종적으로 원무과에서 처방전을 수령 받는다. 대부분의 대형 병원들의 진료 절차는 이와 비슷하다. 외래 진료를 받기 위해서 여러 차례 이동을 해야 하기 때문에 자연스럽게 동선이 길어진다. Figure 2와 3을 바탕으로 주요 외래 환자 동선과 입원 환자 동선을 분석하였다. Figure 3을 살펴보면 외래 환자와 입원환자의 동선은 주로 중앙 검사부에서 중복되는 것을 알 수 있다. 대상 병원의 경우 출입구 3을 이용하면 병동의 접근이 용이하고 출입구 1은 외래동에 접근이 용이하다. 출입구 1에 위치한 엘리베이터와 계단실을 이용해야만 외래 진료실

로 이동이 가능하다. 내원 환자의 경우 주로 외래부을 이용하지만 추가 검사가 필요한 경우 검사부의 중앙 검사실을 이용하게 된다. 반대로 입원 환자가 출입구 1을 통해 이동한다면 동선이 길어질 뿐만 아니라 외부인과의 접촉으로부터 감염에 노출될 가능성이 높다.

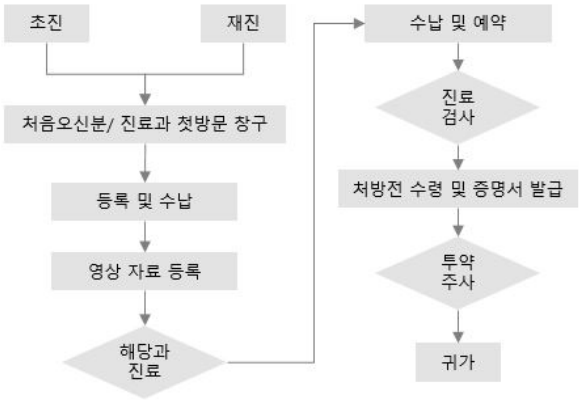

Figure 2 Outpatient care procedure

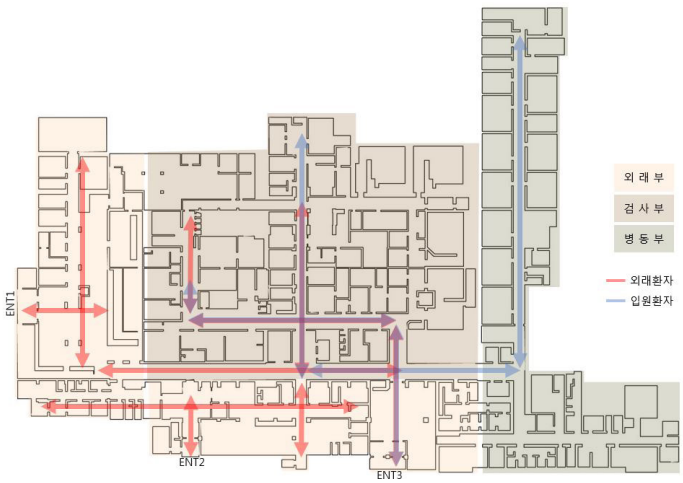

Figure 3 Transfer patterns for outpatients and inpatients

Figure 4 Public spaces including corridors and waiting areas

Figure 5 Clinical spaces corresponding patient's intented movement

지역별 거점병원 운영과 관리 지침에서 감염병 환자 진료를 위한 격리 외래 시설 표준을 살펴보면 필요한 시설로는 출입구, 진료실, 환자 대기 공간, 접수 수납 공간, 흉부 방사선 촬영실, 화장실 등이 있다. 시설 표준과 Figure 3을 참고하여 단위 공간들을 지정하였으며 목적을 가지는 공간과 공용 공간을 분류하여 나타냈다. Figure 4는 잠재적 감염자의 진료 과정에서 접촉으로 인해 다른 행위자에게 전파 할 가능성이 있으므로 병원 내 복도, 대기 공간 등 공용 공간을 나타내었다. Figure 5는 환자, 방문객, 입원환자들이 목적을 가지고 이동 할 경우 이용 할 수 있는 공간으로 검사실, 엘리베이터, 계단실, 원무과, 외래 약국 등을 나타내었다.

4. 시뮬레이션을 통한 감염에 취약한 과밀 공간 도출

4. 1. 시뮬레이션을 통한 과밀 공간 도출

행위자 기반 시뮬레이션을 위해 사용된 뎁스맵 10 (Depthmap10)은 스페이스 신택스 그룹 (UCL Space Syntax Group)에서 제공한 분석 도구로 공간 배치를 바탕으로 감염 취약 공간을 분석하고 시각적으로 표현이 가능하다는 장점이 있다.

시뮬레이션 과정에서 접지층 공간의 전역적인 가시성 분석을 먼저 실시하였다. 다음으로 Figure 4와 5를 바탕으로 호흡기 질병 환자가 외래 진료 과정에서 주로 이용하는 목적 공간과 공용 공간을 지정한 후 행위자의 보행 속도를 평균 1.4m/s, 분석시간은 3600초, 행위자는 50명으로 설정하여 자연 보행 행위자 기반 시뮬레이션 분석을 진행하였다.

Figure 6과 Figure 7의 시뮬레이션 분석 결과는 붉은색일수록 고밀도 파란색일수록 저밀도를 의미한다. Figure 6의 가시성 시뮬레이션 분석 결과 각각의 복도가 만나는 지점에서 가장 심한 과밀을 볼 수 있다. 공간의 깊이가 깊은 곳보다 낮은 곳에서 비교적 과밀이 잘 나타나며 넓은 홀 공간에서 과밀화를 알 수 있다. Figure 7의 행위자 기반 시뮬레이션 결과를 살펴보면 가시성 분석 결과와는 부분적으로 다른 결과를 나타낸다. 행위자 기반 분석의 경우 외래부와 검사부, 병동부을 연결하는 중앙 복도에서 가장 높은 과밀을 볼 수 있다. 검사부의 복도 중앙도 비교적 과밀한 현상이 나타나며 복도를 중앙으로 좌측 외래 환자가 주로 이용하는 검사실 복도에서도 과밀이 나타난다. 다음으로 외래부의 원무과 대기 공간과 엘리베이터 사이의 공간에서 과밀화를 볼 수 있다. Figure 7의 결과는 Figure 3의 동선 분석에서 외래 환자와 입원 환자의 중첩되는 동선과 비교적으로 일치하는 것을 알 수 있다.

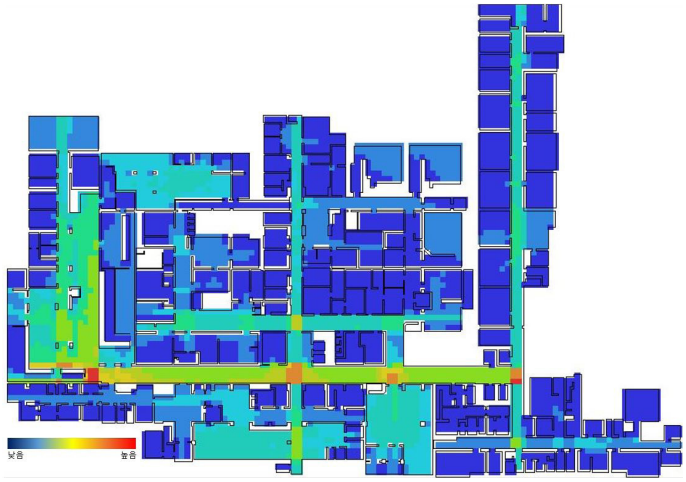

Figure 6 Visibility simulation result

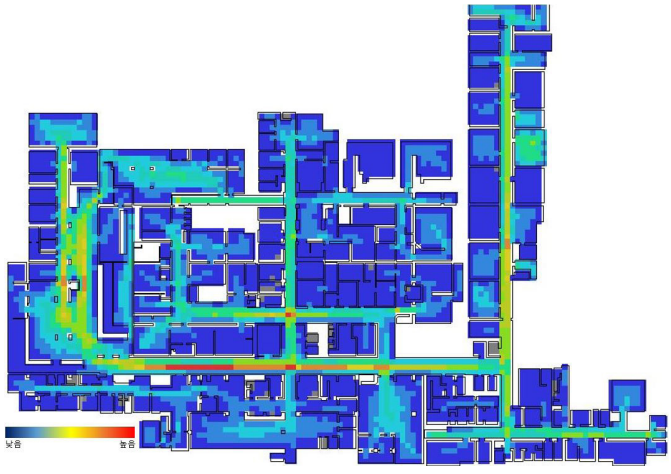

Figure 7 Agent-based simulation result

4. 2. 통행 밀도 실측에 따른 과밀 공간 분석

Table 1은 3.2에서 단위 공간을 도출한 결과를 바탕으로 대상 병원의 실제 통행 밀도를 실측한 결과이다. 2017년 08월 04일, 07일, 11일 3일 동안 13시부터 17시까지 동시간대에 측정하였다. 1개의 단위 공간은 10분 동안 측정하였으며 2명의 측정인원이 각각 공용 공간 25개, 목적 공간 25개를 나누어 측정하였다. 지정된 단위 공간을 이동하는 행위자인 의료진, 환자, 보호자, 방문객, 관리자, 휠체어와 병실 침대를 이용하는 환자 모두 포함하여 측정하였으며 동일한 행위자의 반복된 이동도 중복되게 측정하였다. 단 보행하지 못하는 소아는 측정 대상에서 제외하였다.

Table 1 Number of users per public space

Unit Space	Day 1	Day 2	Day 3	Total	Average
1	38	107	57	202	67.3
2	94	161	273	528	176.0
3	118	134	139	391	130.3
4	36	115	180	331	110.3
5	21	48	73	142	47.3
6	13	32	53	98	32.7

7	38	51	110	199	66.3
8	138	157	14	309	103.0
9	76	60	31	167	55.7
10	15	13	18	46	15.3
11	224	251	312	787	262.3
12	143	168	186	497	165.7
13	128	111	174	413	137.7
14	62	68	63	193	64.3
15	10	22	13	45	15.0
16	23	18	16	57	19.0
17	68	58	56	182	60.7
18	39	37	37	113	37.7
19	14	14	7	35	11.7
20	18	12	31	61	20.3
21	193	211	312	716	238.7
22	111	102	105	318	106.0
23	64	95	113	272	90.7
24	3	6	14	23	7.7
25	55	61	77	193	64.3
Total	1742	2112	2464	6318	–

공용 공간의 경우 1일 평균 2106명이 측정되었으며 11번, 21번의 단위 공간(중앙 복도)에서 가장 높은 통행 밀도가 측정되었다. 2, 3, 4, 8, 12, 13, 22 공간은 비교적으로 높게 측정되었다. 반대로 24번, 19번(특수 검사실 앞 복도)에서 가장 저밀한 공간으로 측정되었다. 목적 공간의 경우에는 Table 2와 같이 1, 22(출입구)에서 가장 높은 통행 밀도가 측정되었으며 다음으로 2, 3(계단실, 엘리베이터), 4(원무과 대기실), 18, 25(엘리베이터)에서 비교적으로 높게 측정되었다. 반대로 19, 20(특수검사실)에서 저밀도로 측정되었다. 통행 밀도 측정 결과, 과밀한 공간은 외래부에서 외래부복도, 출입구, 대기공간이고 검사부에서는 엘리베이터, 중앙복도 병동부에서는 엘리베이터 앞 복도로 도출되었다.

Table 2 Number of users per clinical space

Unit Space	Day 1	Day 2	Day 3	Total	Average
1	123	152	247	522	174.0
2	28	69	133	230	76.7
3	33	71	96	200	66.7
4	52	60	68	180	60.0
5	22	27	29	78	26.0
6	9	14	43	66	22.0
7	15	23	47	85	28.3
8	5	9	14	28	9.3
9	9	10	6	25	8.3
10	27	26	24	77	25.7
11	6	5	6	17	5.7
12	52	33	31	116	38.7
13	5	2	10	17	5.7
14	7	8	14	29	9.7
15	44	29	36	109	36.3
16	24	28	21	73	24.3
17	6	2	7	15	5.0
18	49	50	73	172	57.3

19	4	3	3	10	3.3
20	8	2	2	12	4.0
21	9	7	9	25	8.3
22	142	168	246	556	185.3
23	4	10	35	49	16.3
24	25	34	40	99	33.0
25	56	45	58	159	53.0
Total	764	887	1298	2949	–

4. 3. 감염 취약 공간과 과밀 공간의 상관관계 분석

시뮬레이션을 통해 도출한 결과와 통행 밀도 실측값의 관계를 분석하였다. 라이노 (Rhinoceros5)에서 그래스호퍼 (Grasshopper 0.9.0076)을 이용하여 Figure 8과 같이 모델을 작성하였다. 분석 방법으로는 가시성 분석과 행위자 기반 분석의 결과 값과 3일 동안 측정한 단위 공간별 통행 밀도의 평균값의 관계를 1000mm 간격으로 넓혀가며 상관관계를 분석하였다.

공용 공간의 통행 밀도와 시뮬레이션의 경우 높은 상관관계가 나타나지만 목적 공간의 통행 밀도와 시뮬레이션 간의 상관관계는 나타나지 않았다. Table 3을 살펴보면 5% 유의 수준에서 관계가 있으며 전체적으로 통행 밀도와 시뮬레이션과는 다소 높은 상관관계가 있다. 공용 공간 통행밀도와 행위자 기반 시뮬레이션의 경우 2m에서 4m까지, 가시성 시뮬레이션의 경우에 2m에서 5m까지 높은 상관관계가 있다. 행위자 기반 분석과 거리 간의 상관계수는 3000mm가 0.771로 가장 높은 상관관계가 있는 것으로 나타나고 있다. 가시성 분석과 거리 간의 상관계수는 0.767로 나타났다. 두 가지 분석 결과 모두 유의하게 나타나지만 행위자 기반 분석이 더 가깝게 나타난다. Figure 9는 Table 3을 그래프로 나타내었다.

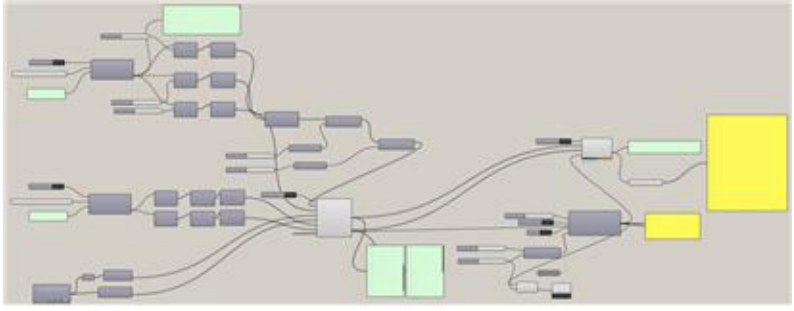

Figure 8 Grasshopper model

Table 3 Correlation analysis result

Distance (mm)	Visibility to traffic		Agent-based simulation to traffic	
	Pearson's r	Significance	Pearson's r	Significance
1000	0.631	0.001	0.639	0.001
2000	0.727	0.000	0.724	0.000
3000	0.767	0.000	0.771	0.000
4000	0.730	0.000	0.717	0.000
5000	0.707	0.000	0.664	0.000
6000	0.688	0.000	0.626	0.001
7000	0.662	0.000	0.596	0.002
8000	0.634	0.001	0.562	0.003
9000	0.632	0.001	0.536	0.006
10000	0.640	0.001	0.539	0.005
11000	0.659	0.000	0.568	0.003

12000	0.677	0.000	0.595	0.002
13000	0.681	0.000	0.605	0.001
14000	0.689	0.000	0.613	0.001
15000	0.695	0.000	0.609	0.001
16000	0.701	0.000	0.600	0.002
17000	0.702	0.000	0.596	0.002
18000	0.703	0.000	0.591	0.002
19000	0.705	0.000	0.587	0.002
2000	0.706	0.000	0.574	0.003

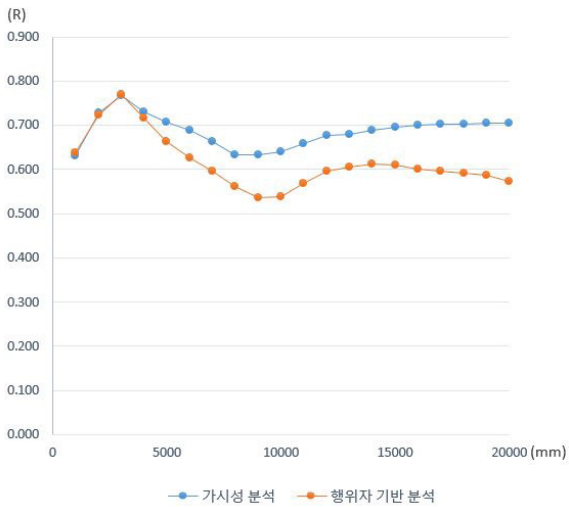

Figure 9 Correlation coefficient change upon distance variation

Figure 10 Vulnerable space to infection with traffic survey

Table 1에서 공용공간의 통행 밀도 측정 결과와 Figure 7의 행위자 기반 시뮬레이션 결과를 바탕으로 높은 상관관계가 있는 반경 3000mm의 범위를 행위자 기반 시뮬레이션에 다시 적용하여 과밀화로 인해 감염으로부터 노출이 용이한 공간을 도출하였다. Figure 10과 11은 붉은색 일수록 과밀도 초록색일수록 저밀도 공간이며 주황색이 중간 정도를 의미한다. Figure 10을 살펴보면 11, 21(중앙 복도)가 가장 과밀한 공간이며 다음으로는 외래부의 2(원무과 앞 복도), 3,4(복도)와 검사부의 8(복도), 12(엘리베이터), 13(검사실 중앙복도) 병동부는 22(복도), 23(병동부 중앙복도)가 비교적으로 과밀한 공간으로 도출되었다.
Figure 11을 살펴보면 과밀공간으로는 외래부 검사부 병동부를 연결하는 8, 11(중앙복도)가 가장 과밀한 공간이며 다음으로는 외래부의 4(계단실 앞 복도) 검사부의 21(복도), 12(엘리베이터), 13(검사실 중앙복도)이 비교적으로 높게 나타났다. 결과적으로 통행 밀도의 과밀 공간과 행위자 기반 시뮬레이션 과밀 공간이 비교적으로 일치하며 과밀하지 않은 공간과 과밀한 공간이 명확하게 구분이 가능하다.

Figure 11 Vulnerable space to infection with agent-based simulation

5. 결론 및 제언

최근 병원 내 전염성이 강한 감염의 발생으로 막대한 경제적 손실이 초래되고 있다. 따라서 병원 내 감염 예방을 위해서는 병원 공간적 배치뿐만 아니라 행위자의 특성도 고려되어야하며 건축 디자인적 방안으로 예방 및 초기 대응에 관한 연구가 필요하다.

본 연구는 병원 내 감염을 저감하는 건축 디자인적 방안을 제시 할 목적으로 수행되었으며 지역별 거점병원의 접지층을 공간적 연구 범위로 설정하였다. 시뮬레이션과 통행 밀도 실측으로 접지층 내 감염으로부터 취약한 공간을 도출하고 관계의 비교 분석을 수행하였다.

그 결과로 첫째, 진료 절차에 따른 입원 환자와 외래 환자의 동선 분석 결과 주로 검사부에서 동선의 중복이 발생 하였다. 검사실이 접지층의 중심에 집중되어 있고 검사실까지 접근하는 동선이 입원 환자와 외래 환자가 분리되어 있지 않다. 또한 응급실 출입구가 위치해있으며 출입구2를 통해 접근하는 외래 환자의 경우 외래동까지 중앙 복도를 통해 이동해야 함으로 상당한 과밀화가 나타난다. 검사부 내 이용 목적에 따라 과밀화를 분산시키

기 위해 입원 환자와 외래환자의 동선 분리 및 교차 지점에서 여유 폭을 줄 필요가 있다.

둘째, 실측된 통행 밀도 값과 행위자 기반 시뮬레이션 분석 값을 1000mm 간격으로 넓혀가며 상관 분석 한 결과 반경 3000mm가 가장 상관관계가 있다고 도출되었으며 3000mm 반경으로 다시 시뮬레이션에 적용한 결과 감염으로부터 취약한 과밀 공간과 과밀하지 않은 공간을 명확하게 구분 할 수 있었다.

셋째, 대상 병원의 접지층의 부문별로 과밀 공간을 분류하였을 때 검사부에서 가장 집중되는 것을 알 수 있었으며 외래 진료부에서는 2.원무과 앞 복도, 4.계단실 앞 복도, 3.대기 공간 옆 통로이며 검사부에서는 8,11,21(중앙 복도), 12(엘리베이터 앞 복도), 13(검사부 교차 지점)이고 병동부에서는 22(엘리베이터 앞 복도)에서 과밀한 것을 알 수 있었다. 특히 외래동이나 병동으로 이동하는 엘리베이터나 계단실의 경우 복도와 홀의 역할을 같이 할 경우 과밀화 현상이 나타나므로 홀 공간과 복도 공간을 따로 분리해야 한다.

넷째, 가시성 시뮬레이션 분석과 행위자 기반 시뮬레이션 분석 모두 실측된 공용 공간 통행 밀도와 다소 높은 상관관계가 있다. 비교적으로 가시성 분석보다 행위자 기반 분석 결과가 공용 공간 통행 밀도와의 과밀 공간이 일치하게 나타난다. 결과적으로 동선과 공간배치에 따른 과밀화와 행위자 기반 시뮬레이션 결과로 도출된 과밀화와 통행 밀도 실측으로 도출된 과밀한 공간이 서로 일치하였다.

본 연구는 환자의 동선 분석 및 시뮬레이션 분석 결과를 바탕으로 실제 통행 밀도와의 관계를 분석하여 접지층 내 감염을 저감하기 위한 건축 디자인적 방안을 Figure 12의 다이어그램으로 나타내었다. 대상 병원의 경우 엘리베이터와 계단실과 같은 수직 이동을 위한 공간 배치가 수평 이동 동선과 중복되어 과밀화가 발생함으로 대기공간의 필요성을 강조하였고 출구의 위치를 변경하여 중복되는 동선을 분리하였다. 입원환자, 외래환자, 보호자, 의료진 등 다양한 행위자가 이용하는 접지층의 특성을 고려하여 각 행위자의 검사부 접근 동선을 분리하고 복도 대기 공간이 아닌 별도의 대기 공간을 배치하여 과밀화를 저감할 수 있는 방안을 제안하였다. 병원 건축 계획 단계에서 행위자 기반 시뮬레이션을 통해 과밀화를 정량적으로 판별하여 공간 배치 및 동선 또는 바이러스 전파를 차단하는 스크린도어나 에어커튼과 같은 한정된 디자인을 효과적으로 자원 분배가 되기를 기대한다. 단 공용 부분에 한하여 적용 가능하며 목적 공간(비공용)을 분석할 연구 방법의 필요성을 향후 연구 과제로 제안한다.

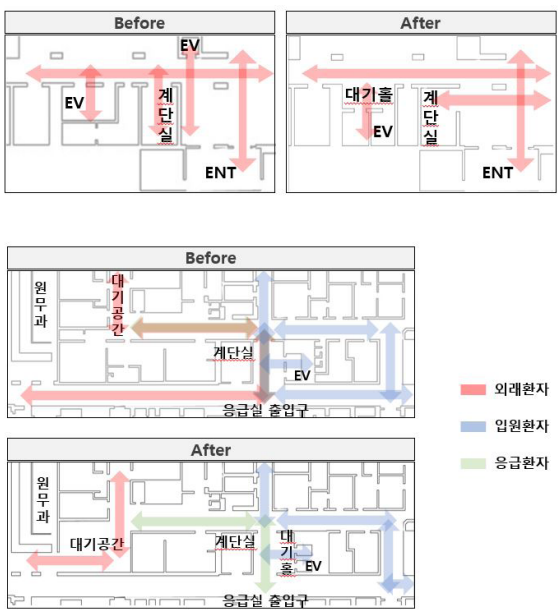

Figure 12 Proposed design solutions

References

1. Cho, J. (2017). 병원 설계 동향 [Trends in Hospital Design]. *Journal of Architectural Institute of Korea, 61*(6), 16–20.
2. Chung, H. (2017). 병원 건축계획의 원점 [Infection Control and Prevention in Healthcare Facilities]. *Journal of Architectural Institute of Korea, 61*(6), 21–25.
3. Kim, Y. (2015). 병원감염관리체계 개선 [Infection control in the hospital infection control system]. *Research Institute for Healthcare Policy, 13*(3), 159–161.
4. Ko, Y. (2016, January 02). 호흡기 감염병 대응을 위한 의료시설기준 개선 방향 연구 [A Study on the Improvement of Medical Facilities for Response to respiratory infections]. *Architecture & Urban Research Institute*. Retrived August 4, 2017, from http://www.auri.re.kr/research/basicResearch_view.asp?idx=32867&bbs_code=15
5. Korea Centers for Disease Control & Prevention. (2017). *Operation and Management Guidelines for Local Location Hospital*. Retrived April 21, 2017, from http://cdc.go.kr/CDC/notice/CdcKrTogether0302.jsp?menuIds=HOME001-MNU1154-MNU0005-MNU0088&cid=74094
6. Korean Society for Healthcare-associated Infection Control and Prevention. (2017). *Infection Control and Prevention in Healthcare Facilities*. Seoul: Hanmibook.
7. Meng, Y., Davies, R., Hardy, K., & Hawkey, P. (2010). An application of agent-based simulation to the management of hospital-acquired infection. *Journal of Simulation, 4*(1), 60~67.
8. Oh, S. (2015). *행위자기반모형을 적용한 공간구조분석에 관한 연구 [A study on the spatial configuration analysis using agent-based model]* (doctoral dissertation). Kookmin University of Architectural Engineering, Seoul, the Republic of Korea.
9. Yang, G., & Kim H. (2012). *행위자기반모형의 이해와 응용: 도시계획과 교통*. Busan: Dong-a University Press.

외래 진료부의 통행 밀도와 병원 내 감염의 관계에 관한 연구

오은혜[1], 권지훈[2*]

[1] 계명대학교 일반대학원 건축학과, 대구, 대한민국

[2] 계명대학교 건축토목공학부 건축학전공, 대구, 대한민국

초록

연구배경 전염성이 강한 바이러스는 막대한 경제적 손실을 초래하므로 감염에 대한 예방 및 초기 대응에 관한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 병원 내 감염 예방을 위해 병원 공간 배치뿐만 아니라 사용자의 특성도 고려되어야 한다. 본 연구는 과밀화 시뮬레이션과 통행 실측으로 접지층 내 감염으로부터 취약한 공간을 도출하고 그 관계를 비교하여, 병원 내 감염을 저감하는 건축 디자인 방안을 제시함을 목적으로 한다.

연구방법 선행연구 고찰과 도면분석, 과밀화 시뮬레이션으로 진행하였다. 지역별 거점 병원의 특성과 외래진료 절차를 바탕으로 도면을 이용하여 공간 구성을 분석하였다. 그 결과로 공용 공간과 치료 용도의 공간을 도출하였다. 다음으로 행위자 기반 시뮬레이션 분석으로 공간 배치에 따른 과밀 공간을 도출하였다. 대상병원의 통행 밀도 실측을 이용하여 접지층 전역의 통행 밀도를 분석할 수 있었으며, 과밀 공간을 도출하였다. 최종적으로 시뮬레이션과 실측을 통해 나온 결과의 관계를 분석하였다.

연구결과 시뮬레이션 분석 모두 실측된 공용 공간 통행 밀도와 다소 높은 상관관계가 있다. 가시성 분석보다 행위자 기반 분석의 과밀 공간이 실제 과밀 공간과 더 유사하게 나타났다. 결과적으로 동선과 공간배치에 따른 과밀 공간, 행위자 기반 시뮬레이션 결과로부터 분석된 과밀 공간 및 통행 밀도의 실측으로 도출된 과밀 공간이 유사한 양상을 보였다.

결론 환자의 동선 분석 및 시뮬레이션 분석 결과를 바탕으로 실제 통행 밀도와의 관계를 분석하여 접지층 내 감염을 저감하기 위한 건축 디자인적 방안을 다이어그램으로 제시하였다.

주제어 병원디자인, 병원 내 감염, 행위자 기반 시뮬레이션

*교신저자 : 권지훈 (jkweon@kmu.ac.kr)