

# 감염환자 이송 로봇에 대한 의료종사자의 인식: SERVQUAL과 AHP를 활용하여

최현철\* · 서슬기\* · 권재용\* · 박상찬\*\* · 장혜정\*\*\*†

\* 경희대학교 일반대학원 의료경영학과

\*\* 한국뉴욕주립대학교 기술경영학과

\*\*\* 경희대학교 경영대학 경영학부

## Medical Staff's Awareness of Infected Patient Transfer Robots: Using SERVQUAL and AHP

Choi, Hyunchul\* · Seo, Seul-Ki\* · Kwon, Jae-Yong\* · Park, Sangchan\*\* · Chang, Hyejung\*\*\*†

\* Department of Health Services Management, Graduate College, Kyung Hee University

\*\* Department of Technology and Society, The State University of New York Korea

\*\*\* Department of Management, School of Management, Kyung Hee University

### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this study was to understand the perception of medical staff to propose an infected patient transport robot as a means of responding to infectious diseases.

**Methods:** The data collected through the survey was analyzed through AHP analysis. The measurement tools used in this study were derived through the SERVQUAL model and Focus Group Interview(FGI), and consisted of four detailed questions for each of five classes: tangible, reliability, responsiveness, assurance, and empathy.

**Results:** As a result of the study, there are concerns about risk factors that may occur in areas where medical staff intervention is minimized. Above all, we confirmed the consensus that safety should be the top priority during the process of robots to transport patients. In particular, highlighted were the resolution of device errors that may occur during the process for transporting patients and easy provision of the first aid. Additionally, the ability to monitor patients and suppress infection factors turned out to be important, which was directly related to the simplification of the role of medical staff and work efficiency.

**Conclusion:** As one of the means of effectively controlling infectious diseases in a pandemic situation, a robot to transport the infected patient was considered. However, in order to commercialize this, specific verification of the safety of medical staff and patients is needed, and empirical data on providing the first aid, patient monitoring, and infection factor suppression should be presented.

**Key Words:** Infected Patient, Robots for transporting patients, SERVQUAL, AHP

● Received 27 July 2023, 1st revised 2 August 2023, accepted 11 August 2023

† Corresponding Author(hjchang@khu.ac.kr)

© 2023, Korean Society for Quality Management

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 non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20015023).

# 1. 서 론

코로나19를 계기로 감염병 환자의 병원 이송과 치료과정에서 환자의 안전과 의료진의 감염위험을 어떻게 관리할 것인지에 관한 관심이 증대되고 있다. 병원은 오염 및 감염인자에 매우 민감한 계층들이 밀집해 있는 공간이므로 (No, 2021), 병원에서 감염관리는 의료진의 안전과 환자의 생명에 직결되는 매우 중요한 사항이다. 그러나 그간 코로나19 유행의 장기화와 사회적 거리두기 단계 강화로 인해 의료기관 내 감염관리와 관련된 각종 교육이 제대로 진행되지 못하였고, 동시에 코로나19 대응의 최전선에서 환자를 돌보는 의료인력의 감염 문제가 전 세계적인 큰 문제로 드러나기도 했다. 이에 따라 최근에는 의료기관의 원내 감염관리 및 감염병 대응 역량 강화를 위해 로봇과 같은 대체 기술을 적극적으로 도입 및 활용해야 한다는 주장들이 제기되고 있다(Alam et al., 2020; Al-Jabir et al., 2020; Khan et al., 2020).

코로나19 대유행 시기 동안 검사·수술·입원을 위해 코로나19 확진 환자를 이송하는 과정에서 감염이 확산되지 않도록 음압이송 카트를 이용하는 사례가 급격히 증가했다(Han et al., 2020). 코로나19와 같은 감염병 대유행 상황에서 음압이송 카트가 매우 중요한 역할을 할 수 있음은 자명하다. 그러나 음압이송 카트를 운용하기 위해서는 감염병 환자의 중증도에 따라 최소 2명에서 많게는 4명의 인력이 투입돼야 하며, 사용을 위한 준비와 유지 및 관리에도 복잡한 과정, 많은 시간과 노력이 소요된다. 코로나19의 경우처럼 감염병 사태가 장기화될 경우 의료진을 비롯한 음압이송 카트 운용인력의 피로감은 매우 증폭되며, 이로 인한 소진 등은 원내 감염관리와 환자안전을 비롯한 여러 측면에서 문제를 초래할 수 있다. 한편, 오늘날 의료분야에서는 로봇이 의료진의 역할을 보조하거나 대체하기 위한 수단으로 널리 사용되고 있으며 수술 보조 또는 신체기능의 보조, 환자 또는 물류의 운송 등 다양한 기능에서 그 유용성이 인정되고 있다. 특히, 환자이송과 관련된 업무에서 로봇을 활용할 경우 단순 업무를 위한 인력 또한 최소화할 수 있을 뿐 아니라 의료진과 환자의 감염위험 또한 크게 감소시킬 수 있을 수 있는 것으로 알려져 있다(Jang et al., 2021). 만일 감염병 환자이송을 위한 음압 병상에 이송 로봇 기술을 접목할 수 있다면 환자이송 업무인력의 최소화를 통한 의료진의 피로도 경감, 의료진의 감염 방지, 이송기기의 효율적 유지·관리 등 여러 측면에서 의료기관에 큰 이점으로 작용할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 현재까지 환자 이송업무에 로봇 기술이 접목된 사례는 극히 드물다. 이는 이러한 사례의 실제적인 도입을 위해서는 기술의 안전성·사용성 등이 사전에 평가되어야 하나, 현재까지 이를 객관적으로 측정·평가할 수 있는 도구 또는 시스템이 부재한 것이 주된 원인이라고 할 수 있다.

본 연구는 감염병 환자 이송과정에서의 감염위험으로부터의 안전 확보, 의료진의 업무 가중 최소화, 이송 중인 감염병 환자를 효과적으로 관리 할 수 있는 대응 방안의 마련을 목적으로 현재 개발 중인 감염환자 이송 로봇을 소개하고 제안하고자 한다. 기존 음압이송 카트 대비 감염환자 이송 로봇의 차별성을 소개하고, 의료현장에 적용했을 때 예상되는 그 효과와 한계점을 도출함으로써 연구의 타당성과 신뢰성을 확보하고자 했다. 이를 위해, 의료전문가들을 대상으로 제품의 서비스 품질 영역과 관련된 전문의견을 수렴하고, 서비스 품질을 측정하기 위한 독자적인 측정 도구를 개발함으로써 감염환자 이송 로봇에 대한 일선 의료종사자들의 인식을 실증적으로 확인하고자 했다. 나아가, 각각의 서비스 품질 영역 사이의 상대적인 중요성을 파악하여 개발과 상용화 과정에서 고려돼야 할 사항을 도출하고자 하였다. 본 연구는 의료현장에서 감염병 대응을 위한 고도화된 대응 방안을 확산하고, 상용화함에 있어서 유용하게 사용될 수 있는 실증적인 근거자료를 제시하고자 함에 그 목적과 의의가 있다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 의료서비스 로봇의 개념과 감염병 대응 사례

과학 기술의 발전으로 의료기관에서도 다양한 목적으로 로봇이 도입돼 활용되고 있으며 그 실용성 또한 인정되고 있으나, ‘의료서비스 로봇’이라는 개념에 대해서는 아직 명확히 합의된 정의가 존재하지 않는다(Kim & Cho, 2021). 우리나라의 식품의약품안전평가원은 환자와의 상호작용이 있는 기기를 의료서비스 로봇으로 정의하고 있으며, 식품의약품안전처는 로봇 기술을 사용하는 의료용기기 또는 시스템을 의료서비스 로봇으로 정의하고 있다(You & Do, 2019). 지능형로봇표준포럼의 의료로봇 분과위원회는 의료기기로 사용되는 로봇 또는 로봇 장치를 의료서비스 로봇으로 정의하고 있으며, 한국과학기술평가원은 의료현장에서 인간을 대신해 의료목적의 고품질 서비스 행위를 수행하는 로봇을 의료서비스 로봇으로 정의하고 있다(You & Do, 2019). 이렇듯 기관마다 의료서비스 로봇에 대한 정의를 조금씩 달리하고 있으나, 의료행위를 물리적으로 보조하거나 대체하기 위한 수단이라는 것은 일관적으로 강조되고 있다(Table 1).

Table 1. Definition of medical service robot

Institution	Definition
National Institute of Food and Drug Safety Evaluation (2014)	Robots that interact with devices and patients
Ministry of Food and Drug Safety (2015)	Medical devices or systems that use robotic technology
KOROS (2017)	A robot or robot device for use as a medical device
KISTEP (2019)	Robots that perform high-quality service activities for medical purposes on behalf of humans in various medical sites

의료서비스 로봇은 수술 로봇, 재활 로봇, 보조 서비스 로봇으로 크게 세분화될 수 있다(You & Do, 2019). 수술 로봇은 주로 의료시설 내에서 의사를 보조 또는 대체하여 침습 또는 비침습적 수술 과정의 일부 또는 전체를 수행하는 로봇 그리고 혈관이나 경구를 통해 병소에 직접 다가가는 미소 크기의 로봇인 신체삽입형 로봇으로 구분할 수 있다. 재활 로봇의 경우 노약자나 장애인의 재활치료 또는 간병을 보조하기 위해 복지시설이나 가정에서 주로 사용되고 있으며, 보조 서비스 로봇은 물류, 약재 처리, 원격진료, 연습 및 평가를 수행하기 위한 목적으로 의료와 복지, 그리고 연구시설 등에서 폭넓게 사용되고 있다.




무접촉, 비대면, 신속성, 인력의 대체라는 로봇의 대표적 특징들로 인해 최근에는 방역 로봇의 개발과 상용화에 대한 공감대가 크게 형성되고 있다(Moon & Cho, 2021). 그간 방역 활동에서 로봇은 물류라는 한정적인 영역 내에서 주로 활용되어왔고, ‘검체 이송용 물류 로봇’과 같은 일부 제품들만이 상용화되어 있었다. 그러나 코로나19 대응을 계기로 시설의 소독, 격리시설의 물품 배송, 감염 징후의 탐지, 검체 채취 등 다양한 목적을 위해 방역 로봇이 개발되고 있으며, 일부 제품들은 현재 실무환경에서 사용이 되고 있다. 본 연구진이 파악한 결과, 여러 기능의 방역 로봇들이 활발히 개발 및 상용화되고 있지만, 감염환자 이송업무에 의료서비스 로봇 기술을 접목한 사례는 아직 보고되지 않았다.

**Table 2.** Technical scope of medical service robot

Purpose	Beneficiary	User	technology scope
Surgery	Patient	Doctor	① Surgery and surgical assistants ② Body implant type
Rehabilitation	Elderly, Disabled	Nurse, Caregiver, Patient	① Rehabilitation ② Rehabilitation assistants ③ Caregiving
Supplementary service	Objects, Patient, Doctor, Pharmacist	Doctor, Pharmacist, Nurse, Caregiver	① Logistics ② Medicinal ingredients ③ Telemedicine ④ Practice and assessment

Reference: You, H. J. and Do, J. H. 2019. Healthcare service robot. KISTEP.

**Table 3.** Logistics technology based quarantine robot (South Korea)

Logistics	Sterilization	Thermal detection & hand washing
 <p><i>Twiny TarGo100*</i></p>	 <p><i>Korea Institute of Science and Technology(KIST) AIDBOT**</i></p>	 <p><i>HYULIM ROBOT TEMI*</i></p>
Man following	Autonomous driving	Man following & Autonomous driving
Transportation of medicines, goods, and meals	Spray UV and disinfectant in a wide range of quarantine	Diagnosis of fever, automatic injection of hand sanitizer, quarantine control service

\*Reference: Extract from the website of the company that manufactured each product



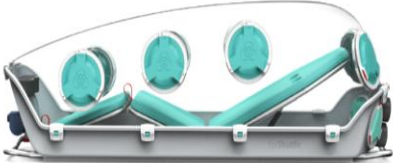

\*\*Reference: Kim et al., 2021. Development of AIDBOT, a Self-Driving Quarantine Robot in Korea

## 2.2 감염환자 이송 로봇

음압 클린룸의 경우 기존에는 스트레처가 포함된 들것의 형태가 대부분이었으나, 최근에는 스트레처가 배제된 들것의 형태로 고도화되어 개발되고 있다. 대표적으로 노르웨이 기업인 EpiGuard의 EpiShuttle 제품은 현존하는 가장 고가의 음압 클린룸 장비로서, 감염환자 이송 이후 유지보수에 소요되는 시간이 2시간 이내라는 매우 큰 장점을 보유하고 있다(Kent, 2021). 오늘날 의료환경에서 사용되는 주행 로봇 중 대다수는 물류 로봇이며, 물류 로봇은 운용 방식에 따라 크게 대상 추종형(반자율주행) 또는 자율주행형으로 구분된다. 의료분야에서 사용되는 가장 대표적인

자율주행 물류 로봇으로는 미국 기업인 AETHON의 TUG 제품이 있는데, 2016년 샌프란시스코 병원에 27대가 도입되어 인력 30여 명분의 업무를 대체할 정도로 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Gold, 2016).

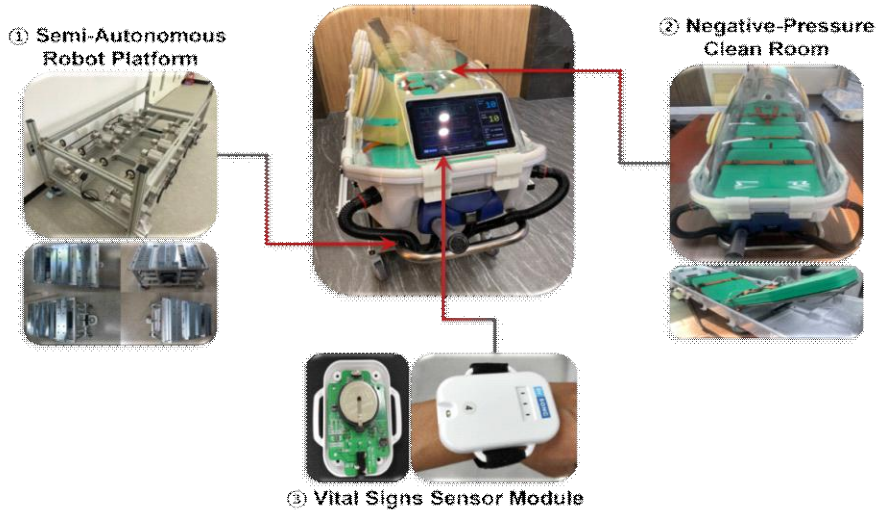
**Table 4.** Isolation bed and logistics robot for healthcare area

Isolation bed	Logistics robot
 <p data-bbox="248 693 586 721"><i>CIB-2000S (NK-system, Japan)</i></p> <ul data-bbox="132 756 618 874" style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolation chamber : 2,000*600*500H (mm)</li> <li>▪ Stretcher : 1,973*600*250~890H (mm)</li> <li>▪ Internal pressure : -5Pa</li> <li>▪ Operation time : 5 hours (max)</li> </ul>	 <p data-bbox="829 686 1186 713"><i>TarGo100 (Twinnny, South Korea)</i></p> <ul data-bbox="725 746 1096 893" style="list-style-type: none"> <li>▪ Driving method : Man following</li> <li>▪ Size : 690*960*1.29H (mm)</li> <li>▪ Carrying capacity : 100 kg</li> <li>▪ Operation time : 8 hours (max)</li> <li>▪ Speed : 1.2m per second</li> </ul>
 <p data-bbox="254 1119 579 1146"><i>EpiShuttle (EpiGuard, Norway)</i></p> <ul data-bbox="132 1181 696 1328" style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolation chamber : 2285*640*695H (mm)</li> <li>▪ Stretcher : None (Compatible with existing stretcher)</li> <li>▪ Internal pressure : -15Pa</li> <li>▪ Operation time : 24 hours (max)</li> </ul>	 <p data-bbox="872 1128 1148 1156"><i>TUG T3 (AETHON, USA)</i></p> <ul data-bbox="725 1191 1158 1338" style="list-style-type: none"> <li>▪ Driving method : Autonomous driving</li> <li>▪ Cart length : 96.5 cm</li> <li>▪ Carrying capacity : 453 kg</li> <li>▪ Operation time : 10 hours (max)</li> <li>▪ Speed : 76cm per second</li> </ul>

Reference: Extract from the website of the company that manufactured each product

의료분야에서 음압 클린룸과 물류 로봇의 도입은 점차 활성화되고 있으며, 연구 및 개발을 통한 지속적인 개선 또한 이뤄지고 있다. 한편 음압 클린룸을 운용하기 위해서는 이송을 담당하는 최소한의 의료인력(2~4명)이 필요하며, 주행 로봇의 경우 안전성 등의 이유로 환자이송과 관련된 업무에 활용되는 사례가 극히 드물었다. 이에 따라 본 연구진은 음압 클린룸과 자율주행 로봇 플랫폼을 결합한 감염환자 이송 로봇의 필요성을 인식하고 연구개발을 진행 중이다. 본 연구에서 제안하고자 하는 감염환자 이송 로봇은 사람 추종 방식을 통해 선두에 있는 1인을 인식하고 이를 따라 주행할 수 있어, 환자 이송업무를 수행하기 위해 투입되는 인력을 최소화할 수 있다. 하드탑 형식의 음압 클린룸은 기존의 음압이송 카트보다 내구성 및 환자의 안전성 보장에 우수함은 물론, 세척 및 유지관리가 용이하다. 마지막으로, 생체 측정 모듈을 통해 환자의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있어, 효율적인 환자 관리와 함께 이송 업무에 집중할 수 있다는 장점이 있다(Table 5).

Table 5. Introduction to infected patient transfer robot



• Detailed description of infected patient transfer robot

① Semi autonomous robot platform	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Driving method : man following</li> <li>▪ Size : 1400*660*700H (mm)</li> <li>▪ Carrying capacity : 200 kg</li> <li>▪ Operation time : 3 hours (continuous use)</li> <li>▪ Speed : 5km per hour (max)</li> </ul>
② Negative pressure clean room	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolation chamber : 2322*645*612H (mm)</li> <li>▪ Stretcher : None (Compatible with existing stretcher)</li> <li>▪ Internal pressure : -15Pa</li> <li>▪ Operation time : 5 hours (continuous use)</li> </ul>
③ Vital signs sensor module	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Connection method : Bluetooth 5.0</li> <li>▪ Sensing data : ECG, PPG, PPG_RED, PPG_IR</li> <li>▪ Operation time : 3 hours (min)</li> </ul>

• Benefits

- Reduced operational personnel (minimum 1 person)
- Remote monitoring of patient status (4 vital signs)
- Easy to protect, Easy to clean, Fast recharge

Reference: Extract from the 2022 Annual Report on products currently being developed by researchers

### 2.3 서비스 품질의 측정

서비스 품질을 측정하는 방법으로는 Grönroos(1984)의 품질 모형과 SERVQUAL 모형이 대표적이며(Tang & Lee, 2019), 그 중에서도 SERVQUAL 모형을 활용하여 서비스 품질을 측정하고, 평가하는 연구가 주를 이룬다(Kim, 2016). Parasuraman, Zeithaml, 그리고 Berry(이하 PZB; 1985)는 Oliver(1980)의 기대 불일치 모형과 ‘소비자들은 서비스 품질에 대한 기대와 실제 인식된 서비스 품질의 차이로 전반적인 서비스 품질의 만족도를 결정한다’라는 품질 모형의 이론에 기초하여 SERVQUAL 모형을 개발했다(Park et al., 2005). PZB(1985)는 초기 모형에서 서비

스 품질의 영역을 신뢰성(Reliability), 반응성(Responsiveness), 능숙함(Competence), 접근성(Access), 공손함(Courtesy), 의사소통(Communication), 신용성(Credibility), 보안성(Security), 고객 이해(Understanding the customer), 유형성(Tangibles) 10개의 차원으로 구분했다. 첫째, 신뢰성은 약속한 서비스를 믿을 수 있고, 정확하게 수행하는 능력을 의미한다. 둘째, 반응성은 고객을 기꺼이 돕고, 신속하게 서비스를 제공하고자 하는 능력을 의미한다. 셋째, 능숙함은 서비스 제공에 필요한 기술과 지식의 소유 여부를 의미한다. 넷째, 접근성은 서비스 접근에 대한 가능성과 용이성의 정도를 의미한다. 다섯째, 공손함은 소비자를 대하는 일선 근무자의 정중함, 존경, 배려, 친근함을 의미한다. 여섯 번째, 의사소통은 고객이 이해하기 쉬운 방식으로 이야기하고 고객의 말에 경청하려는 태도를 의미한다. 일곱 번째, 신용성은 서비스를 제공하는 자의 신뢰와 정직을 의미한다. 여덟 번째, 보안성은 서비스 제공에 있어 위험과 의심의 가능성이 없는 것을 의미한다. 아홉 번째, 고객 이해는 고객의 욕구를 파악하기 위해 노력하는 정도를 의미한다. 열 번째, 유형성은 시설이나 장비, 직원 등의 물리적인 외양을 의미한다.

PZB(1988)는 앞서 제시한 10개의 서비스 품질 평가 차원 간에 상관성과 중복성의 존재를 인지하고, 이를 유형성(Tangibles), 신뢰성(Reliability), 반응성(Responsiveness), 확신성(Assurance), 공감성(Empathy)이라는 5가지 차원으로 축소했다(Baek et al., 2018). 본 연구에서는 전문가 집단 인터뷰(Focus Group Interview, FGI)를 통한 감염 환자 이송 로봇의 서비스 품질 평가 요소 식별을 위해 PZB(1988)의 축소된 SERVQUAL 모형을 활용하였다.

**Table 6.** Parasuraman, Zeithaml, and Berry(PZB)'s SERVQUAL model

PZB(1985)	PZB(1988)	Definition
Tangibles	Tangibles	Appearance of physical facilities, equipment, personnel, and communication materials
Reliability	Reliability	Ability to reliably and accurately perform promised services
Responsiveness	Responsiveness	Ready to help customers and provide prompt service
Communication	Assurance	Ability to convey knowledge and courtesy, trust and confidence of employees
Credibility		
Security		
Competence		
Courtesy	Empathy	Individual consideration and attention provided by a company to its customers
Understanding the customer		
Access		

### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구 절차

본 연구는 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질을 평가할 수 있는 품질 속성들을 식별하고 이러한 속성 간 상대적인 중요성과 효과성을 파악함으로써 향후 감염환자 이송 로봇 개발에 있어 가장 우선시되어야 할 속성이 무엇인지, 그

리고 이송 로봇 사용자 관점에서 상대적으로 높은 우선순위를 가진 속성이 무엇인지 파악해보고자 했다. 이를 통해 향후 감염환자 이송 로봇의 활성화와 상용화에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항이 무엇인지에 대한 시사점 및 함의를 도출하고자 했다.

이를 위해 먼저 SERVQUAL 모형을 토대로 하여 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질을 평가하기 위한 1차 속성을 선정했으며, 이후 전문가 집단에 대한 FGI(Focus Group Interview) 조사를 통해 본 연구에서 선정한 각 1차 속성들을 구성하는 하위요인들을 도출했다. 이후 도출된 하위요인들을 기반으로 구체적인 설문조사 질의 항목들을 개발하여 음압 병상 및 음압이송 카트 이용 경험이 있는 의료기관 종사자들을 대상으로 설문조사를 실시했고, 설문조사 결과를 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법으로 분석해 각 품질 속성에 대한 상대적인 중요성을 측정했다. 본 연구의 과정을 요약하면 다음과 같다(Figure 1).

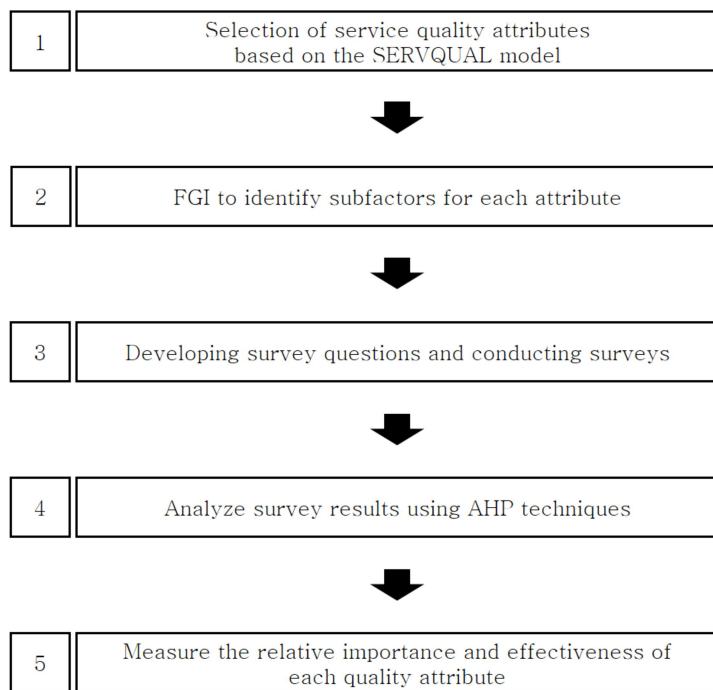


Figure 1. Summary of study procedures

### 3.2 FGI

본 연구에서는 SERVQUAL 모형을 활용하여 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질을 측정하기 위한 1차 속성으로 유형성, 신뢰성, 반응성, 확실성, 공감성 5가지 항목을 선정했으며, 이후 선정된 각각의 1차 속성을 구성하는 하위요인을 도출하기 위하여 전문가 집단을 대상으로 FGI(Focus Group Interview) 조사를 실시했다. FGI 조사를 위한 전문가는 음압이송 카트를 이용해 감염병 환자를 이송해 본 경험이 있는 의료종사자 또는 음압 병상이나 음압이송 카트 운용과 관련하여 객관적 자문이 가능할 정도의 경력 또는 전문성을 갖춘 3명으로 구성했다. FGI 조사 내용은 감염병 환자를 음압이송 카트로 이송하는 기존의 과정에서 나타나는 상황, 감염환자 이송 로봇이 원내 운영된다고 가정할 시 나타날 수 있는 다양한 상황에 초점을 뒀다. 조사방식은 전자우편을 통해 서면으로 선행조사를 한 뒤 대면과



비대면 인터뷰를 혼합하여 수행하는 방식이었으며, FGI 조사에 참여한 전문가들의 구체적인 특성은 다음과 같다 (Table 7).

**Table 7.** Participants' characteristics

Experts	Characteristics	Expert qualifications & Interview content
Expert A	Team leader(Research Associate, Architectural Policy Institute) - Former Paramedic at Fire Station G and Fire Station Y - Former nurse at Tertiary Hospital S and General Hospital B	A former or current healthcare worker who has been responsible for transferring patients with infectious diseases to a negative pressure bed, or has done so many times.
Expert B	Senior Nursing Officer(Tertiary Hospital K) - Master's Degree of Science in Epidemiology and Health Informatics	1. Various situations that occurred during the transfer of a patient with a pre-existing infectious disease to a negative pressure bed.
Expert C	Head of Orthopaedics(General hospital I) - Former Visiting Professor at K University - Former Director of General Hospital K and S	2. A variety of scenarios that could occur when an infectious patient transport robot is used in a hospital.

### 3.3 AHP

FGI 조사를 통해 도출된 각 1차 속성에 대한 하위요인들을 기반으로 설문조사 질의 항목들을 개발했고, 이후 음압 이송 카트를 이용해 감염환자를 이송해 본 경험이 있는 의료기관 종사자(간호사 및 119 구급대원)를 대상으로 설문 조사를 실시하였으며, 각 품질 속성에 대한 상대적 중요도를 측정하기 위해 AHP 분석기법을 활용하였다. AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석기법은 미국 국무부에서 의사결정 과정이 효율적으로 이뤄지고 합리적인 결정이 도출될 수 있도록 Saaty(1980) 교수가 고안한 기법으로, 인간의 주관적 판단과 시스템적 접근을 합리적으로 융합해 문제를 해결하는 방법론이다. 의사결정자는 평가해야 할 대안이 많을수록 각 대안 간의 상대적 중요성을 비교하기 어려워지는데, AHP 분석은 이렇듯 의사결정을 위한 대안이 다수이고 복잡적인 경우 이러한 의사결정 대안 간 우선순위를 합리적으로 판단하고자 할 때 주로 사용되는 방법이다(Saaty, 1980). AHP 분석에서 각 대안을 평가하기 위한 기준은 주요 속성과 그 속성을 구성하는 세부요인으로 계층화되며, 이렇게 계층화된 각각의 요인들에 대한 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 각 요인의 가중치가 산출된다. 그리고 산출된 가중치를 기반으로 각 요인의 상대적인 중요성이 도출된다. AHP 분석은 각 대안의 상대적 중요성을 비교함에 있어 정성적인 요소와 정량적인 요소를 모두 고려할 수 있고, 계층화 과정을 통해 논리적 일관성을 확보할 수 있으며, 평가의 기준과 각 하위요소에 대한 전체적인 구조를 한눈에 직관적으로 파악할 수 있다는 장점이 있어 여러 분야에서 의사결정을 위해 널리 활용되고 있다(Im, 2006). 본 연구에서는 설문조사 응답자들에게 1계층 5가지 속성과 2계층 20가지 하위요인의 쌍대비교를 위한 질의 문항을 제시했다. 고유치 기법(Eigenvalue Method)에 기반하여 쌍대비교한 각 요인 간의 상대적 가중치가 추정됐으며, 최종적으로 추정된 각 계층의 상대적인 가중치를 단순가중합법을 사용해 종합하고 이를 통해 1계층과 2계층의 상대적 중요성을 도출하고 계층 간 우선순위를 평가했다. 이후 산출된 상대적 가중치의 논리적 일관성을 검증하기 위해 일관성 비율(Consistency Ratio)을 계산했다. 일반적으로 일관성 비율이 0.1 이하일 때 쌍대비교 행렬의 일관성이 양호하다고 간주하며 결과의 신뢰성이 확보됐다고 판단한다(Saaty, 1980).

## 4. 연구 결과

### 4.1 FGI 조사 결과

FGI 조사 내용에 대해 세 명의 연구자가 검토 및 논의 과정을 거친 결과, 전문가별 일부 차이는 존재했으나 거의 유사하거나 공통적인 내용이 도출됐다. FGI 조사 결과의 주요 내용을 기존 감염병 환자 이송업무와 감염환자 이송 로봇을 사용했을 때로 세분화하여 기술하면 다음과 같다.

먼저 기존 감염병 환자 이송업무에 대한 전문가들의 의견을 요약하면 다음과 같다. 감염병 환자를 이송하는 인력은 주로 구급대원과 간호 인력으로 구성되고 통상적으로 2명이 업무를 수행한다. 이 과정에서 환자의 경중에 따라 처치업무를 수행하는 의료진이 이송 프로세스 전반에 동행할 수 있다. 원내 이동 경로는 환자의 상태에 따라 상이하나, 초기 1층에 위치한 응급실로 유입된 뒤, 엘리베이터를 통해 병실이나 검사실로 이동하는 경우가 많아, 협소한 공간과 불규칙한 노면을 극복해야 하는 경우가 다반사이고, 이 과정에서 환자의 낙상 문제 등 안전과 관련된 이슈도 빈번하게 발생한다. 감염병 환자 이송과정에서 의료진이 겪고 있는 고충 사항은 크게 네 가지로 축약할 수 있다. 첫째, 이송과정에서 환자의 상태를 관찰하기 어렵다. 둘째, 의료진이 감염의 위험으로부터 자유롭지 못하여 적절한 처치가 이루어지기 어렵다. 셋째, 사용한 기기에 대한 청소, 소독, 그리고 배터리 완충까지 소요되는 시간이 길어, 부수적인 업무에 대한 부담이 커진다. 넷째, 보호구 등을 착용한 이송인력은 공간과 활동에서 제약을 받고 있어, 응급상황에 대처할 수 있는 능력이 크게 저하된다(Table 8).

**Table 8.** FGI result 1: The process of transferring a patient to a negative pressure bed

Questions	Summary of key takeaways	SERVQUAL items
Who is responsible for patient transfers	- Performed by paramedics during transport from the scene to the hospital, and primarily by patient transport personnel (and in some cases, nursing staff) after transport to the hospital.	- Usability design - Utility design - Operation
How many people will be involved in the transfer and their roles	- There are usually two people working, and depending on the severity of the patient, there may be a third person, such as an intern, who performs treatment duties.	- Patient monitoring - Patient alarm
Starting point for transferring a patient to a bed	- Most patients are transported to the hospital by ambulance, and during transport from the field to the hospital, hospitals with capacity are selected and transferred to the emergency department. - Once at the hospital, a negative pressure bed is used after the patient is admitted and it is determined if the patient is infected.	- Performance - Compatibility
Where in the hospital and at what rate beds are being used	- It depends on the patient's condition, but it's usually from the emergency room to the patient's room, or from the patient's room to the exam room if tests are needed.	- Safety - Technical fit

Questions	Summary of key takeaways	SERVQUAL items
Environmental conditions during patient transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depending on the layout of the hospital, the elevator is used almost 100% of the time, as most trips are from the emergency department to patient rooms on the first floor.</li> <li>- Most transports are on flat surfaces, but in some cases there are uneven surfaces, stairs, obstacles, and confined spaces.</li> <li>- In hospitals with tight elevator spaces, it is likely that robots will have difficulty recognizing medical personnel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Safety</li> <li>- Appearance fit</li> <li>- Technical fit</li> </ul>
Patient transport speed and distance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depending on the size of the hospital and the patient's situation, this can vary, but most move at a walking pace.</li> <li>- For transport from the scene of an emergency, the speed is often a sprint.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Safety</li> <li>- Performance</li> </ul>
Issues during patient transfers	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulty moving patients while properly monitoring their condition and movement, and risk of infection for healthcare workers.</li> <li>- Potential for delays at night when fewer staff are available to move patients</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patient monitoring</li> <li>- Patient alarm</li> </ul>
Bed management cycles and associated issues	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used equipment is always cleaned and disinfected, and unused equipment is cleaned and disinfected periodically, which is time-consuming.</li> <li>- In EMS, battery-powered devices are always fully charged, and in hospitals, battery-powered devices are kept out of negative-pressure rooms.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintenance</li> <li>- Durability</li> </ul>
How to manage prognosis during patient transport and the issues associated with it	<ul style="list-style-type: none"> <li>- If imaging is required, personnel involved in the examination will wear protective equipment and the examination room and equipment will be disinfected after the examination.</li> <li>- In emergency situations, the use of negative pressure beds is severely limited due to space and activity constraints, so they cannot be used or only limited treatment is provided.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ease of treatment</li> <li>- First aid</li> </ul>
Other suggestions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Having a system to easily monitor the status of patients in negative pressure beds would be a great addition to our work.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patient monitoring</li> <li>- Patient alarm</li> </ul>

다음으로 의료시설에서 감염환자 이송 로봇을 활용했을 때 기대할 수 있는 점과 우려되는 점에 대한 전문가들의 의견을 요약하면 다음과 같다. 최소 2명에서 3명까지 필요했던 감염병 환자 이송인력이 최소 1명에서 2명으로 감소할 수 있어, 의료진의 업무 피로도를 줄이는 효과를 기대할 수 있다. 또한, 응급실로 유입된 감염병 환자를 원내에서 이송시키기 위해 이송인력을 기다리는 시간을 최소화할 수 있고, 검사 시간을 조절하는 업무의 효율성도 크게 증대될 것으로 판단할 수 있다. 환자의 상태를 관찰할 수 있는 센서가 제공됨에 따라 단독적인 병실로 음압 클린룸을 활용할 수도 있을 것으로 판단된다. 하지만, 병원의 건물 형태에 따라 운영의 제한이 발생할 수 있으며, 음압 클린룸의 형태에 따라 환자에게 필요한 처치 활동에 대한 제약이 발생할 수 있다. 또한, 기존 응급이송 수단에 음압 클린룸이 호환되어야 하며, 필요하다면 적재가 가능한 전용 차량도 고려해야 할 것이다. 더불어, 심폐소생술이나 호흡 보조 등 긴급한 조치가 필요한 경우에 대한 고려가 필요하며 의료진과 환자의 원활한 의사소통도 보장되어야 한다. 마지막으

로, 원내의 불규칙한 노면과 동선 등을 고려했을 때 감염환자 이송 로봇의 충돌방지 및 회피 기능 등이 정확하게 작동해야 할 것이며, 환자 낙상을 방지하기 위한 수단도 제공되어야 한다. 이와 함께 이송과정에서 발생하는 기계적 오류나 오작동을 적절하게 조치할 수 있는 매뉴얼이나 프로토콜의 구축도 필수적이다(Table 9).

**Table 9.** FGI result 2: What to expect when operating an infectious patient transport robot

Questions	Summary of key takeaways	SERVQUAL items
Benefits of using devices	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimize patient transport staff and prevent staff illness from repetitive patient transport tasks.</li> <li>- The efficiency of calling, waiting, and coordinating testing time with transporters is greatly increased.</li> <li>- When various monitoring, oxygenation, and negative pressure isolation functions are provided by the device, various benefits can be achieved, such as the roomization of negative pressure beds.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usability design</li> <li>- Utility design</li> <li>- technical fit</li> <li>- Prompt care</li> <li>- Patient monitoring</li> </ul>
Concerns about using devices	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The shape of the hospital building may limit its use, or the shape of the negative pressure bed may limit the treatment activities required for the patient.</li> <li>- Consideration should be given to ensuring that negative pressure beds can be properly loaded into vehicles or that a dedicated vehicle is available.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appearance fit</li> <li>- Ease of treatment</li> <li>- Compatibility</li> <li>- Customization</li> </ul>
Things to consider during development	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Negative pressure beds must be equipped with controls such as humidity and odor.</li> <li>- Consideration should be given to the need for urgent interventions such as CPR or assisted breathing.</li> <li>- Consideration should be given to patients who have difficulty communicating and maintaining a lying position.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance</li> <li>- First aid</li> <li>- Communication</li> <li>- Safety</li> </ul>
Other suggestions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hospitals are spaces where many people move in irregular paths, so safety issues must be considered (collision avoidance, malfunction prevention, battery discharge, etc.).</li> <li>- Other considerations include tilt, the ability to remove patient restraints, and the ability to change gloves in a glove port.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Safety</li> <li>- Problem solving</li> <li>- User manual</li> <li>- Warranty</li> </ul>

FGI 조사 결과를 토대로 하여 각각의 1계층 속성을 구성하는 세부요인(2계층 속성)을 다음과 같이 도출하였다. 첫 번째 기준인 유형성에 해당하는 하위요인은 외형 적합성, 사용성 디자인, 유용성 디자인, 기술 적합성의 4가지로 구분하였고, 두 번째 기준인 신뢰성에 해당하는 하위요인은 처치 용이성, 문제해결, 성능, 환자 모니터링의 4가지로 구분하였다. 세 번째 기준인 반응성의 하위요인은 신속 치료, 응급처치, 의사소통, 환자경보 4가지로 구분하였고, 네 번째 기준인 확신성의 하위요인은 내구성, 안전성, 호환성, 조작 용이성의 4가지로 구분하였다. 마지막으로 다섯 번째 기준인 공감성의 하위요인은 사용자 매뉴얼, 유지보수 용이성, 사용자 맞춤화, 제품보증의 네 가지로 구분하였다. 결과적으로 1차 속성에 대한 세부요인 20개가 도출되어 총 2개의 계층이 설정되었다(Table 10).

Table 10. Structure of questionnaire

Factor & items	Definition
• Tangibles : Consideration of user experience related to equipment	
Appearance fit	Suitable appearance for medical facilities
Usability design	Ease to use design for medical staff
Utility design	Structure for infectious prevention and control
Technical fit	Equipped with the proper technology
• Reliability : Ability to achieve a given goal	
Ease of treatment	Treat the patient as usual
Problem solving	Easy to solve the problem during use
Performance	Transport patients through semi-autonomous driving and negative pressure functions
Patient monitoring	Monitoring and recording of the patient's condition
• Responsiveness : Willingness and readiness to provide services include timely service and immediate response	
Prompt care	Fast and accurate treatment
First aid	First aid as usual
Communication	Medical staff can promptly inform patient
Patient alarm	Continuously check and notify the patient's condition for medical staff
• Assurance : Ability to give trust and confidence to users	
Durability	Product should be available for longer periods of time
Safety	Ensure safety for both patients and staff
Compatibility	Compatible with emergency transportation and medical devices in use.
Operation	Easy to operate even by inexperienced staff
• Empathy : Individual interest shown by the developer to the customer and user	
User manual	Easy to follow documentation
Maintenance	Easy to cleaning and recharging
Customization	Providing customized options according to the medical environment
Warranty	Proper warranty period and scope of after service

## 4.2 AHP 분석 결과

의료종사자를 대상으로 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질에 대한 인식을 조사하기 위해 AHP 설문조사를 실시하였다. 총 30부의 설문을 배포하여 24부를 회수하였다. 그 중, 불성실한 응답 1부를 제외하였으며, 나머지 23부의 설문은 일관성 비율(Consistency Ratio, C.R.)이 기준치( $\leq 0.1$ )를 충족시키는 것으로 나타나, 최종 분석에 포함되었다.

1계층의 상대적 중요도 분석 결과, 제품 본래의 목적달성 측면을 반영한 신뢰성(0.3168)이 가장 높았고, 시기적절한 서비스와 즉각적인 대응을 반영한 반응성(0.2038), 사용자에게 믿음과 확신을 줄 수 있는 능력을 반영한 확신성(0.1775), 장비의 외형과 기술적 측면에서의 사용자 경험을 반영한 유형성(0.1629), 개발사가 고객과 사용자에게 보이는 개별적 관심을 반영한 공감성(0.1368) 순으로 나타났다. 이는 의료종사자들이 감염환자 이송 로봇의 외적인 측면보다 실사용 과정에서 감염환자를 보다 효과적으로 이송하고 처치할 수 있는지를 중요하게 판단하고 있는 것에서 비롯된 결과임을 알 수 있다(Table 11).

Table 11. Priority of SERVQUAL factor

Type	Priority (importance)					Consistency Ratio(C.R.)
	1st	2nd	3rd	4th	5th	
SERVQUAL factor	Reliability (0.3190)	Responsiveness (0.2038)	Assurance (0.1775)	Tangibles (0.1629)	Empathy (0.1368)	0.016

2계층의 상대적 중요도 분석 결과, 유형성에서는 외부 감염의 위협을 차단할 수 있는 제품 구조를 의미하는 유용성 디자인(0.4888)이 가장 높았고, 의료진이 사용하기 편리한 제품 구조를 의미하는 사용성 디자인(0.2373), 의료시설에서 사용하기에 적합한 제품의 외형을 의미하는 외형 적합성(0.1487), 적용된 기술이 의료시설에서 사용하기에 적절한지를 의미하는 기술 적합성(0.1253) 순으로 나타났다. 신뢰성에서는, 운용과정에서 발생할 수 있는 오작동이나 오류 등을 해결할 수 있는지를 의미하는 문제해결(0.3207)이 가장 높았고, 환자의 상태를 실시간으로 정확하게 체크하고 기록하는 환자 모니터링(0.2797), 평소와 같은 의료 처치를 수행할 수 있는 처치 용이성(0.2038), 감염환자가 병원에 도착하고부터 일련의 대응 프로세스가 실행되는 과정에서 제품이 제 기능을 수행할 수 있는지를 의미하는 성능(0.1958) 순으로 나타났다. 반응성에서는, 이송과정에서 응급상황 발생 시 즉각적인 대처능력을 의미하는 응급처치(0.4802)가 가장 높았고, 이송과정에서 환자의 상태를 확인하고 의료진에게 즉각적으로 알려주는 환자경보(0.2038), 이송과정에서도 의료진과 환자가 원활하게 대화할 수 있는 의사소통(0.1875), 병원에 도착한 환자에게 신속한 치료를 제공할 수 있는 신속 치료(0.1285) 순으로 나타났다. 확신성에서는, 환자와 의료진, 그리고 구급대원에게 높은 안전성을 제공할 수 있는 능력을 의미하는 안전성(0.4279)이 가장 높았고, 미숙련자도 손쉽게 작동시킬 수 있는 조작 용이성(0.2285), 기사용 중인 응급이송 수단이나 의료기기 등과 함께 사용할 수 있는지를 의미하는 호환성(0.1932), 기존 제품보다 내구성이 우수하고 장시간 동안 가용할 수 있는지를 의미하는 내구성(0.1504) 순으로 나타났다. 공감성에서는, 세척 및 재충전 용이성을 의미하는 유지보수(0.3241)가 가장 높았고, 보증범위 및 보증기간이 적절한지를 의미하는 제품보증(0.2618), 사용자의 요구에 따라 다양한 옵션을 제공하는 사용자 맞춤화(0.2302), 짧은 시간 안에 제품 사용법을 손쉽게 습득할 수 있는 제품 매뉴얼(0.1839) 순으로 나타났다(Table 12).

Table 12. Priority of items

SERVQUAL factor	Priority (importance)				Consistency Ratio(C.R.)
	1st	2nd	3rd	4th	
Tangibles	Utility design (0.4888)	Usability design (0.2373)	Appearance fit (0.1487)	Technical fit (0.1253)	0.021
Reliability	Problem solving (0.3207)	Patient monitoring (0.2797)	Ease of treatment (0.2038)	Performance (0.1958)	0.007
Responsiveness	First aid (0.4802)	Patient alarm (0.2038)	Communication (0.1875)	Prompt care (0.1285)	0.002
Assurance	Safety (0.4279)	Operation (0.2285)	Compatibility (0.1932)	Durability (0.1504)	0.008
Empathy	Maintenance (0.3241)	Warranty (0.2618)	Customization (0.2302)	User manual (0.1839)	0.005

SERVQUAL 각 측면을 구성하는 세부요인의 응집성을 확인하기 위해 표준편차와 세부요인별 중요도의 분포를 시각화하여 비교 분석을 진행하였다. 그 결과, 유형성(SD=0.144), 반응성(SD=0.136), 확신성(SD=0.106)은 세부요인의 응집성이 상대적으로 낮은 것으로 판단할 수 있었다. 이는 유형성, 반응성, 그리고 확신성을 구성하고 있는 세부요인 간의 중요도 차이가 큰 것을 의미하므로, 중요도가 높은 세부요인으로 나타난 유용성 디자인, 응급처치, 안전성을 우선적으로 반영하여 제품을 개발해야 할 것으로 판단할 수 있다. 반면, 신뢰성(SD=0.052)과 공감성(SD=0.051)은 응집성이 비교적 높은 것으로 판단할 수 있었다. 이는 신뢰성과 공감성을 구성하고 있는 세부요인은 의료종사자가 입장에서 적절하게 구성되어 있음을 의미하고, 향후 개발 과정에 필수적으로 반영해야 할 요인으로 판단할 수 있다. 나아가, 해당 요인을 중심으로 안정적이고 고도화된 제품 개발이 가능할 것으로 기대할 수 있다(Figure 2).

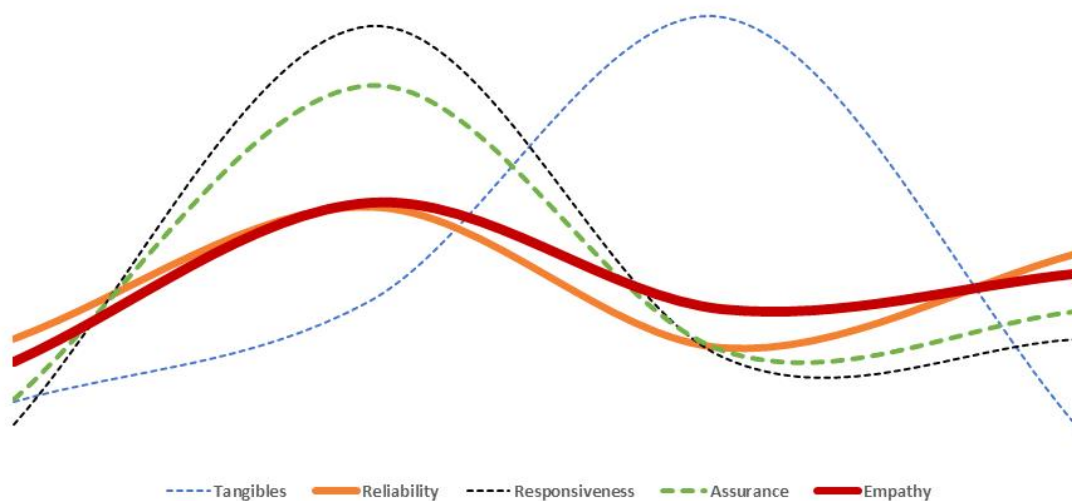


Figure 2. Cohesiveness of SERVQUAL

다음으로, SERVQUAL 측면별 2계층의 중요도 값의 최대와 최소의 차이를 기반으로 SERVQUAL 측면을 보다 세분화하여 제품 개발 시 우선적으로 고려해야 할 서비스 품질을 확인하였다. 그 결과, 상대적 중요도 최댓값이 최솟값의 300%를 상회하는 그룹 I에 유형성과 반응성이 확인되었고, 200%를 상회하는 그룹 II에는 확신성, 150%를 상회하는 그룹 III에 공감성과 신뢰성이 확인되었다. 이는 안정적인 제품 개발을 위해서는 신뢰성, 공감성, 확신성, 반응성, 유형성 순으로 우선적인 고려가 필요한 것을 의미하고, 그룹 I에 해당하는 세부요인은 전략적인 접근이 필요함을 의미한다(Table 13).

Table 13. SERVQUAL grouping

Group	SERVQUAL factor	Importance(max); 'A'	Importance(min); 'B'	'A / B' * 100 (%)
Group I	Tangibles	0.4888	0.1253	390.09
	Responsiveness	0.4802	0.1285	373.82
Group II	Assurance	0.4279	0.1504	284.57
Group III	Empathy	0.3241	0.1839	176.25
	Reliability	0.3207	0.1958	163.74

1계층에서 도출된 중요도와 2계층에서 도출된 중요도를 활용하여 종합적 중요도(%)를 산출하였다. 1순위 요인 그룹(Group I)은 문제해결(10.23%), 응급처치(9.78%), 환자 모니터링(8.92%), 유용성 디자인(7.96%)이었으며, 2순위 요인 그룹(Group II)으로는 안전성(7.60%), 처치 용이성(6.50%), 성능(6.25%), 유지보수(4.43%)가 나타났다. 3순위 요인 그룹(Group III)으로는 환자 정보(4.15%), 작동 용이성(4.06%), 사용성 디자인(3.87%), 의사소통(3.82%)이 나타났고, 4순위와 5순위 요인 그룹(Group IV, V)은 제품보증(3.58%), 호환성(3.43%), 사용자 맞춤화(3.15%), 내구성(2.67%), 신속 치료(2.62%), 사용자 메뉴얼(2.52%), 외형 적합성(2.42%), 기술 적합성(2.04%)이 나타났다.

1계층의 상대적 중요도 분석에서는 비교적 중요하지 않은 것으로 나타났던 유형성에 해당하는 유용성 디자인이 종합적 분석에서는 1순위 요인 그룹에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 의료종사자들이 제품의 외적인 측면에 대해 그 중요도를 다소 낮게 판단하고 있음에도 감염병 역제를 위한 제품의 구조적 특성에는 민감하게 반응하고 있다는 것을 의미한다. 또한, 현재 사용 중인 음압이송 카트의 외형적 설계가 감염병 역제에 다소 적합하지 못했거나 불편을 초래했을 수 있음을 미루어 짐작할 수 있다. 다음으로, 1계층에서 가장 중요한 것으로 나타남과 동시에 2계층 분석에서 응집도가 높았던 신뢰성에 해당하는 세부요인들은 종합적 분석에서도 상위권에 위치하고 있는 것으로 나타났다. 이는 향후 안정적이고 고도화된 제품 개발을 위해서 신뢰성 측면에 해당하는 세부요인을 우선적으로 고려해야 함을 재차 확인한 결과이다. 반면, 1계층에서 가장 중요하지 않았던 공감성에 해당하는 세부요인 중 유지보수의 경우 2순위 요인 그룹에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 기존의 음압이송 카트가 재사용을 위해 준비하는 과정에서 세척과 재충전을 위한 절차가 복잡하거나 소요 시간이 길었던 점에서 기인하는 결과임을 알 수 있다(Table 14, Figure 3).



**Table 14.** Comprehensive importance of AHP

Hierarchy 1		Hierarchy 2		Comprehensive importance(%); 'A×B'	Overall priority	
SERVQUAL factor	Importance(%); 'A'	Items	Importance(%); 'B'		Group	Rank
Tangibles	16.29	Appearance fit	14.87	2.42	V	19
		Usability design	23.73	3.87	III	11
		Utility design	48.88	7.96	I	4
		Technical fit	12.53	2.04	V	20
Reliability	31.90	Ease of treatment	20.38	6.50	II	6
		Problem solving	32.07	10.23	I	1
		Performance	19.58	6.25	II	7
		Patient monitoring	27.97	8.92	I	3
Responsiveness	20.38	Prompt care	12.85	2.62	V	17
		First aid	48.02	9.78	I	2
		Communication	18.75	3.82	III	12
		Patient alarm	20.38	4.15	III	9
Assurance	17.75	Durability	15.04	2.67	IV	16
		Safety	42.79	7.60	II	5
		Compatibility	19.32	3.43	IV	14
		Operation	22.85	4.06	III	10
Empathy	13.68	User manual	18.39	2.52	V	18
		Maintenance	32.41	4.43	II	8
		Customization	23.02	3.15	IV	15
		Warranty	26.18	3.58	IV	13

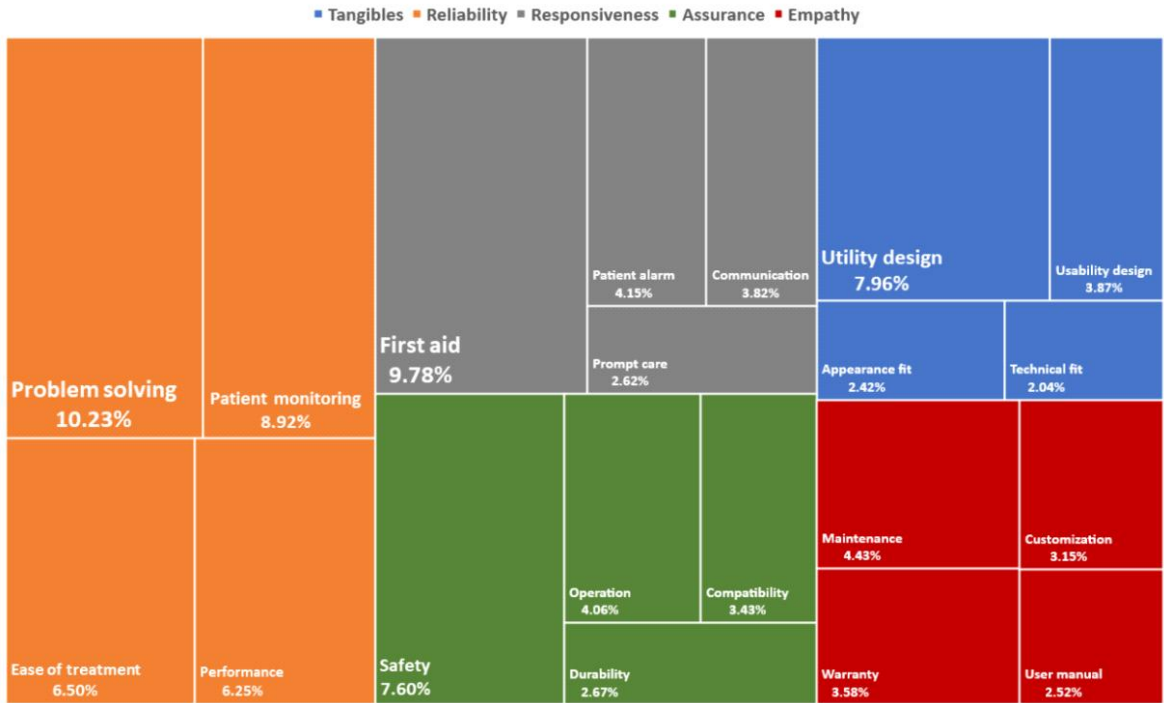


Figure 3. Tree map of comprehensive importance

## 5. 결 론

본 연구는 감염환자 이송업무에서 발생하는 의료진의 업무 피로도를 경감하고 감염으로부터의 의료진을 보호할 수 있는 고도화된 해결책인 감염환자 이송 로봇을 개발하고 제안하기 위한 기초자료 마련에 그 목적이 있다. 이를 위해 FGI 조사 방법을 사용하여 일선에서 감염병 환자의 이송업무를 수행하는 의료종사자들의 의견을 청취했고, 또한 SERVQUAL 모형을 기반으로 감염환자 이송 로봇의 의료서비스 품질을 측정하기 위한 기초적인 도구를 개발했으며, AHP 기법을 활용한 실증 분석을 통해 향후 감염환자 이송 로봇의 개발에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항들은 무엇인지 규명했다. 주요한 분석 결과와 이를 통해 도출할 수 있었던 주요 시사점들에 대해 논의하자면 다음과 같다.

먼저 FGI 조사 결과, 의료진들은 감염환자 이송 로봇의 개발 취지와 목적에 대해 대체로 긍정적인 반응을 보였다. 무엇보다도 감염병의 확실한 억제, 사람을 추종하는 반자동 주행기술의 접목, 원격으로 환자 상태를 관찰하는 기술이 긍정적인 반응을 이끌어냈다. 다만 의료진과 이송인력의 개입이 최소화되는 부분에서 발생할 수 있는 이슈들에 대한 우려도 존재하고 있었다. 원내의 복잡하고 불규칙한 상황들을 극복하는 과정에서 환자와 의료진의 안전을 보장할 수 있는지, 장비의 오류나 오작동을 신속하게 해결할 수 있을지에 대한 우려가 대표적이었다. 무엇보다 이송과정에서 환자의 안전이 최우선시되어야 한다는 공감대는 연구 전반의 과정에 걸쳐 확인할 수 있었다.

다음으로, AHP 분석을 통해 각 품질 영역 간 중요도를 분석한 결과, 향후 감염환자 이송 로봇을 개발하고 의료현장에 실제로 도입한다는 가정하에서 의료진이 가장 중요하게 생각하고 있는 요소는 다음과 같았다. 먼저 SERVQUAL 각 측면에 대한 상대적 중요도를 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 의료종사자들은 제품의 외적, 기술

적 측면보다 실사용 과정에서 감염환자를 보다 효과적이고 효율적으로 이송하고 처치할 수 있는지를 중요하게 생각하고 있었다. 둘째, 유형성, 반응성을 구성하는 세부요인은 상대적 중요도가 높은 요인과 낮은 요인이 극명하게 드러나기 때문에, 전략적인 선택이 필요하다. 반면, 신뢰성, 공감성, 그리고 확신성을 구성하는 세부요인 간의 중요도는 큰 차이가 나타나지 않기 때문에, 안정적이고 고도화된 제품 개발을 위해서라면 먼저 고려해야 할 대상이 된다. 종합적 중요도 분석 결과에 따르면, 감염환자 이송 로봇을 사용하는 도중에 발생할 수 있는 오류나 오작동에 대한 해결이 용이해야 한다는 의견이 많았다. 이는 감염환자 이송 로봇이 현재 의료현장에서 기사용 중인 이송 장비들과는 기술적으로나 그 성격적으로 다른 부분들이 있기 때문으로 판단된다. 따라서 제품 개발 과정에서 반복적인 테스트를 통해 기기 운용 시 발생할 수 있는 문제를 사전에 확인하고, 이를 해결하기 위한 프로토콜을 구체적으로 확립하는 것이 필요해 보인다. 다음으로는 이송 중인 환자에게 응급상황이 발생하였을 때 응급처치가 수월해야 한다는 의견이 많았다. 이는 기존 음압이송 카트 사용 시 환자 접근성이 매우 제한되어 처치가 수월하지 못했던 사용 경험에서 비롯된 것으로 보이므로, 향후 개발 과정에서 구체적인 논의가 필요할 것으로 판단된다. 다음으로 의료진의 개입이 최소화된 시점에서도 환자의 상태를 실시간으로 정확하게 관찰할 수 있어야 한다는 의견이 많았다. 기존 방식에서는 의료진이 이송 중인 환자의 상태를 직접 확인하였으나, 감염환자 이송 로봇은 원격으로 환자의 상태를 확인하여 의료진에게 실시간으로 전달하고 경고하기 때문에 역할 간소화와 함께 업무 효율성을 추구할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 환자에게 부착된 센서 장비류가 측정 정확도나 안전성 측면에서 기준치에 부합해야 의료현장에서 거부감 없이 수용할 수 있으므로, 개발 과정에서 공신력 높은 인증제도를 거쳐야 할 것으로 판단된다. 다음으로는 음압 클린룸의 감염병 억제 능력이 기본적으로 담보돼야 한다는 의견이 있었다. 현재 사용 중인 음압이송 카트는 감염병을 억제할 수 있는 음압기와 필터가 부착되어 있음에도 감염의 우려 때문에 모든 이송과정에서 이송인력이 Level D에 준하는 개인 보호장비를 착용해야만 했다. 이로 인해 업무 피로도의 가중은 물론, 환자 처치 시 활동의 제약이 동반됐다. 만일 본 연구에서 개발 중인 음압 클린룸의 성능이 감염병의 위험을 높은 신뢰 하에서 통제할 수 있는 기준치에 도달한다면, 감염병 환자 이송과정 내 처음과 마지막을 제외한다면 이송인력의 개인 보호장비를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 SERVQUAL을 접목한 전문가 집단 인터뷰를 통해 감염환자 이송 로봇에 대한 서비스 품질 측정 도구를 개발하고자 한 최초의 시도라는 점, 그리고 AHP 분석을 통해 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질 요소의 상대적 중요도를 실증적으로 확인하였다는 점에서 의의가 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째, 본 연구는 일개 병원의 의료종사자만을 대상으로 AHP 조사를 진행하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 결과를 일반화하는 데에는 다소 제한이 있을 수 있다. 향후에는 조사대상의 범위를 보다 확대한 반복 연구와 본 연구에서 제시한 측정 도구의 타당성을 검증하기 위한 후속 연구가 수행돼야 할 것이다. 둘째, 본 연구에서 제시한 감염환자 이송 로봇의 서비스 품질에 대한 의료종사자들의 인식조사 결과는 해당 기기를 실제로 사용해 본 사용자들의 인식조사 결과가 아니라는 점이다. 따라서 본 연구에서 나타난 의료종사자들의 인식과 실제로 감염환자 이송 로봇을 구동하고 경험하는 과정에서 의료종사자들이 느끼는 인식 간에 차이가 존재할 가능성을 배제할 수 없다. 향후에는 실제로 기기를 사용하면서 느끼는 사용자의 인식을 규명하려는 시도가 이뤄져야 할 것이다.

감염환자 이송 로봇은 기존에 전례가 없었던 사례이므로, 서비스 품질에 대한 구체적 정립과 수치화에는 아직까지 많은 제한점이 존재한다. 따라서 감염환자 이송 로봇을 주제로 한 후속 연구가 보다 활발히 진행될 필요가 있다. 향후 연구에서는 기존에 사용 중인 음압이송 카트와의 성능 비교가 진행돼야 할 것이며, 이송인력의 실질적인 피로도 측정과 유용성(Usability) 개선에 대한 비교 연구가 추진돼야 할 것이다. 또한 병원 내부에서의 육상 이송에만 국한되지 않고, 병원 외부환경에서의 육상 및 공중 이송수단까지 포괄했을 시 감염환자 이송 로봇이 갖는 차별성은 무엇인지 포착하기 위한 연구가 이뤄져야 할 것이다. 보다 다양한 실증연구들을 통해 감염환자 이송 로봇에 대한 객관적

이고 신뢰성 있는 분석결과들이 축적된다면 의료분야 일선에서 로봇의 활용범위가 증대되고 도입이 촉진되는 계기로 작용될 수 있을 것이며, 또한 이러한 연구들이 의료기기 제조와 품질관리 기준에 따른 GMP인증 및 의료기기 인증 등의 후속 절차를 진행하는 것에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 본 연구가 이러한 후속연구를 위한 소중한 기초자료로써 널리 활용될 수 있기를 기대한다.

## REFERENCES

- AETHEON PRODUCTS, TUG T3 Datasheet. Available from: <https://aethon.com/products/>.
- Alam, M., Parveen, R., Khan, I. R., and Hamdard, J. 2020. Role of information technology in COVID-19 prevention. *International Journal of Business Education and Management Studies* 5(1):65-78.
- Al-Jabir, A., Kerwan, A., Nicola, M., Alsafi, Z., Khan, M., Sohrabi, C., and Agha, R. 2020. Impact of the Coronavirus (COVID-19) pandemic on surgical practice-Part 2 (surgical prioritisation). *International Journal of Surgery* 79:233-248.
- Baek, C. H., Choe, J. H., & Lim, S. U. (2018). Review and suggestion of characteristics and quality measurement items of artificial intelligence service. *Journal of Korean Society for Quality Management*, 46(3):677-694.
- EpiGuard EpiShuttle, EpiShuttle Brochure. Available from: <https://epiguard.com/epishuttle/>.
- Gold, J. 2016. R2D2's next assignment: hospital orderly. [cited 2016 March 4]. Available from: PBS(<https://www.pbs.org/newshour/health/meet-the-r2d2-of-hospital-technology>)
- Han, S. H., Kim, S. R., Cha, K. S., Son, H. J., Shin, M. J., Choi, J. R., and Choi, J. Y. 2020. Infection Control during Surgery for Patients with Confirmed or Suspected Coronavirus Disease-19. *Korean Journal of Healthcare-Associated Infection Control and Prevention* 25(1):4-10.
- HYULIM temi, temi: The Personal Robot Specs. Available from: <http://hyulim-store.com/Shop/?idx=155>.
- Im, E. S. 2006. Analytic Hierarchy Process (AHP) - Making Rational Decisions at a Crossroads. *Planning and Policy* 294:128-135.
- Jang, H., Song, C., and Ryu, S. C. 2021. A Perspective on Surgical Robotics and Its Future Directions for the Post-COVID-19 Era. *Journal of Korea Robotics Society* 16(2):172-178.
- Kent, C. 2021. EpiShuttle: launching a next-gen patient isolation pod. [cited 2021 Sep 3]. Available from: Medical Device Network(<https://www.medicaldevice-network.com/features/epishuttle/>).
- Khan, Z. H., Siddique, A., and Lee, C. W. 2020. Robotics utilization for healthcare digitization in global COVID-19 management. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(11):3819.
- Kim, K. K., Choi, J. S., Kim, J. S., Lee, W. S., Kim, S. K., and Kwak, S. N. 2021. Development of AIDBOT, a Self-Driving Quarantine Robot in Korea. *Korea Robotics Society Review* 18(2):3-10.
- Kim, S. H. and Cho, Y. J. 2021. Development Trends and Use Cases of Medical Service Robots: Focused on Logistics, Guidance, and Drug Processing Robots. *Journal of Digital Convergence* 19(2):523-529.
- Kim, Y. S. 2016. Literature Review on the Service Quality in KSQM for 50 years. *Journal of Korean Society for Quality Management* 44(2): 265-274.
- Moon, J. E. and Cho, Y. J. 2021. Healthcare Robots in the New Normal era: Outlook for the Post-Corona era. *Journal of Digital Convergence* 19(2):509-514.
- NKsystems Portable Isolation Bed under Negative Pressure CID-2000S, Specifications. Available from: [http://nkssystem.sixcore.jp/en/t/e\\_cib-2000s.htm](http://nkssystem.sixcore.jp/en/t/e_cib-2000s.htm).

- No, G. C. 2021. Managing COVID-19 in Healthcare Facilities – Air Pollution and Infection Control in Healthcare Facilities. *Air Cleaning Technology* 34(2):1-13.
- Park, B. H., Lee, D. W., and Kim, Y. S. 2005. Measuring Service Quality of Management Consulting. *Journal of Korean Society for Quality Management* 33(3):47-58.
- Saaty, T. 1980. *The analytic hierarchy process: planning, prioritising, resource allocation* [M]. New York.
- Tang, Q. F. and Lee, H. S. 2019. The Effect of Airport Service Robot Service Quality on Airport Image. *Journal of the Aviation Management Society of Korea* 17(4):79-93.
- TWINNY Target follow product, TarGO100. Available from: <https://twinny.ai/targo#none>.
- You, H. J. and Do, J. H. 2019. Healthcare service robot. KISTEP.

## 저자소개

- 최현철** 경희대학교에서 의료경영학 석사학위를 취득하고 동대학에서 의료경영학 박사과정을 수료하였다. 주요 관심 분야는 의료 인공지능, 의료 빅데이터, 머신러닝 기반 예측모형 개발 및 이상징후 탐색, 의료서비스 품질관리, 병원경영 효율성 제고, 평가 지표개발 등이다.
- 서슬기** 경희대학교에서 의료경영학 석사학위를 취득하고 동대학에서 의료경영학 박사과정을 수료하였다. 주요 관심 분야는 의료 조직 전문화, 환자중심 의료시스템, 의료정보기술 도입, 의료기관의 공익성, 의료기관의 재무성과, 의료 질 관리 등이다.
- 권재용** 경희대학교에서 의료경영학 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 의료기관 인적자원관리, 의료서비스 커뮤니케이션, 병원경영 등이다.
- 박상찬** 서울대학교 경영학 학사, 미네소타대학 MBA, 일리노이대학교 경영학 박사 학위를 취득하였다. 위스콘신대학교 경영대학 조교수, KAIST 산업공학과 교수, 경희대학교 경영대학 학장을 거쳐 현재 한국뉴욕주립대학교 기술경영학과에서 학과장으로 근무 중이며, 주요 관심분야는 AI 빅데이터, 배터리, 신재생 에너지, Robotics, 유통물류, 의료경영, 데이터 거버넌스 등이다.
- 장혜정** 서울대학교 학사, 아이오와대학교 석사, 일리노이주립대학교에서 Quantitative Psychology 박사 학위를 취득하였다. Memorial Sloan-Kettering Cancer Center 조교수, 한국보건산업진흥원 수석연구원을 거쳐, 현재 경희대학교 경영대학 학장으로 근무 중이다. 주요 관심 분야는 계량분석 방법론, 빅데이터분석, 데이터사이언스, 경영커뮤니케이션, 의료정보학 등이다.