

합리적 기술 활용이 연구개발에 미치는 영향: 의료기기 개발 사례를 중심으로

민혜숙¹ · 박지은² · 김창엽²

¹국립중앙의료원 공공보건의료연구소, ²서울대학교 보건대학원 보건정책학연구소

The Impact of Technology Utilization on Health Research and Development: Case Studies of the Development of Medical Device

Hye Sook Min¹, Ji Eun Park², Chang-Yup Kim²

¹Research Institute of Public Healthcare, National Medical Center; ²Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul, Korea

Background: Based on that the key function of health technology is improving the quality of healthcare services, our study purports to explore the process of medical device development in detail and to discuss its policy implications.

Methods: A total of 12 in-depth interviews were conducted with four groups of industry, hospital, academia, and civil society. All of the interviewees except those from civil society were involved in the new medical device development between 2009 and 2018. We performed a text network analysis and content analysis of the interview data.

Results: The frequency and the degree centrality rankings suggested a close association between the utilization issue and the technology development. Similarly, the results of the content analysis showed that the appropriate intervention in the utilization of technology has a direct impact on the progress of development. Under the continuous industrial effort to boost profits by developing new technology, service providers and citizens should be knowledgeable of and make good use of the new technology for the provision of better services.

Conclusion: As the development itself would not guarantee the improvement of service quality and better health outcomes, health technology policies should take a more comprehensive view to serve the unmet needs and even to facilitate the technology development.

Keywords: Technology; Medical equipment; Research; Health policy

서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

의료기술의 발전은 삶의 질 향상과 질병의 치료에 기여하지만, 다른 한편으로는 인구 고령화, 소득 증대 등과 더불어 의료비 지출을 증가시키는 주요 요인이다. 최근 연구결과에 의하면, 의료기술의 발전은 1980년 이후 30년간 경제협력개발기구(Organization for Economic

Cooperation and Development) 18개국 의료비 지출 증가의 약 43%를 설명하는 것으로 추정된다[1]. 또한 2007-2060년의 기간 동안 유럽 국가에서 의료기술 변화는 인구 고령화에 비해 공공부문 의료비 지출 증가에 두 배 이상 영향력을 가지는 것으로 예측된 바 있다[2].

보건의료 재정과 건강 결과에 대한 기술의 영향력이 큰 만큼 의료 기술의 빠른 변화와 개발 관련 이슈에 대한 사회적 관심도 점차 증대해 왔다. 그동안 국내에서 수행된 기술 관련 연구와 검토는 주로 기술

Correspondence to: Chang-Yup Kim
Department of Preventive Medicine, Graduate School of Public Health, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea
Tel: +82-2-880-2721, Fax: +82-2-880-2707, E-mail: cykim@snu.ac.kr
Received: October 28, 2020, Revised: March 2, 2021, Accepted after revision: May 12, 2021

© Korean Academy of Health Policy and 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도입과 확산과정에 대한 것이었는데, 이는 기술 도입과 확산이 국가 건강보험의 재정 지속성과 관련이 깊기 때문이었다. 대표적으로 1990년대에는 고가 진단기기의 과잉 공급과 분포의 불균형, 관련 서비스의 질 관리 등에 대해 집중적으로 논의가 이루어졌고[3], 기술의 안전성 및 유효성, 보험급여 여부의 결정 등 기술 도입단계의 합리성 검토가 뒤를 이었다[4]. 그러나 의료기술분야 중 의료행위에 비해 의약품과 의료기기에 대한 세부 논의는 많지 않았으며, 기술 관련 규제 합리성 강화, 모니터링 확대 등 기술 관리에 관한 논의도 활성화될 필요성이 있었다[3-5]. 또한 의료기술의 개발단계를 중심으로 기술의 전주기적 쟁점과 이슈를 폭넓게 다루지 못한 점, 의료기술 개발과 응용의 통합적 관점이 부족했던 점 등은 국내 의료기술 논의의 한계로 지적된 바 있다.

의료기술의 연구개발단계는 기술의 전 주기 시작점으로, 의료기술에 대한 국내의 공적 연구개발 지원액은 2016년 예산 기준 약 1.5조 원에 달한다[6]. 연구개발 재정 지원의 목표는 신규 의료기술 개발을 통해 국민 건강수준을 향상시키고 관련 산업을 발전시키는 것이나, 보건의료체계의 성과 측면에서는 기술 산업화가 건강증진의 결과로 반드시 이어지는 않는다는 점에 유의해야 한다[7]. 산업화 가능성이 높은 기술이라 하더라도 기술의 임상적 필요에 비해 개발비용이 과다할 수 있고, 예방보다는 치료 중심의 기술 개발에 치중하거나 개발활동이 미진한 분야에서 기술의 미충족 필요가 발생할 수 있기 때문이다. 즉, 기술 개발이 가지는 경제적 효과와는 별개로, 기술의 비용효과성과 혁신성, 성과에 대한 보편적 접근성 등에 초점을 맞추어 의료기술의 개발 방향을 면밀히 검토할 필요가 있다.

의료기술 외 타 과학기술 개발분야에서는 이미 개발과정에서 기술의 활용과 관련된 논의가 진행되어 왔는데, 새 기술에 대한 접근성을 높이기 위해 개발단계에서 적극적으로 현실적 필요를 반영하는 기전을 마련하거나, 개발과정에 대한 정보를 대중에게 공유하고 개방성을 높이는 방안 등이 제시되었다[8]. 의료기술분야는 타 분야에 비해서도 개발과정에 대한 다양한 이슈 제기가 각별히 필요하며, 이는 기술 개발의 결과가 건강보험 재정이나 서비스 제공 등 다른 보건의료체계의 구성요소와 상호작용하여 전체 체계의 성과에 심대한 영향을 미치기 때문이다. 따라서 의료기술 개발의 변화와 방향이 보건의료체계의 목표와 조화롭게 설정되었는지 여부를 점검하고 검토하는 과정은 반드시 필요하다고 할 수 있다. 제도적 측면에서 기술의 개발과 도입, 확산은 긴밀히 연결된 연속과정으로 일단 개발된 기술은 시장에 진입하려는 강한 동력을 가지게 되므로, 개발단계에 대한 면밀한 검토는 기술의 합리적 도입 및 확산을 위한 근거 축적에 도움이 된다[4].

의료기술 개발에 대한 논의는 개발의 현황조사를 기반으로 개발과정의 특성을 기술하고 분석하는 데서 출발한다. 상세한 실태 파악을

위해서는 개별 사례에 기반한 세부활동의 미시적 분석이 필요하나, 그동안 의료기술 개발의 현황분석은 공개자료와 문헌을 활용해 전체적인 산업동향을 파악한 내용이 대부분이었다. 사례에 기반한 경험적 분석과 고찰은 개발 전개과정의 특성을 상세히 드러내어 동향분석으로는 알기 어려운 구체적 문제점을 파악할 수 있으며, 보다 실용적이고 현실에 부합하는 정책적 근거를 제공할 수 있는 장점이 있다.

의료기술 개발의 진행에는 기술의 임상적 필요라는 개발의 당위성뿐 아니라 개발자 간 상호작용, 다양한 사회집단의 이해관계, 국가 정책과 자본의 흐름 등 여러 층위의 영향요인이 존재한다. 의료기술 개발이 서비스의 질 향상과 보건의료체계의 성과 개선을 목표로 한다는 전제하에, 본 연구에서는 개발의 다양한 영향요인을 염두에 두고 의료기기 개발과정의 특성과 방향을 탐색하고자 하였다. 심층면담으로 얻은 개발 참여자의 행위와 개발과정의 상세를 정리하고, 이를 기반으로 보건의료기술 개발에 대한 정책적 시사점을 논의한다.

2. 의료기술 개발에 대한 이론

기술의 주기는 일반적으로 연구개발기, 시장 도입기, 본격적 확산과 활용기, 쇠퇴기 및 후속기술 개발기로 나뉜다[9,10]. 일반적인 기술 개발의 경로와 기제에 대한 설명으로는 대표적으로 기술혁신이론과 혁신모델을 들 수 있다[11]. 초기 혁신모델에서는 혁신의 주된 원동력을 기술과 지식의 변화나 시장 수요의 변화로 보는 기술주도(technology-push) 혹은 과학 주도(science-push), 필요 견인(need-pull) 혹은 수요 견인(demand-pull)의 선형모델을 제안했다. 기술주도모델에서는 과학기술의 발전에 따라 새로운 제조와 생산, 신제품의 시장 공급이 연쇄적으로 이루어져 혁신이 일어난다고 보며, 필요 견인 모델에서는 필요나 시장의 수요가 기술혁신을 유발하는 것으로 본다. 두 모델을 결합하여 발전시킨 상호작용(interactive) 모델에서는 과학기술의 발전과 소비자의 수요가 다양한 사회경제적 요인과 상호작용하는 과정에서 산업계의 이윤 증대 기회가 도출될 때 기술혁신이 이루어진다고 보았다. 혁신을 위해서는 기술 개발 주체 간의 공식적 혹은 비공식적인 협업과 조직, 잠재적 학습능력, 제도적 조건, 문화적 요인 등의 역동적 상호작용이 가능해야 한다. 실제 미국의 기술 개발은 크게 (1) 산업계와 학계의 긴밀한 연결, (2) 기술 관련 재산권에 대한 보호정책 시행의 두 요인이 기술 개발을 효과적으로 촉진하였다고 평가된다[12]. 그 외 의료기술 주기에 관한 이론은 주로 기술 확산에 대한 내용이 많고, 연구개발기에서 의료기술의 특수성에 초점을 두고 개발의 특성과 영향요인을 체계적으로 정리한 내용은 찾아보기 어렵다.

기술 개발규모의 확대, 혁신성 향상 등으로 새 기술의 출현이 가속

화하는 경우 기술을 빨리 개발하여 출시하고 판매를 확대하고자 하는 산업계의 경제적 동기는 더 강화된다. 기술 개발은 신속한 도입과 확산에 대한 압력으로 작용하며, 기술 도입을 위한 평가의 신속성과 규제 완화에 대한 요구도 함께 증대된다[4]. 새 기술을 도입한 의료공급자나 의료기관의 경우에는 기술 사용량을 늘려 구매와 운영의 고정비용을 줄이고 평균비용을 최소화하려는 재정적 동기를 갖게 되므로, 의료기술의 공급은 다시 수요를 창출하는 경향을 보인다[13]. 즉 기술 개발의 양적 확대와 기술 주기의 전개는 기술 내용과 독립적으로 경제적 동기에 의해 확산의 촉진요인으로 작용할 수 있다.

3. 선행연구 검토

보건의료기술 연구개발분야에서 동향과 전망 분석이 아닌 실증연구는 매우 드물다. Weisbrod [14]는 타 기술과 마찬가지로 의료기술의 개발도 축적적, 연속적 과정으로 인식되나, 혁신성이 높은 기술은 비교적 단절적으로 출현한 사례가 많아 기술 개발의 예측이 용이하지 않다고 하였다. 기술 주기의 비교적 초기 단계의 영향요인에 대해 Mytton 등[15]은 새로운 기술의 편익과 시장성, 개발비용 규모, 기술에 대한 규제와 평가체계, 시장의 진입장벽 등이 의약품과 의료기기 주기에 영향을 미친다고 하였다. 기술의 혜택과 시장성이 클수록 기술의 주기 전개가 가속화하고, 개발비용과 시장 진입장벽이 높을수록 주기 전개는 지연된다. 기술에 대한 평가가 합리적이고 신속하지 않다면 가치 있는 기술의 도입이 지연되고 기술 주기는 왜곡될 것이다. 최근 IJerman 등[16]은 실증 문헌고찰을 통해 연구개발단계에서

의 조기 경제성 평가가 합리적 기술 개발과 확산에 기여할 수 있고, 다양한 이해관계자에게 기술의 잠재적 가치에 대한 계량적 정보를 제공하여 기술의 시장경쟁력에 대한 조기 위험관리와 보험 재정관리에 도움이 될 것이라 제안하였다.

방 법

1. 연구대상자 선정

의료기술은 대체로 실생활에서 접할 수 있는 의료기기, 의약품 등을 의미하나 이론적으로는 의학 관련 지식과 정보의 측면, 지식이나 인공물을 체계화하고 조직화하는 공학적 측면, 기술을 실천하는 행위의 세 측면을 모두 포괄하는 개념이다[17]. 본 연구에서는 의료기술의 범위 중 (1) 특정 인공물로 존재하여 가시적 접근성이 높고 조사분석이 비교적 용이한 점, (2) 의료기술산업과 관련된 영향요인을 직접 파악할 수 있는 점, (3) 생명공학과 정보통신 등 신기술을 활용한 최근 연구개발 동향을 잘 드러낼 수 있다는 점에서 의료기기의 개발을 연구대상으로 선정하고, 2009년에서 2018년까지 개발이 완료되었거나 2018년 현재 개발 중인 의료기기 개발과정을 조사했다.

의료기기 연구개발의 구조, 절차, 영향요인을 파악하기 위해 총 12명의 전문가와 시민을 대상으로 2018년 5월부터 2018년 8월까지 대면(face to face) 심층면담을 진행했다. 다면적 분석을 위해 의료기기 개발과 직간접적 연관성이 있는 전·현직 의료기기 산업계 종사자 4명,

Table 1. The categories of the semi-structured questionnaire for in-depth interview

Category	Research question includes	Interview question includes
Understanding of technology	- Type of technology - Utilization of technology - Benefits of technology for service users	- Understanding of technology principle - Pros and cons of technology - History and background of technology - Direct and indirect benefits of technology for service users - Etc.
Features of technology development process	- Initiation and progress of technology development - Factors influencing technology development	- How the technology development begins - Purpose of technology development - Process of technology development - Promoting and inhibiting factors in the technology development process - Event experience in the technology development process - Etc.
Interests in technology development	- Stakeholders' interests - Cooperation and connection between stakeholders	- The role of the participant in the technology development - Interests, attitude, roles of various stakeholders - Interaction between stakeholders - Factors influencing interests of stakeholders - Etc.
Perspective on technology development	- Industrial prospect on technology - View on use and impact of technology in service provision	- Short-term and long-term effect of technology - View on risk and regulation of technology - View on introduction and application of technology in the healthcare system - Etc.

학계 개발자 3명, 의료서비스 공급자 3명, 시민 2명을 유의적 표집(purposive sampling) 및 눈덩이 표집(snowball sampling)을 통해 확보했다. 시민 2인을 제외한 면담참여자는 2009년에서 2018년까지 1회 이상 의료기기 연구개발 과정에 직접 연구 및 개발, 협업, 투자, 관리, 경영 등의 형태로 참여했거나 같은 기간 개발된 최신 기기의 사용 경험이 있는 전문가로 선정했고, 시민 2명은 의료기기의 최종 소비자 및 시민사회의 입장에서 연구개발을 바라보는 관점을 반영하고자 선정했다. 면담 질문지의 구성은 이해관계자 그룹을 대상으로 의료기술의 형성과정을 조사한 기존 반구조화 질문지의 기본 골격을 활용했으며[18], 기술 개발과정의 전개에 따라 신규 기술내용의 이해, 기술 개발과정의 특징과 영향요인, 기술 개발과정의 이해관계, 기술 개발의 전망 등 네 분야로 나누어 면담을 진행했다. 기술 개발과정에 대한 면담참여자가 연구개발과정의 전체 내용을 상술할 수 있도록 면담 전개에 따라 자유로운 질문과 응답이 추가적으로 이루어졌다(Table 1).

2. 면담내용의 분석

면담내용의 체계적 분석을 위해 면담내용을 단락(paragraph) 단위로 나누고, 질문지의 카테고리 및 하위 카테고리에 따라 단락을 분류했다. 먼저 주 연구자가 면담의 전체 내용을 반복적으로 읽고 단락을 나누는 후, 질문지의 카테고리에 따라 단락을 분류하고 분류된 그룹 내에서 단락의 주된 내용을 다시 귀납적으로 정리했다. 다른 연구자는 무작위로 전체 단락의 10%를 대상으로 같은 과정을 독립적으로 반복한 후 두 결과를 비교하여 분류기준을 조정했다. 연구자 간의 의견이 일치하지 않는 단락 나눔이나 단락의 분류, 주된 내용 파악에 대해서는 논의를 거쳐 합의에 도달하는 반복과정을 거쳤다.

본 연구에서는 면담내용의 체계적 분석을 위해 텍스트 네트워크분석을 수행했다. 텍스트 네트워크분석은 각 용어 혹은 개념의 의도적 배열체인 텍스트를 대상으로 개념 간 연결관계를 조사하고 연결 네트워크를 추출하여, 텍스트의 명시적 의미보다는 행간의 의미 혹은 내재적 의미를 도출하는 데 유용하다[19]. 텍스트 내 출현 빈도가 높은 개념과 타 개념과 높은 빈도로 연결된 개념을 파악하여 전체 텍스트의 개괄적 의미를 이해하는 데 도움이 되며, 텍스트 해석에서 연구자의 주관과 오류를 배제할 수 있는 장점이 있다. 그러나 텍스트 네트워크분석을 통한 문맥의 파악은 내재적 의미 추정에 불과하므로, 대상 내용의 명확한 의미파악을 위해서는 구체적인 문맥에 대한 내용분석과 병행하는 것이 도움이 된다. 먼저 한국어 텍스트 분석프로그램인 KrKwic 소프트웨어를 사용하여 면담내용의 단락을 대상으로 전체 내용에서 사용된 총 1,193개의 용어를 도출했다. 용어 목록 중 내용과 무관하거나 분석에 영향을 주지 않는 중립어(때, 곳, 일 등)나 조사 등 불용어, 특정 기술내용을 드러내는 기술명이나 고유명사 등은 제외

했다. 이후 분석을 위한 탐색적 접근을 위해 용어 목록을 출현 빈도별로 도출하여 면담내용에서 높은 빈도로 사용된 용어를 조사한다. 또한 최종 선정된 용어 목록을 KrText 프로그램에 투입하여 각 용어가 동시에 출현한 빈도를 나타내는 공출현(co-occurrence) 매트릭스를 산출한 후, 이를 다시 네트워크분석 소프트웨어인 Ucinet에 투입하여 공출현 매트릭스의 연결중심성 값을 산출했다. 연결중심성은 한 용어와 공출현하는 다른 용어의 수가 많을수록 텍스트의 개념 네트워크 내 해당 용어의 중요도가 높다는 가정하에 공출현 용어의 수를 측정하는 것으로, 해당 용어와 공출현하는 다른 용어의 수가 많을수록 용어의 연결중심성 지수는 높은 값을 나타낸다. 이후 Netdraw 소프트웨어를 활용하여 용어 간 일원모드 네트워크 분석지도도를 작성했다. 네트워크 지도에서 각 노드는 텍스트의 각 용어 혹은 개념이며, 용어 혹은 개념 간 연결관계는 노드를 잇는 선에 해당한다. 해당 용어의 연결중심성이 높을수록 용어 노드의 크기가 크고 두 용어 간 동시출현 빈도가 높을수록 용어 간 연결선은 굵게 표시된다.

결 과

1. 대상 개발 사례의 일반 현황

본 연구의 면접조사에 포함된 의료기기의 개발 사례는 총 8예로, 조사 시점에서 개발 중인 기술이 4예, 개발 완료 후 이미 활용되고 있거나 도입 중인 기술이 4예였다. 이 중 국내에서 최초 시작 단계부터 개발을 진행한 사례는 6예였으며, 6예 중 산업계 개발인 경우가 3예, 학계 개발인 경우가 3예였다. 기술내용에서는 병원 등 보건의료기관에서 서비스 공급자가 서비스 제공에 활용하는 기술이 5예, 일반 대중이 직접 활용하는 기술이 3예였다.

2. 텍스트 네트워크분석

면담내용의 전체 단락을 통합하여 분석한 결과, 출현 빈도가 높았던 용어는 순서대로 사람, 회사, 생각, 기술, 환자, 수술, 병원, 의사, 필요, 돈 등이었다. 의료기기의 주요 사용자인 사람, 환자, 병원, 의사 등과 연구개발 과정에 필요한 사람, 회사, 기술, 돈, 데이터 등의 출현 빈도가 높았다(Table 2).

연결중심성 지수가 높은 순서는 순서대로 사람, 기술, 환자, 생각, 회사, 의사, 수술, 병원, 연구, 필요 등이다. 전반적으로 새 기술이 사용되는 서비스와 활용에 관련된 용어(사람, 환자, 의사, 수술, 병원, 필요 등)와 개발과정과 관련된 용어(사람, 기술, 생각, 회사, 연구) 등의 연결중심성이 높았다. 연구, 부작용, 사업 등은 연결중심성 순위가 출현 빈도에 비해 5순위 이상 높았다.

Table 2. Top 20 ranking of degree centrality with the frequency of occurrence

Keyword	Degree centrality		Frequency of occurrence	
	Ranking	Index	Ranking	No. of frequency
People	1	0.263	1	144
Technology	2	0.170	4	83
Patient	3	0.168	5	78
Idea	4	0.159	3	84
Company	5	0.154	2	89
Doctor	6	0.139	8	49
Surgery	7	0.134	6	71
Hospital	8	0.128	7	56
Research	9	0.112	17	20
Need	10	0.092	9	40
Development	11	0.083	11	35
Adverse effect	12	0.080	17	20
Business	13	0.072	26	15
Data	14	0.071	12	32
Money	15	0.070	10	36
Stance	16	0.062	14	21
System	17	0.062	17	20
Judgement	18	0.058	24	16
Issue	19	0.054	14	21
Help	20	0.053	14	21

연결중심성 순위가 높은 용어의 공출현 용어를 살펴보면, 사람은 다수의 용어와 공출현했으나, 특히 순서대로 생각, 기술, 환자, 회사, 의사, 병원, 부작용, 연구, 필요 등과 공출현 빈도가 높았다. 환자는 사

람, 의사, 병원, 생각, 기술, 시스템, 수술 등과, 회사는 사람, 연구, 기술, 사업, 생각, 특허, 투자 등과 공출현 빈도가 높았다. Figure 1은 위의 자료를 기반으로 작성된 네트워크 지도이다.

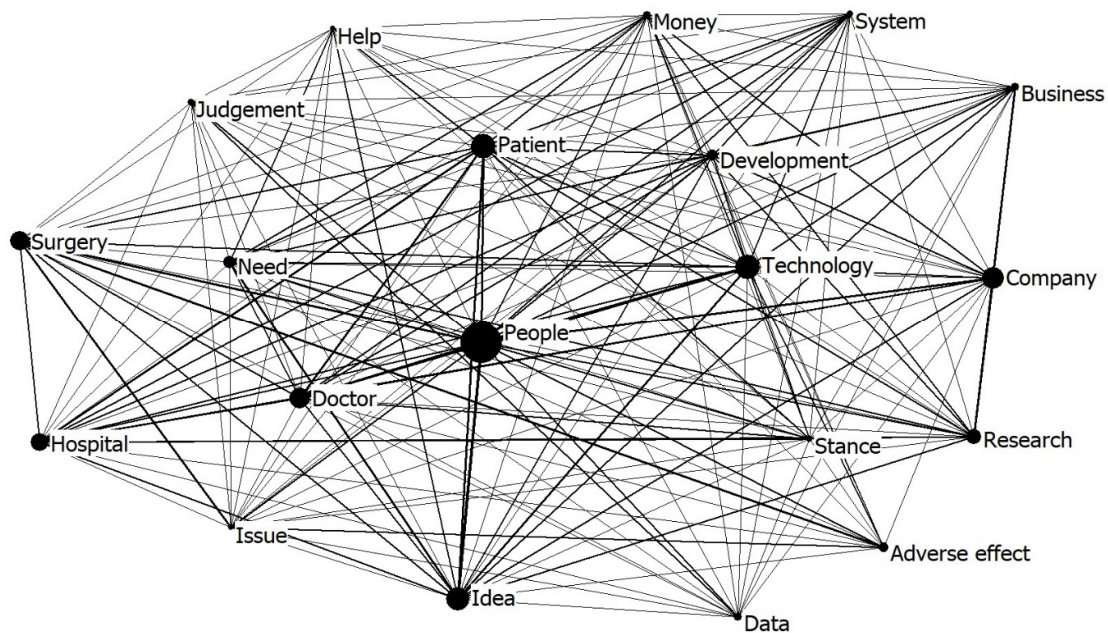


Figure 1. One-mode network analysis graph with degree centrality of top 20 keywords.

3. 카테고리별 단락 및 내용분류

기술 개발에 대한 내용의 전체 단락 개수는 총 270개로, 카테고리별 단락 수는 기술내용의 이해 48개(17.7%), 기술 개발과정의 특징 137개(50.7%), 기술 개발의 이해관계 38개(14.1%), 개발의 전망과 관점 47개(17.4%)였다(Table 3). 카테고리 내부 하위 카테고리에 따른 주된 내용의 분류는 Table 3과 같으며, 전체적으로는 기술 개발과정의 특징 중 영향요인에 대한 내용이 가장 많았다(107/270, 39.6%) (Table 4).

기술내용의 이해에서는 새 의료기기의 편익과 활용에 대한 단락(39/48, 81.2%)이 가장 많았다. 기술의 편익으로는 비용절감, 서비스 질의 향상, 편리함과 빠른 회복 등 임상적 효과, 형평성 향상 등이 언급되었다. 기술에 따라서는 새 기술이 오히려 비용부담을 증가시키거나 비용효과성이 저하될 우려도 있었다. 면담참여자들은 기술의 적절한 활용을 위해 합리적 서비스 공급자의 역할이 중요하고, 기술내용과 관계없이 새 기술이라는 인식 자체가 기술활용을 촉진할 수 있다고 보았다.

기술의 개발과정에서 기업 내 개발을 시작하고 추진하는 데 가장 중요한 고려요인은 이윤창출의 가능성과 그 예상 규모였고, 기술 개발자 입장에서는 긴급한 임상적 필요나 개발자의 이해관계도 주요 요

려요인이었다. 개발의 영향요인으로 가장 많이 언급된 것은 새 기술 개발 및 활용에서 부딪히는 구조적 문제였으며, 이를 개선하기 위해서는 적절한 정책적 개입과 제도 보완이 필요했다. 대표적으로 (1) 새 기술에 대한 고려가 없는 건강보험 급여제도와 수가정책, (2) 기술의 도입 근거가 불분명하여 새 기술에 대한 정보가 미진한 점, (3) 기술활용에 있어 합리적 서비스 공급자의 역할이 부족한 점, (4) 법제도적 규제가 엄격하거나 비합리적인 점, (5) 필요하지만 개발활동에서 소외된 기술영역이 존재하는 점 등이 있었다. 다음으로는 산업계 기술투자 및 개발과정의 비합리성에 관한 내용이 많았다. 이는 기술투자자 및 개발의 의사결정이 위계적 조직문화로 인해 비합리적으로 이루어지거나, 정확한 정보 대신 기대심리나 유행에 따라 개발 여부가 결정되는 점을 지적한 것이다. 그 외 기술 개발의 주요 영향요인은 Table 4의 정리된 내용과 같다. 의료기기 개발에 관련된 각 이해관계자 입장에서 개발의 진행은 개발자의 일자리 보전과 승진에 중요했다. 병원과 기업 등 개발조직은 새 기술의 개발 진행을 조직홍보에 활용했으며, 개인 개발자는 개발을 통해 성취감, 금전적 이익, 자부심 등을 얻었다. 한편, 복잡하고 서로 다른 이해관계는 협업에 참여하는 개발자 간 소통과 협업의 진행을 어렵게 하는 요인이었고, 의료현장에서는 기술 개발에 대한 보수적 태도가 많아 협업을 위한 이해관계 형성에 어려

Table 3. Classification of the paragraphs with examples

Category	Example	Paragraph
Understanding of technology	(Benefits of technology) Surveillance has been a controversial issue in this cancer...I had just followed the patients' status or sent them for the surgery, but now, I fully agree that this technology is useful, as much as that I can choose it even for me. (Utilization of technology) The medical professionals would judge whether this technology is useful or not, because they use that algorithm over the long term. We will not sell it if it is not helpful...I think it is under the user's control completely.	48 (17.7)
Features of technology development process	(Initiation and progress) The development proceeds in reverse order. It is initiated by the industry, not by the service providers of hospital. The industry requests for help from the hospital to develop a new device for which the CEO or vice-president ask the hospital director of the cooperation, in that manner. (Influencing factors) When the competitor develops a new technology, then the director orders to switch our current task to the same. What the frustrating thing is, when the competitor opens the new one, that has been developed for 10 or 20 years at least. And you should follow it right now, that's what the company orders. (Influencing factors) The technology related to nutrition becomes a lower priority in the market. So, someone should provide the right information continuously, to the policy makers, medical professionals, and the patients, that the technology for nutrition management is helpful and should be developed.	137 (50.7)
Interests in technology development	(Stakeholders' interests) The business performance is more important than other issues in hospitals because it is to be displayed...the more money you make, you will be happy. The educational value is only a small part. Not failing and taking its own business is far more important. (Cooperation and connection) The professors' purposes are to write an academic paper, which leads the development's scheme that is not able to commercialize the end product. That's why the cooperation between partners is much more difficult.	38 (14.1)
Perspective on technology development	(View on use and impact) The technology should progress to be applied in clinical practice if it is well-founded, because it would reduce the side effect and the patient's suffering. We need the environment in which the doctors can explain objectively the clinical evidences of the new technology to assure the patients, and the patients can use the technology at a low cost. (View on use and impact) Things do not change as much as they can support the rapid progress of technology. I mean, it is not always right to say that the technological progress improved the quality of medical service. The technological progress is good; however, we should answer the question that it really enriches our lives or not.	47 (17.4)
Total		270 (100.0)

Values are presented as number (%).

Table 4. Classification of the main content in each theme category

Category	Main content (no. of paragraphs)	Paragraph
Understanding of technology (n=48)		
Benefits of technology for service users	- Clear benefits (19): cost-reducing (4), improving the quality of service (4), time-saving (3), convenience (3), rapid recovery (3), clinical effect (2), equity improvement (2), enabling collaboration (2), increasing satisfaction (1), replacing manpower (2) - Uncertain benefits (5)	24 (50.0)
Harm of technology	- Increasing cost burden (1) - Reducing cost-effectiveness (1)	2 (4.2)
Utilization of technology	- Importance of service provider's role (8) - Preference for new technology (5) - Choice motive of end-consumer (3)	16 (33.3)
Etc.	- Technology upgrade issue (5) - Fascination by the technology (1)	6 (12.5)
Features of technology development process (n=137)		
Initiation and progress of technology development	- Main initiating or facilitating mechanism (18): making profits (14), clinical need (2), other interests (2) - Source and scale of funds (11) - Difficulties in raising funds (3)	32 (23.3)
Factors influencing technology development	- Existence of public policy or system (29): health insurance benefits and insurance fee (9), introduction of technology based on evidence (6), service provider's role (4), deregulation (4), priority setting in development (3), clarity and competence in system management (2), expansion of public funds (1) - Irrationality in development process (26) - Heavy market competition (16) - Whether or not the collaboration is successful (14) - Whether or not the based technology exists (10) - Business investment and efforts (5) - Existence of outstanding developers (4) - Reorganization of industrial structure (1)	105 (76.6)
Interests in technology development (n=38)		
Stakeholder's interest	- Saving jobs and promotion in company (8) - Promotion in institution (8) - Sense of achievement (4) - Pecuniary reward (2) - Pride in one's work (2) - Guarantee of autonomy or self-regulation (1) - Improving working condition (1) - Publishing academic paper or patent application (1)	27 (71.0)
Cooperation and connection between stakeholders	- Difficulty of cooperation (9): complicated interests (5), conservative manner on technology (4) - Sense of achievement through cooperation (2)	11 (28.9)
Perspective on technology development (n=47)		
Industrial prospect on technology	- Acceleration of technology development (1) - Increasing importance of marketing (1) - Increasing importance of profit boosting (1) - Popularization of expensive technology (1)	4 (8.5)
View on use and impact of technology in service provision	- Necessity for sensible manner on technology (7) - Creating desire for continuous development (6) - Necessity for subjectivity rather than dependency on technology (5) - Preference for new technology (4) - Need for adapting to technology for one's survival (4) - Need for good policy in developing - Introducing and applying of technology (4) - Importance of service provider's role (3) - Improving the quality of service (3) - Increasing cost burden (3) - Causing social change including job change (2) - Possibility of adverse effect (1) - Decreasing cost burden (1)	43 (91.4)
Total		270 (100.0)

Values are presented as number (%).

움을 겪기도 했다.

기술 개발의 전망에서는 새 기술의 사용과 그 영향에 대한 언급이 많았다(44/47, 93.6%). 면담참여자들은 새 기술에 대한 무조건적 선호나 의존적 태도도 존재하기 때문에 기술에 대한 서비스 공급자와 소비자의 합리적이고 주체적인 태도, 그리고 이를 촉진하기 위한 정책적 개입이 필요하다는 점을 언급했다.

고 찰

텍스트 네트워크분석 결과, 출현 빈도에서 10위 이상 상위를 차지한 용어는 연결중심성 지수 순위에서도 상위였고, 상위 용어 중 사람은 연결중심성 지수와 출현 빈도 모두에서 2위와 격차가 상대적으로 큰 1위를 차지했다. 출현 빈도와 연결중심성 지수의 상위 용어는 크게 나누어 사람, 환자, 의사, 수술, 병원, 필요, 부작용 등 기술활용에 관련된 개념과 사람, 기술, 생각, 회사, 연구 등 개발활동에 관한 개념의 두 의미 그룹으로 파악할 수 있었는데, 개발과정에 대한 내용에서 개발 활동에 관한 용어 외에 활용 관련 용어가 상위를 차지했다는 점은 주목할 만하다. 활용 관련 용어가 자주 사용되었을 뿐 아니라 다수의 용어와 긴밀히 연결되어 사용된 점은 개발과정에 대한 전체 면담내용에서 기술의 활용과 관련된 내용이 중심적 의미로 다루어졌음을 나타낸다. 이는 카테고리 분류를 통해 구체적인 문맥을 직접 파악한 내용분석 결과에서도 부분적으로 확인할 수 있다. 기술활용에 대한 내용은 기술내용에 대한 이해 중 활용에 관한 하위 그룹 단락 16개, 기술 개발의 전망에서 기술 사용과 영향에 관한 하위 그룹 단락 35개에서 다루었다. 그 외에도 기술 개발과정의 영향요인에 관한 내용 중 정책적 개입의 존재 여부에서 기술 급여화와 저수가, 근거 기반 기술 도입과 제시, 합리적 공급자 역할 촉진 등의 내용을 포함하는 19개 단락은 기술 활용과 관련된 내용을 언급하고 있어, 모두 합하면 전체 중 25.9%의 단락(70/270)에서 기술활용에 관한 내용을 다루었다. 면담참여자들은 기술의 활용을 저해하는 구조적 문제나 이에 대한 정책적 개입과 조절의 존재 여부가 기기 개발의 촉진 혹은 저해요인으로 작용함을 언급했다. 요약하면, 기술활용과 관련된 이슈는 기술 개발활동의 전반에서 중요한 의미를 가지며, 개발된 기술이 적절한 비용 부담하에 내용 측면에서도 합리적으로 활용될 수 있는지 여부는 개발과정의 영향요인으로 작용할 수 있다. 개발 후 새로운 기술이 서비스에 조직화 되는 과정, 해당 서비스가 실제 제공되는 과정 등을 포함하여 기술 도입과 확산, 활용의 전후 과정에 대한 세심한 개입과 조절 여부가 기술 개발자의 동기 부여나 개발에 대한 인식 등 후속 개발활동에 영향을 미친다는 것이다.

보다 구체적으로, 기술활용과 관련된 단락에서 반복하여 등장하는 내용은 서비스 공급자의 역할과 기술에 대한 합리적 태도에 대한 강조점이다. 첫째, 면담참여자들은 새 의료기기라는 인식 자체가 형성하는 기술의 선호 경향과 기대심리를 언급하고, 적절한 기술활용을 위해서는 합리적 서비스 공급자의 역할이 필요함을 제시했다. 서비스 공급자가 기술의 장단점을 객관적으로 판단하고 활용할 때 새로운 기술의 편익을 취하여 기술 개발이 서비스 질 향상으로 이어질 수 있다는 내용이다. 기술 선택에 대한 합리적 서비스 공급자의 역할 수행은 환자의 공익적 대리인으로서 윤리적이고 당위적인 것이기도 하나, 기술 선택은 임상적 합리성 외에도 다양한 외부요인의 영향을 받기 때문에 공급자의 역할을 보완하거나 촉진할 수 있는 제도적 개입이 필요하다[15,20]. 둘째, 서비스 공급자, 환자, 일반 시민을 포함한 다양한 보건의료기술의 소비자는 기술에 대한 합리적이고 주체적인 태도를 가진 기술의 능동적 이용자여야 한다는 점이다. 기술의 수동적 사용자는 기술을 통해 건강과 질병에 대한 통제력을 높이기보다 질병관리에 대한 사항을 기술에 위임하고자 한다. 그러나 기술활용의 편익은 소비자의 선택, 기술에 대한 문해력, 기술활용 역량 등 개인요인에 따라 편차가 크고, 수동적 태도만으로는 기술활용의 적절한 편익을 기대하기 어렵다[21]. 기술에 대한 의존적 태도는 환자와 의료진 간 신뢰 부족에 기인한 것이기도 하나, 반대로 기술에 대한 의존적 태도로 인해 환자와 의료진 간 신뢰가 더 악화되고 서비스 질이 저하될 가능성이 존재한다[22]. 향후 보건의료기술 개발은 기반 기술의 축적과 이윤창출 가능성에 대한 기대로 가속화할 전망이다[23]. 기술 소비자는 기술에 대한 균형적 시각하에 능동적으로 이를 활용할 수 있는 역량을 키워야 한다.

한편, 산업계 주도 개발에서는 기업 이윤창출의 의지가 새 의료기기 개발의 핵심 기전이므로, 관련 산업을 발전시키고 이윤을 확대하고자 하는 경제적 동기로 인해 기반 기술의 활용방안을 찾고 지속적으로 새 기술을 개발하고자 하는 압박이 존재하게 된다[23]. 특히 보건의료와 관련된 정보통신분야는 기반 기술의 발전이 지속 개발을 촉진하는 대표적 사례로[24], 본 연구에서도 정보통신기술의 핵심 개념인 데이터가 텍스트 네트워크 분석에서 빈도수 12위, 연결중심성 지수 14위를 차지했다. 국가적 차원에서 보건의료는 정보통신기술을 적극적으로 활용할 수 있는 4차 산업혁명의 중심 분야로 인식되고 있으며, 관련 산업활성화를 위한 규제 완화와 투자 확대 등의 정책이 추진된다[25]. 그러나 기술혁신모델의 설명에 의하면 새로운 기반 기술의 발전이 촉진하는 기술주도형 개발은 오히려 개발활동의 합리성을 위축시켜 혁신을 저해할 수 있으며, 그 결과 비용효과는 낮고 활용이 제한적인 비실용적 기술을 양산할 수 있어 주의가 필요하다[12]. 본 연구결과에서 개발 협업과정에서 나타난 새 기술에 대한 보수적

태도는 개발자 간 복잡하고 서로 다른 이해관계 추구에서 기인했을 수 있으나, 보건의료현장에서 새 기술의 필요성에 대한 동기 부여와 인식이 높지 못했기 때문일 가능성도 클 것이다.

기술주도형 개발의 문제점을 극복하기 위해 기술 혁신이론에서 제안하는 방안은, 첫째, 기술주도 개발의 흐름에 적극적으로 대응하여 이를 활용하고자 하는 기술의 미충족 필요 혹은 수요의 발굴이 가장 중요하며, 둘째, 기술의 공급과 수요가 기술 개발 주체 간의 협업, 제도적 보완, 사회문화적 환경 등 다양한 요인과 상호작용하여 산업활성화로 연결되도록 정책적 개입이 필요하다. 보건의료의 기술 수요를 발굴하고 제안하기 위해서는 기술을 가장 많이 활용하는 서비스 공급자의 역할을 다시 강조할 수 있다. 서비스 공급자가 근거에 기반한 양질의 서비스를 제공하고자 할 때 환자의 미충족 필요를 더 적극적으로 인지할 수 있으며, 일반적인 의료행위 규범을 넘어 환자의 영양, 주거, 복지 등 포괄적 서비스 제공에도 관심을 가진다면 미충족 필요의 발굴범위는 더 확대될 것이다. 또한 서비스 공급자, 환자, 일반 시민 등 다양한 주체로 구성된 보건의료기술의 소비자는 기술의 수요가 서로 다를 수 있으므로, 기술 개발 전 과정에서 각 소비자의 수요를 충분히 반영하고 능동적 피드백을 독려할 수 있는 제도적 보완이 필요하다.

부가적으로, 보건의료기술 개발의 거시적 효율성 향상을 위해서는 기술의 지속 공급과 수요 발굴이라는 이론 틀을 넘는 정책적 개입의 필요성도 여전히 존재한다. 대표적으로 꼭 필요하지만 소외된 기술 개발분야의 활성화, 기술의 보편적 접근성 이슈, 소비자의 기술에 관한 문해력 향상 등에 대한 내용을 들 수 있다.

본 연구는 보건의료기술 개발경험이 있는 참여자의 면담내용을 중심으로 미시적 개발과정을 파악한 것으로, 기술 개발과정의 특성상 연구에 참여하여 정보를 제공하고자 하는 개발자 확보와 개발 사례 수집에 어려움이 있었다. 향후 개발규모의 확대에 따라 다양한 사례를 수집할 수 있다면 보다 큰 규모의 계량자료 확보와 분석도 가능할 것이다. 또한 전 세계적 기술 확산의 흐름과 정치경제적 요인 등 거시적 맥락과 미시적 요인 간 상호작용은 다루지 못하였다. 국가 기술정책에 대한 추가 분석연구는 이러한 한계점을 보완할 수 있을 것이며, 적절한 개발 사례를 선정할 경우 거시적 영향요인과 미시적 전개의 상호작용을 구체적으로 기술할 수 있을 것이다.

본 연구는 텍스트 네트워크분석을 통한 면담내용의 내재적 의미를 파악하고 이를 내용분석으로 보완하여 기술 개발과정에 대한 텍스트의 의미를 포괄적으로 제시하였다. 그 결과, 의료기기 기술 개발의 과정이 일회성이 아닌 후속 개발과 지속 연결되는 주기적 성격을 지님을 드러냈으며, 의료기기 개발에는 개발과정 자체에 대한 영향요인 뿐 아니라 개발 후 기술의 주체적, 합리적 활용과 이를 뒷받침할 수 있는 제도적 요인이 중요함을 확인했다. 기술의 합리적 활용에 대한 개

입과 조절은 향후 지속되는 기기 개발과정의 촉진 혹은 저해요인으로 작용할 수 있으므로, 개발단계에서부터 기술의 활용 주체 및 관련 정책입안자와 적극적 소통이 필요하다는 것이다. 기반 기술의 축적과 이윤 증대 등 기술 개발의 압력은 지속 증대할 것으로 예상되므로, 보건의료분야에서 기술의 필요를 발굴하고 기술의 편익을 적절히 활용하기 위해서는 합리적 서비스 공급자의 역할과 기술 소비자의 주체적 태도 및 비판적 성찰이 강하게 요구된다. 또한 개발단계의 효율적 진행과 활용을 위해 전체 보건의료체계의 성과를 염두에 둔 포괄적 관점의 정책 개입이 필요할 것이다.

ORCID

Hye Sook Min: <https://orcid.org/0000-0003-0029-5163>;

Ji Eun Park: <https://orcid.org/0000-0001-6706-789X>;

Chang-Yup Kim: <https://orcid.org/0000-0002-4389-2454>

REFERENCES

1. Willeme P, Dumont M. Machines that go 'ping': medical technology and health expenditures in OECD countries. *Health Econ* 2015;24(8): 1027-1041. DOI: <https://doi.org/10.1002/hec.3089>.
2. Dybczak K, Przywara B. The role of technology in health care expenditure in the EU [Internet]. Brussel: European Commission; 2010 [cited 2020 Oct 24]. Available from: https://ec.europa.eu/economy_finance/publications/economic_paper/2010/pdf/ecp400_en.pdf.
3. Lee SG. Current status and policy options for high-tech medical devices in Korea: vertical and horizontal synchronization of health policy. *J Korean Med Assoc* 2012;55(10):950-958. DOI: <https://doi.org/10.5124/jkma.2012.55.10.950>.
4. Park S, Park EJ, Chae SM, Lee YS. Analysis of policy on the adoption and diffusion of new healthcare technology. Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs; 2014.
5. Park S. Health technology assessment and reimbursement of new pharmaceuticals. *Health Welf Policy Forum* 2014;(212):16-25.
6. Korea Health Industry Development Institute. The basic statistics for healthcare R&D. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute; 2017.
7. Park S, Park EJ, Lee SG, Chung Y. Healthcare technology innovation

- and sustainable coverage for healthcare technology: global policy trends and challenges. Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs; 2016.
8. Sismondo S. An introduction to science and technology studies. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing; 2009.
 9. Smith BD, Tarricone R, Vella V. The role of product life cycle in medical technology innovation. *J Med Mark* 2013;13(1):37-43. DOI: <https://doi.org/10.1177/1745790413476876>.
 10. Gutierrez-Ibarluzea I, Chiumente M, Dauben HP. The life cycle of health technologies: challenges and ways forward. *Front Pharmacol* 2017;8:14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00014>.
 11. Rogers EM. Diffusion of innovations. 3rd ed. New York (NY): The Free Press; 1983.
 12. Godin B, Lane JP. Pushes and pulls: history of the demand pull model of innovation. *Sci Technol Human Values* 2013;38(5):621-654. DOI: <https://doi.org/10.1177/0162243912473163>.
 13. Kwon SM. Technology and health policy: rapid technology diffusion and policy options in Korea. *Korean J Health Econ Policy* 2006;12(2):107-123.
 14. Weisbrod BA. The health care quadrilemma: an essay on technological change, insurance, quality of care, and cost containment. *J Econ lit* 1991;29(2):523-552.
 15. Mytton OT, Velazquez A, Banken R, Mathew JL, Ikonen TS, Taylor K, et al. Introducing new technology safely. *Qual Saf Health Care* 2010;19 Suppl 2:i9-i14. DOI: <https://doi.org/10.1136/qshc.2009.038554>.
 16. IJzerman MJ, Koffijberg H, Fenwick E, Krahn M. Emerging use of early health technology assessment in medical product development: a scoping review of the literature. *Pharmacoeconomics* 2017;35(7):727-740. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40273-017-0509-1>.
 17. World Health Organization. Health technologies [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2007 [cited 2020 Oct 10]. Available from: https://www.who.int/medical_devices/resolution_wha60_29-en1.pdf?ua=1.
 18. Bjerregaard PP. The social shaping of technology: a case study of the innovation journey of biochar in Denmark: insights for businesses, researchers, investors and policy-makers [dissertation]. Copenhagen: Copenhagen Business School; 2011.
 19. Park HW, Leydesdorff L. Understanding the KrKwic: a computer program for the analysis of Korean text. *J Korean Data Anal Soc* 2004;6(5):1377-1387.
 20. Relman AS. The new medical-industrial complex. *N Engl J Med* 1980;303(17):963-970. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM198010233031703>.
 21. Oversveen E. Stratified users and technologies of empowerment: theorizing social inequalities in the use and perception of diabetes self-management technologies. *Sociol Health Illn* 2020;42(4):862-876. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9566.13066>.
 22. Lee M, Shin HG, Lee M, Park CY. Research trends and policy issues of health literacy in Korea. *J Health Tech Assess* 2018;6(1):22-32. DOI: <https://doi.org/10.34161/johta.2018.6.1.004>.
 23. Kim HS. Theory and practice of the democratization of science and technology: focusing on public participation. *Econ Soc* 2010;(85):12-39.
 24. Sarja J. Key factors of successful technology push projects in the ICT context: a review of the literature. *Int J Inf Technol Manag* 2015;14(4):253-273. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJITM.2015.072071>.
 25. Jung HH, Choi YI, Lee SW. The fourth industrial revolution and paradigm change in health industry. *KHIDI Brief* 2016;125:3-28.