

동적 시뮬레이션 접근을 통한 만성질환 관리의 스마트 헬스케어 효과성 연구: 강원도를 중심으로

정 윤
(한림대학교)

이 건 직*
(한림대학교)

스마트 헬스케어는 초연결사회로의 패러다임 전환에 따라 건강관리 및 예방중심의 비용 효율적이고 지속 가능한 의료 시스템을 구현하기 위한 수단으로 주목받고 있다. 스마트 헬스케어는 도입에 따른 효과가 나타나기까지 상당한 시간이 소요될 뿐만 아니라 기술이 사회에 적용되는 과정에서 영역 간 특성에 따른 저항 또한 발생할 수 있다. 그러나 여전히 대다수의 연구는 정책 및 기술 도입에 따른 현상을 선형적인 관점에 입각하여 하고 있어 시간의 흐름에 따라 나타나는 정책 효과의 비선형적 변화양상을 파악하지 못하는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 시스템 구조에 따른 행태변화를 관찰하는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 스마트 헬스케어를 통한 만성질환 관리효과의 비선형적 동태성을 하고 시사점을 도출하였다. 주요 연구내용으로는 변수 간 구조를 정성적인 인과지도(Causal Loop Diagram; CLD)로 작성하고 이를 저장유량도(Stock Flow Diagram; SFD)로 변환하여 정량적인 을 수행하였으며 주요 변수는 매크로 데이터 및 환경설정을 위해 추정된 값을 부여하여 가상의 시나리오에 따라 시뮬레이션 하였다. 시나리오 결과, 만성질환관리를 위한 스마트 헬스케어 서비스 개입 시점이 빠를수록, 서비스에 대한 초기 참여율이 높을수록, 치료중심보다 예방중심 서비스를 제공할수록, 개별질환보다 복합질환을 대상으로 서비스를 제공할수록 의료비 절감효과가 큰 것으로 나타났다. 결론적으로 스마트 헬스케어를 활용한 만성질환관리 사업 수행 시 기술과 사회의 공진화로 인해 발생하는 비선형적 동태성을 감안하여 혁신에 필요한 시간을 확보한다면 만성질환 관리효과와 더불어 사업의 지속가능성 또한 제고할 수 있음을 밝혔다. 주요 용어: 동적 시뮬레이션, 만성질환, 스마트 헬스케어, 시스템 다이내믹스, 시나리오

본 논문은 2018년 한림대학교 교내 학술연구비(HRF-201811-008), 한국은행 강원본부 지원사업 정윤(2018)의 박사학위 논문의 일부를 재정리하였음.

* 교신저자: 이건직, 한림대학교(leeway@hallym.ac.kr)

■ 투고일: 2019. 7. 31. ■ 수정일: 2019. 12. 20. ■ 게재확정일: 2019. 12. 24.

I. 서론

의료 패러다임의 전환을 디지털 변환(digital transformation)으로 대응하고자 하는 스마트 헬스케어(smart healthcare)는 ‘정보통신 및 바이오, 나노 등의 기술을 활용하여 언제 어디서나 개인 맞춤형 건강관리 및 의료서비스 등을 제공하는 융합산업’으로 받아들여지고 있다. 이는 병원의 진료·의료 정보를 활용하는 서비스에 초점을 맞춘 e-헬스, 일상생활의 건강관리와 질병예방을 중심으로 하는 u-헬스, ICT 활용에 초점을 맞춘 디지털 헬스케어 등 다양한 모습으로 전개되며 진화하고 있다(산업통상자원부, 2015).

스마트 헬스케어가 주목받는 핵심 이유는 그 지향점이 ‘예측적이고 예방적이며 개인화되고 참여적인’, 이른바 P4(predictive, personalized, preventive, participatory)를 겨냥함에 있다(강민영 등, 2018). 이는 IOM(2001)이 정의한 의료품질의 6가지 구성요소인 안전함, 효과성, 환자중심성, 적시성, 효율성 및 형평성을 포괄적으로 개선시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 곧 ‘시설중심에서 거주지로, 질병 치료중심에서 예방으로’라는 의료패러다임 전환의 실제적 실천 수단이 될 수 있을 뿐 아니라 제조업체, 병원 및 환자를 비롯한 기존 업계 종사자와 이해 관계자들 간의 관계를 변화시켜 기존 의료산업에서의 순차적 가치 사슬을 벗어나 플랫폼이라는 초연결 중심으로 재편될 수 있음을 의미한다. 또한 의료 산업을 지속 가능한 방식으로 전환하고 의료 수급자 간 비대칭적 관계를 혁신적으로 개선할 수 있는 잠재적 기대효과가 인정됨에 따라 이미 미국, 일본, EU 등의 선진국에서 스마트 헬스케어의 확산을 국가 의제로 설정하는 등 실제적 변화가 일어나고 있다(김수범, 2015).¹⁾ 이들 국가들은 글로벌 경쟁력을 확보하고 세계시장을 선점하기 위해 모바일 및 웨어러블 기기 등을 중심으로 스마트 헬스케어 제품과 서비스 개발을 지원하는 공급 경쟁력 확보 정책을 비롯해 보조금을 통한 초기 수요 촉진, 교육을 통한 인식 개선 등의 사회적 수용성 제고 정책을 동시에 추진함으로써 적극적인 대응책을 마련하고 있다(산업연구원, 2016).

그러나 스마트 헬스케어의 효과성 측면에서 볼 때, 과연 혁신산업의 성장에 따라 비용 효율적인 건강관리라는 성과의 행태 또한 비약적으로 향상될 것인가에 대해서는 아직

1) 김수범(2015)에 따르면 글로벌 스마트 헬스케어 시장은 2014년 210억 달러에서 2020년 1,015억 달러로 약 4.8배 성장할 것으로 전망되고 있으며, 국내 시장 또한 제도, 기술, 표준을 포함한 산업 기반이 완비될 경우 연평균 12.5% 성장을 예상함.

분명하게 밝혀진 바 없다. 두 산업 간 관계를 파악하기 위해 각각의 특성을 살펴보면 먼저 보건의료산업은 그 제품과 서비스가 인간의 생명과 안전이라는 기본적 생명권과 공익성을 대상으로 하기에 사회서비스 중 가장 보수적으로 전개되는 특성을 갖는다. 이에 반해 스마트 헬스케어와 같이 정보통신기술을 기반으로 한 혁신적 도전들은 대개 빠른 수명 주기를 가진 기술을 기반으로 하여 본질적으로 보수적이고 규제적인 보건의료산업의 속성과 충돌한다. 이처럼 스마트 헬스케어와 보건의료산업의 융합으로 창출되는 성과는 혁신성과 보수성이 상호의존적으로 작용함으로써 상당한 시간 지연 및 저항을 일으켜 변화의 방향성을 예측하기 어렵기 때문에 장기적으로 나타나는 성과의 변화 양상을 파악하기 위한 노력이 중요해지고 있다.

따라서 가장 혁신적인 산업과 보수적인 산업 간 융합에 의해 창출되는 성과를 파악하기 위해서 기존의 단기적이고 선형적인 관점의 적용에 내포된 한계를 고려하여 다음과 같은 연구의 목적을 제시하고자 한다. 먼저, 스마트 헬스케어 서비스가 주요 만성질환(당뇨 및 고혈압) 관리사업에 미치는 영향을 파악하기 위해 시스템의 비선형적 동태성을 하기 위한 연구방법론인 시스템 다이내믹스를 활용하여 정성적 모델인 인과구조도(Causal Loop Diagram, CLD)를 마련하고 정량적 모델인 저장유량도(Stock Flow Diagram, SFD)를 작성하고자 한다. 다음으로 작성된 모델에 가상의 시나리오를 적용한 시뮬레이션을 수행하여 당뇨 및 고혈압 의료비를 중심으로 정책 개입의 효과를 확인하고자 한다. 마지막으로 결과를 바탕으로 현재 강원도에서 수행중인 스마트 헬스케어 서비스를 활용한 만성질환관리 사업의 추진 전략 및 시사점을 도출하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 만성질환관리에 관한 동적 시뮬레이션 연구

현재 보건의료 정책분야의 선행연구를 살펴보면 대다수의 접근법은 단선적이고 요소중심적인 방법론에 기초하고 있는 반면 동태적 상호관계를 한 시도는 소수에 불과하지만 인과지도를 통한 정성적 접근방법과 시뮬레이션을 적용한 정량적 접근방법을

통해 고혈압, 당뇨, 비만 등의 만성질환 관련 연구가 지속되어왔다. 대표적으로 당뇨, 비만, 심혈관 질환을 포함한 만성질환 및 생활습관에 기인한 건강관리 차원의 연구로 Homer와 Hirsch(2006)는 상충하는 이해관계로 다수의 목표에 대응하거나 정책적 개입에 따른 효과 발생까지 시간적 지연이 발생하는 보건의료환경이 처한 문제를 해결하는데 시스템 다이내믹스의 방법론적 강점이 크다고 강조한 바 있다.

Jones(2006)의 당뇨병 및 Incioglu(2007)의 고혈압에 대한 시스템 다이내믹스 모형은 건강수준 향상을 위한 건강교육정책의 의사결정 근거를 제시한 바 있으며 국내에서도 최은옥, 곽찬영(2008)은 시뮬레이션 모델링을 통해 당뇨병 환자의 포도당 섭취와 혈당 반응에 대한 이론적 근거를 제시하였다. 또한, 노영민 등(2016)의 연구에서는 당뇨병 및 당뇨합병증 발병에 영향을 미치는 변수들을 탐색하고 변수들 간 상호작용을 피드백 구조를 통해 한 결과 당뇨병 관리 사업이 당뇨병 전단계라는 잠재요소를 발견하지 못하고, 가시적으로 드러나는 당뇨병 관리에 자원을 집중시키고 있어 당뇨병 발병 및 당뇨합병증 발생이 증폭되는 현상을 적절히 제어하지 못하고 있음을 지적하였다. 또한, 고혈압의 경우 박준희 등(2019)의 연구에서 개인 수준 및 개인 간 수준, 사회적 수준의 생태계를 고려한 고혈압 치료 순응 현상을 하고, 고혈압 유병률의 증가 및 부적절한 치료 순응으로 야기되는 합병증 발생으로 인한 의료비 상승이 부적절한 고혈압의 예방 관리로 연결되는 관계를 점검한 바 있다. 한편, Frood 등(2013)은 비만의 경우도 생활습관과 사회문화적 요소들이 복잡하게 연결된 문제이기 때문에 실제 비만을 줄임에 있어 단순히 비만을 부추기는 요인의 규명과 관리라는 요소중심적 사고 및 이에 따른 정책 개입은 효과적인 접근법이 아닐 수 있음을 강조하고 있으며 국내의 연구에서도 비만은 관련 요인들이 복잡하게 연결되어 시스템과 환경이 통합적으로 긴밀하게 상호작용하고 있기 때문에 개별적으로 예방, 관리할 수 있는 것이 아니라 비만을 유발하는 환경, 사회심리적 요인 및 행동 위험 요인 등을 복합적으로 고려해야 함을 제안하고 있다(이하나, 윤은경, 2016).

2. 스마트 헬스케어를 통한 만성질환 관리

최진영 등(2011)은 헬스케어 패러다임을 공중보건의 시대(헬스케어 1.0)와 질병치료의 시대(헬스케어 2.0)를 거쳐 현재를 건강수명의 시대(헬스케어 3.0)로 구분하면서 4대

특성을 일상 관리, 개인 맞춤, 정밀 진단치료 및 환자 중심으로 선정하였다. 이런 특성들이 반영된 모습이 스마트 헬스케어로서 건강수명 연장과 의료비 절감을 목표로 전개되고 있다. 스마트 헬스케어는 컴퓨터과학의 정보통신기술과 생명공학의 바이오·나노·인공지능기술 등을 통한 건강문제의 솔루션으로 인터넷과 정보통신기술의 만남에서 전개되었던 tele-health, e-health, u-health의 기능과 역할을 넘어서고 있다. 기존 의료 시스템 밖에 있었던 스마트폰, 사물인터넷, 인공지능, 웨어러블 디바이스, 클라우드 컴퓨팅 등 초연결을 가능하게 하는 디지털 기술이 의료분야와 빠르게 접목되면서 언제 어디서나 원할 때 건강관리를 받을 수 있음을 목표로 통신사와 제품서비스 업체 등 다양한 신규 사업자가 헬스케어 산업에 참여하면서 헬스케어 생태계(healthcare ecosystem) 자체가 변하고 있다. 스마트 헬스케어는 헬스케어 생태계의 3대 축인 환자, 공급자, 지불자에게 엄청난 기회로 작용할 것으로 예상되고 있다. 건강관련 의사결정권을 행사하고자 하는 환자, 폭증할 의료수요에 대처하기 위한 공급자 및 의료비용을 절감하고자 하는 지불자에게 최적의 새로운 대안이 될 수 있다. 또한 전문의 중심에서 환자 중심으로 의료생태계 전환을 촉진시킬 수 있으며, 1차 의료의 역할을 강화하여 지역중심 커뮤니티케어의 토대가 될 것으로 예상된다(산업통상자원부, 2015).

스마트 헬스케어가 열어갈 혁신적 변화의 선순환 구조는 보건의료산업과 기술발전의 절묘한 조화에 있다. 먼저, 보건의료산업에는 방대한 데이터가 축적되어 있다. 국내의 경우, 1970년대 말부터 80년대 말까지 국민건강보험제도의 급속한 도입 및 확산은 보험자 입장에서 건강보험재정 안정화와 보험청구심사업무의 효율화를 위해 전산화 작업의 필요성이 높았으며, 이에 대응하여 공급자 입장에서는 보험청구와 환자관리 효율화를 통한 경영관리 차원에서 전자의무기록시스템(electronic medical record, EMR)과 같은 병원 전산화가 촉진되었기 때문이다. 이에 따라 의원급의 경우 1990년대부터 대학병원의 경우 2000년대 중반부터 본격적으로 EMR, PACS(picture archiving and communication system) 등을 도입하였다. IBM(2016)에 의하면, 개인이 일생동안 생산하는 헬스케어 관련 데이터는 1,100TB(terabyte)나 되며 이중 70%가 사회와 환경 및 건강과 관련된 행위 등에 의한 외생 데이터이고 20%가 자신의 유전체 데이터, 10%가 의료기관을 통해 생산된 임상 데이터로 보고하고 있으며 의료 데이터양을 2012년 500PB(petabyte)에서 2020년에는 약 50배가 증가한 25,000PB에 이를 것으로 전망하고 있다. 또한 디지털 헬스케어 기술에서 IoT, 웨어러블 디바이스, 빅데이터 등 ICT 인프라

의 발전은 인공지능과의 결합을 통해 환자/사용자 친화적 솔루션을 제공함으로써 개인화된 건강관리와 질환예방에 매우 효과적으로 개입 할 수 있게 된다. 특히, 당뇨, 고혈압, 비만 등과 같은 만성질환은 일상의 데이터 처리만으로도 질환 발생의 지연은 물론이고 예방까지 가능하게 하고 있다. 산업통상자원부에서 발표한 연구결과에서도 스마트 헬스케어는 고혈압, 당뇨병 등의 관리 효율성과 효과성을 높이는 것으로 나타났다(경희대학교 산학협력단, 2014). 이처럼 개인 맞춤형 의료 환경의 도래는 의료 빅데이터의 최대 장애인 대상자의 자발적 참여를 자연스럽게 촉진할 수 있어 비로소 예방차원으로서의 패러다임 전환을 실제화 시키게 된다.

이러한 배경에 따라 강원도는 2015년부터 스마트 헬스케어 사업을 통한 생활습관개선 프로그램 운영으로 대상자들에게 만성질환 예방활동과 생활습관관리의 중요성을 인식시키고 자가 건강증진역량을 배양하고 있다. 특히, 대다수의 대상자는 진단 및 투약 등을 통한 증상 관리에 초점이 맞추어져 있기 때문에 약물처방과 병행되어야하는 생활습관개선(운동, 영양관리 등의 비약물 처방)이 질환 관리에 중요한 요소임을 인식시키고 일상생활에 정착시키는데 주력하고 있다. 당뇨와 고혈압과 같은 주요 만성질환은 적절한 교육과 지속적인 관리(의료적 개입)가 늦어질 경우 증상관리의 어려움과 막대한 개인적, 사회적 비용이 발생하게 되기 때문에 스마트 헬스케어 서비스의 개입을 통한 효율적인 생활습관 개선 및 질환 예방활동은 그 중요성이 더욱 강조되고 있다. 더 나아가 노화에 따른 신체기능의 변화는 의학적 접근 뿐 아니라 심리, 생활습관 개선, 운동, 영양 처방 등 포괄적 접근에 의해 관리하는 것이 바람직하기 때문에 만성질환 관리를 치료의 대상으로만 규정하지 않고 생활습관 관리의 일부로서 스스로 관리할 수 있도록 프로그램을 개발하고 운영하는 활동이 점차 확대될 필요가 있으며 의무사업기간이 지난 뒤에도 본 사업으로 구축된 관계망을 활용하여 지역의 건강개선활동에 지속적인 기여가 가능하도록 토대 마련에 초점을 두고 있다.

III. 연구 방법

본 연구의 방법론으로 피드백 프로세스를 표현하고 가상의 시나리오에 따른 정책을 체계적으로 테스트할 수 있는 시스템 다이내믹스 기반의 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 활용하고자 한다. 단계별로는 우선 정성적인 모델인 인과지도를 작성하여 주요 변수 간 인과관계를 가시화하고 이를 정량적인 모델인 저장유량도로 모델링하여 시뮬레이션 하였다. 특히, 연구 자료의 활용에 있어 인구 및 만성질환 관련 주요 변수에 매크로 데이터 및 환경설정을 위해 선행연구로부터 참조된 추정치를 부여하고 가상의 시나리오를 적용하였다. 이상의 절차에 따라 스마트 헬스케어 서비스를 통한 만성질환의 관리 및 의료비 지출의 역학관계를 구조화하고 정책시나리오를 통해 정책 개입에 따른 주요 성과요인들의 동태성을 비교하여 사업의 추진 전략을 제시하고 정책 함의를 도출하고자 한다. 본 연구에서 활용한 모델은 산업연구원(2016)의 당뇨병 모형을 근간으로 Homer 등(2006)과 Jones 등(2006)의 고혈압 모형을 통합하여 작성하였으며 Vensim Professional 7.2로 분석을 수행하였다.

1. 자료수집

본 연구 모델에 활용된 주요 변수 목록과 입력값 및 출처는 아래 <표 1>과 같다. 전체 인구수는 강원도 인구수를 활용하였다. 만성질환 관련 주요 변수 중 고혈압, 그리고 당뇨병의 인지율은 각 질병의 유병자 중 의사로부터 해당 질병을 진단받은 사람의 백분율로 정의하였다. 치료율은 고혈압 유병자 중 고혈압치료를 한 달에 20일 이상 복용한 사람의 백분율로 정의하였고, 조절 성공률은 고혈압 유병자 중 수축기혈압 <140mmHg이면서, 이완기혈압 <90mmHg인 사람의 백분율로 정의하였다. 주요 입력 변수 중, 2016년 국민건강영양조사(2017)에 따라 30세 이상 인구 중 29.1%가 고혈압을 가지고 있으며, 이들 중 의사로부터 고혈압 진단을 받은 비율인 '인지율'은 68.9%를 나타내고 있다. 현재 혈압강하제를 한 달에 20일 이상 복용한 비율인 '치료율'은 65.0%, 수축기혈압이 140mmHg 미만이고 이완기혈압이 90mmHg 미만인 '조절률'은 유병자 기준으로는 46.5%이다. 당뇨병 유병률은 11.3%이며, 유병자중 당뇨병 진단을 받는 비율인 '인지율'은 73.2%, 유병자 중 현재 혈당강하제를 복용 또는 인슐린 주사를 투여하

는 비율은 ‘치료율’은 67.2%, 당화혈색소가 6.5% 미만 비율은 ‘조절률’은 유병자 기준 32.9%이다. 이 두 만성질환의 경우, 인지율과 치료율의 차이는 해당 질환을 갖고 있다 하더라도 치료받지 않는 환자가 있다는 것이며, 혈압과 당뇨가 효과적으로 조절되는 비율은 50%를 넘지 못하고 있음을 볼 때 관리의 어려움을 볼 수 있다. 특히, 치료를 받고 있는 사람 중에서도 혈압조절률은 겨우 70%를 넘고 있으며, 당뇨는 30%도 조절되지 못함을 고려해 볼 때 양 질환의 관리를 효과적으로 수행하기 위한 대처 마련이 긴요함을 알 수 있다. 한편, 스마트 헬스케어 산업관련으로 별도의 기준이 마련되어있지 않아 스마트 헬스케어 최대 사용자 비율은 스마트폰 최대보급률로 정의하고 스마트 기기 최대 활용률은 일본의 웨어러블 디바이스 가입자 인구 비율로 추정한다 산업연구원 (2016)의 자료를 활용하였다.

표 1. 스마트 헬스케어 관련 주요 변수

변수	입력값	단위	출처
강원도 전체 인구수	1,500,000	명	통계청 (2018)
30세 이상 성인인구 비율	40	%	통계청 (2018)
2025년까지의 연평균 인구 증가율	0.03	%	산업연구원 (2016)
30세 이상 성인인구 비율 연평균 증가율	0.9	%	산업연구원 (2016)
스마트 헬스케어 서비스 개입 시점	2018	년	산업연구원 (2016)
스마트 헬스케어 최대 사용자 비율 (2030년)	50	%	산업연구원 (2016)
스마트기기 최대 활용률 (2030년 30세 이상)	60	%	산업연구원 (2016)
초기 참여율	1	%	산업연구원 (2016)
당뇨로 인한 사망률	0.38	%	대한당뇨병학회 (2018)
당뇨병 연평균 증가율	1.1	%	산업연구원 (2016)
당뇨병 유병률	11.3	%	질병관리본부 (2017)
당뇨병 평균 인지율	73.2	%	질병관리본부 (2017)
당뇨병 평균 치료율	67.2	%	질병관리본부 (2017)
당뇨병 환자 1인당 평균 의료비	66.5	만원	산업연구원 (2016)
당뇨병의 조절 성공률	25.1	%	대한당뇨병학회 (2018)
당뇨합병증 유병률	35.4	%	산업연구원 (2016)
고혈압 환자 1인당 평균 의료비	40	만원	산업연구원 (2016)
고혈압으로 인한 사망률	0.3	%	대한고혈압학회 (2018)

변수	입력값	단위	출처
고혈압 연평균 증가율	1	%	대한고혈압학회 (2018)
고혈압 유병률	29.1	%	질병관리본부 (2017)
고혈압 평균 인지율	68.9	%	질병관리본부 (2017)
고혈압 평균 치료율	65	%	질병관리본부 (2017)
고혈압 환자 1인당 평균 의료비	30	만원	국민건강보험공단 (2017)
고혈압의 조절 성공률	44	%	대한고혈압학회 (2018)
고혈압합병증 유병률	57	%	대한고혈압학회 (2018)

2. 인과지도의 구성

피드백 루프는 강화 루프(Reinforcing Loop)와 균형 루프(Balanced Loop)로 구성되며 피드백을 구성하는 변수 간 연결의 방향성에 따라 강화인지 균형인지 결정된다. 하나의 루프 안에서 같은 방향의 관계가 홀수 개이면 균형 루프이며 B로 표시하고 순서에 따라 숫자로 구분하였으며 같은 방향의 관계가 짝수 개이면 강화 루프이며 R로 표시하고 마찬가지로 순서에 따라 숫자로 구분하였다. 균형 피드백 루프는 스스로 균형 상태를 유지하려고 하며 강화 피드백 루프는 지속적으로 증가 또는 감소하는 행태를 나타낸다. 한편, 스마트 헬스케어 산업을 하기 위한 인과지도는 크게 스마트 헬스케어 시장 관련 부분과 만성질환관련 부분으로 구분할 수 있다. 먼저, 스마트 헬스케어 시장관련 부분에서는 크게 3종([그림 1] 참조)의 강화루프(Reinforcing Loop: R1, R2, R3)를 활용하였으며 만성질환 관리 부분에서는 크게 2종([그림 2] 참조)의 균형루프(Balanced Loop; B1, B2)를 중심으로 파악하였고 이들을 토대로 통합인과지도([그림 3] 참조)를 구성하여 스마트 헬스케어 산업과 만성질환 관리 메커니즘을 구조화하였다.

한편, 본 연구에서 제시한 인과지도 상의 요인 간 관계를 설명할 수 있는 타당한 근거를 제시할 필요가 있다. 따라서 스마트 헬스케어 산업과 만성질환 관리 사업 간의 메커니즘을 뒷받침 할 수 있는 주요 현황을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 스마트 헬스케어 산업이 사용자 및 투자 요인과 함께 강화루프를 이루어 성장을 지속하고 있다. 즉, 산업이 성장하면서 사용자도 증가하고 지속적인 투자도 이루어지는 선순환이 일어나고 있다. 이와 관련하여 삼성 KPMG 경제연구원(2018)에 따르면 현재 스마트 헬스케어 산업의 특성은 기존 사업자와 신규 사업자간 경쟁과 협력을 통해 생태

계를 성장시키고 있는 것으로 나타났다. 이러한 경쟁과 협력은 전통적인 사업자인 의료 기기 업체를 비롯해 제약회사 및 의료기관과 신규 진입자인 웨어러블 디바이스, 모바일 통신사 중심으로 이루어지고 있으며 만성질환과 같은 시장의 수요를 기반으로 다수의 고객을 확보하며 규모를 키워가는 중이다. 특히, 2020년부터 65세 이상 인구가 매년 50만 명 이상 증가함에 따라 주 수요자 규모가 더욱 빠르게 성장할 것으로 예상된다(조윤정, 2016).²⁾ 이러한 시장의 경쟁은 스마트 헬스케어의 제품 및 서비스 가격에도 반영되어 고객의 수요에 적합한 제품 및 서비스의 가격을 형성하고 시장의 성장을 촉진시키게 될 것이다. 또한, 만성질환 관리치료비는 거시적으로 재정부담에 따라 통제 및 영향을 받을 수 있는 구조에 놓여있는데 유병률 관리에 유의미한 수준의 시간적 지연이 존재하는 점을 감안하면 정부의 의료비 통제 정책에 따라 만성질환의 관리에 있어서도 안정적이고 지속적인 효과성을 담보하기 어렵다는 점을 알 수 있다. 스마트 헬스케어 산업이 건강 수준을 비롯한 사회경제적 비용을 절감하는데 기여하고 있는 점과 더불어 산업 성장과 기술의 진보를 통해 개입에 따른 시간적 지연을 줄이고 관리효과를 안정적으로 유지할 수 있다는 점에 있어 의미 있는 대안으로 평가 받고 있다(경희대학교 산학협력단, 2014).

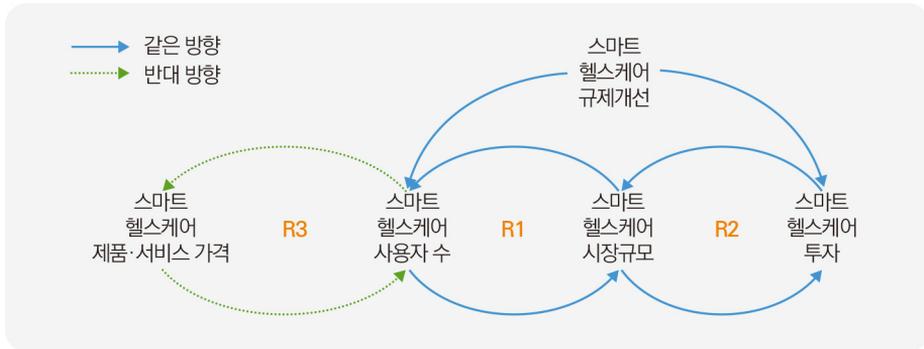
이상의 현황을 통해 [그림 1]의 스마트 헬스케어 산업의 강화(성장)루프, [그림 2]의 만성질환 관리의 균형(조절)루프 그리고 두 분야의 연계로 작성된 그림 3의 통합인과지도 상의 메커니즘에 따라 정부 및 산업계의 대응전략이 실제로 활발히 전개되고 있음을 알 수 있다. 실제로 고령화와 만성질환에 따르는 의료비 지출 요인이 재정부담을 가중시키면서 이로 인해 발생하는 직간접적인 국민의 의료비 부담을 경감시킬 필요성이 높아졌다. 이에 따라 저렴하고 신속한 의료서비스 제공을 목표로 전달체계의 효율성 제고 방안을 마련하기 위해 스마트 헬스케어 산업의 활성화는 주요 대안으로 범정부 차원에서 추진하고 있다(산업연구원, 2016).

이상 제시한 배경을 근거로 각각의 인과지도를 살펴보면 먼저 스마트 헬스케어 시장과 관련된 3종의 강화루프와 정부의 규제 정책 간 관계를 확인할 수 있다([그림 1] 참조). 각 루프에 관한 설명은 아래와 같다.

2) 스마트 헬스케어 시장규모는 2015년 8억 달러에서 연평균 42%의 빠른 성장을 통해 2021년 66억 달러에 달할 것으로 예상되며 OECD 국가의 의료서비스와 ICT의 접목을 통해 '17년 연간 약 4,000억 달러의 비효율적 의료비 절감이 예상된다.

- R1: 스마트 헬스케어 사용자 수가 증가할수록 스마트 헬스케어 시장규모는 증가하게 되며 시장규모의 증가로 인한 사용자 수 또한 증가하게 된다.
- R2: 스마트 헬스케어 시장규모가 커질수록 스마트 헬스케어 투자규모는 커지고, 투자 규모가 커질수록 시장규모도 커진다.
- R3: 스마트 헬스케어 사용자 수가 많을수록 스마트 헬스케어 제품과 서비스의 가격은 낮아지고, 가격이 낮아질수록 사용자 수는 증가한다.

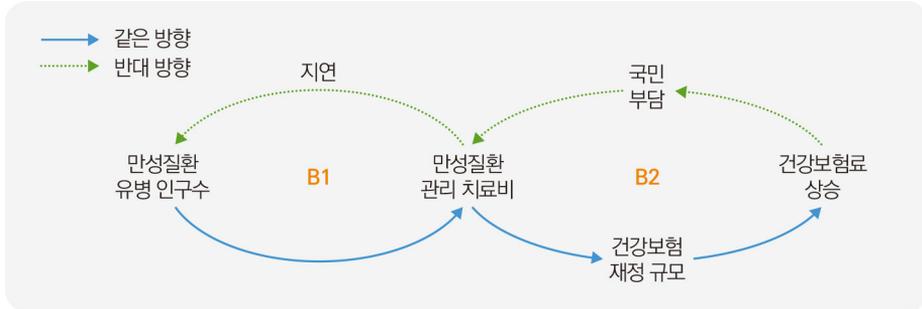
그림 1. 스마트 헬스케어 시장 관련 인과지도



다음으로 만성질환 관리 부분에서는 크게 2종(그림 2 참조)의 균형루프(Balanced Loop; B1, B2)를 중심으로 파악하였고 각 루프에 관한 설명은 아래와 같다.

- B1: 만성질환 유병 인구수가 증가하면 그에 비례하여 만성질환 관리치료비가 증가하고, 만성질환의 관리치료비가 증가함에 따라 시간 지연을 거쳐 만성질환 유병 인구수의 감소가 일어나게 된다.
- B2: 만성질환 관리치료비가 증가하면 건강보험재정의 압박이 커지고 건강보험료가 상승할 수밖에 없으며, 건강보험료의 상승은 국민부담의 증가를 부추겨 결국 만성질환 관리치료비의 지출을 조절하게 만든다.

그림 2. 만성질환 관리치료비와 유병 인구수 관련 인과지도



이상의 인과지도를 바탕으로 스마트 헬스케어가 만성질환 영역으로 접목된 통합적 인과지도는 그림 3과 같다. 통합 인과지도는 스마트 헬스케어 산업이 만성질환 관리와 연계되어 상호의존적인 구조로 작동하게 됨을 나타내고 있다. 전반적으로 스마트 헬스케어 만성질환 관리 인구를 늘리면 만성질환관련 유병 인구와 관리치료비 및 건강보험 재정 규모를 안정화시키며, 스마트 헬스케어를 통한 의료 서비스 제공 효율성이 입증되면 이는 스마트 헬스케어 규제개선 확대로 이어져 스마트 헬스케어 산업의 성장이 촉진할 수 있음을 나타내고 있다. 한편, 스마트 헬스케어 규제개선을 통한 산업투자와 더불어 전단계 만성질환 유병 인구수의 증가로 인한 스마트 헬스케어 규제개선에 유의미한 시간의 지연이 발생할 수 있다는 현실적 상황을 고려하였다.

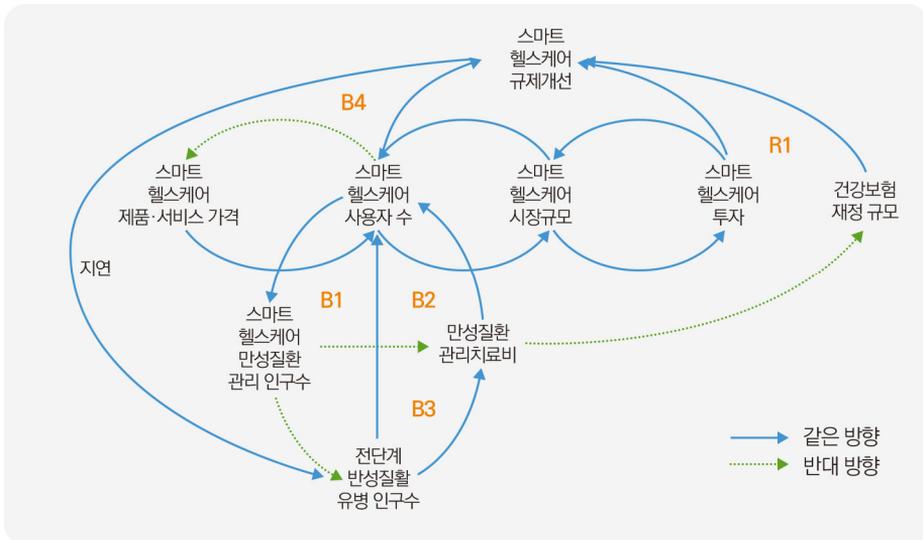
- B1: 스마트 헬스케어 사용자 수가 증가하면 스마트 헬스케어 만성질환 관리 인구수가 증가하고 그 결과, 전단계 만성질환 유병 인구수를 감소시켜 스마트 헬스케어 사용자 수를 감소시킨다.
- B2: 스마트 헬스케어 사용자 수가 증가하면 스마트 헬스케어를 통한 만성질환 관리 인구수가 증가하며, 관리 인구수가 증가함에 따라 만성질환 관리치료비가 경감된다. 한편, 관리치료비가 증가할수록 (비용부담에 따른) 스마트 헬스케어 사용자 또한 증가하게 된다.
- B3: 스마트 헬스케어 사용자 수가 증가하면 스마트 헬스케어를 활용한 만성질환 관리 인구수가 증가하며 그 결과, 전단계 만성질환 유병 인구수는 감소한다. 한편, 관리치료비가 증가할수록 (비용부담에 따른) 스마트 헬스케어 사용자 또한 증가하

게 된다.

B4: 전단계 만성질환 유병 인구수가 증가함에 따라 의료비 부담을 경감시키기 위한 스마트 헬스케어 규제개선 필요성이 증가한다. 그 결과, 스마트 헬스케어 사용자 수는 증가하고 스마트 헬스케어를 활용한 만성질환 관리 인구수의 증가가 일어나 그 효과로 전단계 만성질환 유병 인구수가 줄어들게 된다.

R1: 만성질환 관리치료비의 증가는 직접적으로 건강보험재정 규모를 악화시킨다. 한편, 건강보험재정의 규모가 증가하면 스마트 헬스케어 도입 및 확산 관련 투자를 비롯한 규제개선을 증가시킨다. 그 결과, 스마트 헬스케어 사용자수가 증가하고 이에 따른 만성질환 관리 인구가 확대됨으로 인해 만성질환 관리치료비가 경감된다.

그림 3. 스마트 헬스케어 통합 인과지도



3. 연구모형

스마트 헬스케어 서비스를 활용한 강원도 주요 만성질환(당뇨 및 고혈압) 관리사업의 효과성을 하기 위해 [그림 4]와 같은 연구모형을 마련하였다. 모형의 주요 내용을 요약

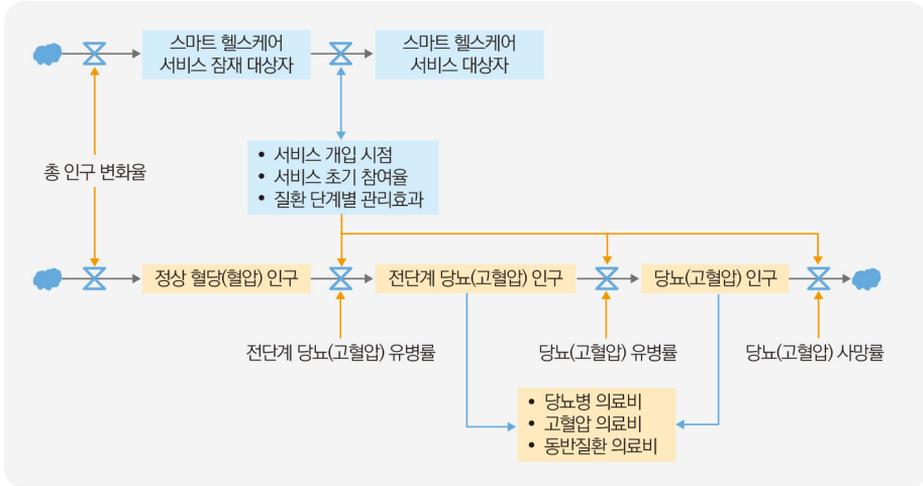
하면 스마트 헬스케어 대상자의 서비스 개입 시점, 초기참여율, 질환 단계별 관리효과의 영향에 따라 당뇨 및 고혈압 의료비와 동반질환에 지출되는 의료비 변화의 추이를 파악할 수 있도록 작성하였다.

구체적으로 살펴보면 스마트 헬스케어산업을 하기 위한 시스템 다이내믹스 모형은 크게 스마트 헬스케어 산업의 수요자 및 공급자 영역과 만성질환(고혈압, 당뇨) 인구 및 의료비 영역으로 구성하였다. 스마트 헬스케어 산업의 수요자 및 공급자 영역은 크게 수요자 측면에서의 수요자 수와 공급자 측면에서의 스마트 헬스케어 확산을 중심으로 모델링하였으며, 만성질환 인구는 관리 현황이 비교적 열악하며 진행과정에서 합병증의 위험 및 의료비 부담 수준이 상대적으로 큰 경향을 보여 강원도에서 스마트 헬스케어 서비스의 주요 제공 영역인 당뇨병 및 고혈압을 대상으로 하였다.

본 모델에 사용한 시간의 범위는 2013년부터 2030년까지를 포함하였으며 당뇨와 고혈압 인구는 본 연구에서 활용하고 있는 국민건강영양조사 자료의 기준을 준용해 30세 이상의 인구를 대상으로 하였다. 만성질환자의 유형을 질환의 전개 과정에 따라 '정상 혈당(혈압) 인구', '전단계 당뇨(고혈압) 인구' 및 '당뇨(고혈압) 인구'로 구분하였으며, '전단계 당뇨(고혈압) 인구'는 관리를 통해 '정상 혈당(혈압) 인구'로 전환되거나, 그렇지 않은 경우 병세가 악화되어 '당뇨(고혈압) 인구'로 전환되는 중간 단계로 보았다. 질환별, 질환 단계별 및 동반질환별로 의료비를 각각 산정하도록 하였다. 질환 단계별 인구 이동에는 총인구 변화율 및 질환별 유병률을 적용하였다.

시나리오에 활용된 조건을 세부적으로 살펴보면 스마트 헬스케어 서비스 대상자 변화는 초기 참여율이 얼마나 되는지 또는 개입 시점이 언제인지에 따라 그 수가 증감하게 되며 서비스 대상자의 비율은 예방중심 또는 치료중심의 관리효과를 통해 당뇨 및 고혈압 인구 변화를 일으켜 당뇨 및 고혈압 의료비와 더불어 동반질환 의료비의 변화가 나타나도록 관계를 작성하였다. 특히, 고혈압 및 당뇨 인구에 있어 질환의 초기단계일 때에는 관리효과의 작용에 의해 정상 수준으로 회복될 수 있으며 질환이 진행되어 당뇨 및 고혈압 치료를 받는 인구로 전환됨에 따라 의료비 지출이 가중되는 현상을 반영하여 관계를 설정하였다. 한편, 당뇨와 고혈압을 동반한 경우 관련 선행연구를 토대로 의료비 지출 비중을 반영하여 도출하였다.

그림 4. 스마트 헬스케어 서비스의 주요 만성질환(당뇨 및 고혈압) 관리 모델



IV. 연구 결과

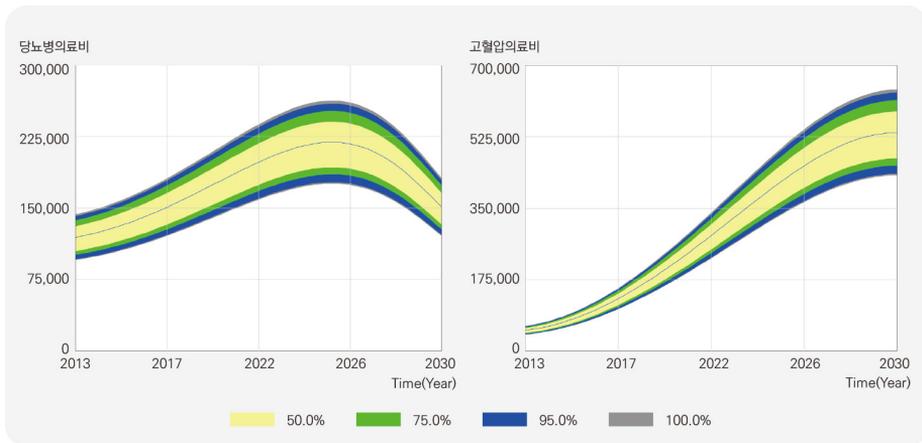
1. 연구모델의 타당성 검증 결과

시스템 다이내믹스 모형의 정확성 및 타당성은 크게 시뮬레이션을 수행하기 전 단계에서 CLD 구조의 현실 반영도 및 SFD 파라미터의 정확도를 살펴보는 방법과 시뮬레이션을 수행 후 그 결과를 실제 행태를 나타내는 준거 자료(reference mode)와 비교하거나 결과물이 변수 변화에 따라 안정적인 행태를 보이는지에 대한 민감도 (sensitivity analysis)를 실시하는 경우로 구분된다. 특히, 정책 대안에 대한 모형 구조의 반응을 살펴보는 민감도 이 활용된다.

결과를 위해 먼저 모형의 타당성을 검증하였다. 이를 위해 당뇨병 및 고혈압 환자의 1인당 평균 의료비 값의 변화에 따른 당뇨병 의료비 및 고혈압 의료비 민감도를 각각 평가하였다. 민감도를 위한 시뮬레이션은 200회 실시하였고 50%, 75%, 100% 범위에서 난수를 생성하여 결과 변화를 살펴보았다. 각각의 질환에 대해서 1인당 평

균 의료비 값을 $\pm 20\%$ 이내로 설정하여 민감도를 수행하였고 그 결과는 시간의 흐름에 따라 불균형하게 넓어지는 현상이 없이 일정하게 분포되어 본 모델의 작성은 타당한 것으로 확인되었다. 민감도에 대한 결과는 [그림 5]와 [그림 6]에 나타났다.

그림 5. 1인당 평균 의료비 값의 변화에 따른 당뇨병 의료비의 민감도
그림 6. 1인당 평균 의료비 값의 변화에 따른 고혈압 의료비의 민감도



2. 시나리오 별 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 스마트 헬스케어 사업에 대한 정책적 지원이 개입되는 시점에 따른 의료비 지출 수준의 변화, 초기 참여율의 변화에 따른 향후 의료비 지출 수준의 변화, 질환의 단계별 관리효과 조절에 따른 의료비 지출 수준의 변화에 대하여 각각 스마트 헬스케어 추진 전략 및 정책 시나리오를 수행하였다. 주요 시나리오는 다음과 같다.

- (시나리오 1) 서비스 개입 시점에 따른 의료비 수준 변화
- (시나리오 2) (초기)참여율의 변화에 따른 향후 의료비 수준 변화
- (시나리오 3) 질환의 단계별 관리효과 조절에 따른 의료비 수준 변화
- (시나리오 4) 당뇨와 고혈압 동반질환의 의료비 지출 변화

가. (시나리오 1) 서비스 개입 시점에 따른 의료비 수준 변화

스마트 헬스케어 서비스 개입 시점에 따른 강원도의 당뇨병 및 고혈압 의료비를 한 결과 상대적으로 개선 시점이 빠를수록 의료비 절감효과가 뚜렷하게 나타났다. 시뮬레이션 상에서 최초 개입 시점은 2018년이며 그 후로 2019년, 2020년, 2021년에 각각 서비스 개입이 이루어지는 시나리오를 적용하여 시뮬레이션 했다. 그 결과, 2018년에 스마트 헬스케어의 도입이 이루어진 경우, 2021년에 동일한 수준으로 서비스가 제공되기 시작한 경우에 비해 2030년 기준으로 약 10억 원 수준의 당뇨병 의료비와 약 14억 원 수준의 고혈압 의료비 절감이 가능한 것으로 나타났다. 특히, 개입 초기에는 차이가 미미하지만 개입 이후 시간이 흐를수록 점차 의료비 감소에 미치는 영향이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있으며 가시적인 의료비 지출 수준의 변화는 각각의 그래프에서 2021년 및 2025년부터 차이를 확인할 수 있다(그림 7, [그림 8] 참조).

본 의 결과는 서비스의 초기 개입 이후 수년 동안 가시적인 효과는 드러나지 않을 수 있기 때문에 서비스 제공환경에 따라 꾸준한 지원이 이루어져야 장기적으로 기대하는 의료비 절감효과를 거둘 수 있음을 시사한다.

그림 7. 서비스 개입 시점에 따른 당뇨병 의료비 추이

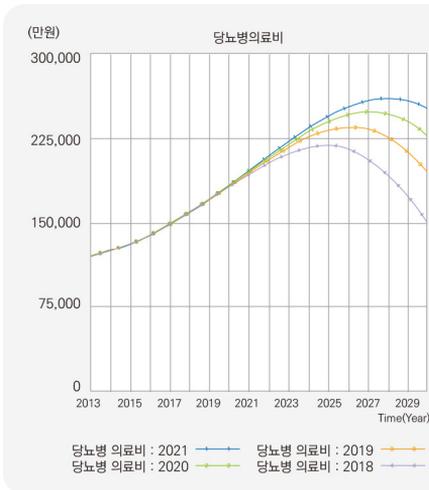


그림 8. 서비스 개입 시점에 따른 고혈압 의료비 추이



나. (시나리오 2) (초기)참여율의 변화에 따른 향후 의료비 수준 변화

다음으로 스마트 헬스케어 서비스에 대한 초기 참여율에 따른 당뇨병 및 고혈압 의료비의 변화는 [그림 9], [그림 10]과 같다. 본 모델의 초기 참여율을 실제 참여율과 유사한 0.8%로 설정하여 할 경우 당뇨병 의료비는 2025년부터 감소추세에 접어들어 2030년에 15억 원 규모로 지출될 것으로 예상된다. 한편, 초기 참여율이 0.8%에서 1%로 증가한 경우에는 당뇨병 의료비가 2024년부터 감소추세에 접어들어 2030년 기준으로 10억 원 규모로 절감이 가능한 것으로 나타났다. 같은 기준으로 초기 참여율을 1.2% 및 1.4%로 증가시킬 경우 당뇨병 의료비 지출 규모는 2023년을 기준으로 감소하는 것으로 나타났다. 고혈압 의료비 또한 마찬가지로 2030년 기준으로 초기 참여율 0.2%p 마다 약 4억 원 규모의 의료비 절감효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 초기 참여인구가 많을수록 같은 기간 동안 보다 높은 의료비 절감효과를 거둘 수 있을 뿐만 아니라 절감시기도 앞당길 수 있음을 알 수 있다.

그림 9. 대상자의 초기참여율에 따른 당뇨병 의료비 추이

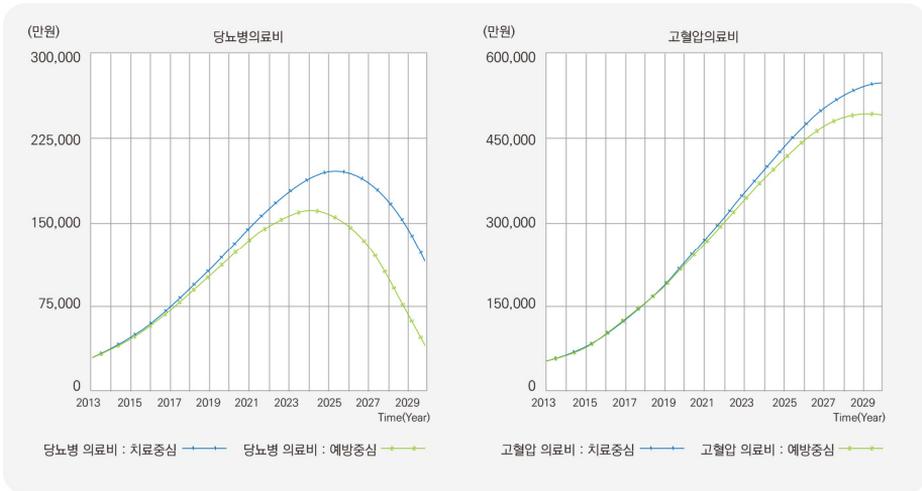
그림 10. 대상자의 초기참여율에 따른 고혈압 의료비 추이



다. (시나리오 3) 질환의 단계별 관리효과 조절에 따른 의료비 수준 변화

다음으로 질환의 단계별 관리효과 조절에 따른 당뇨병 및 고혈압 의료비 지출 수준의 변화를 확인하였다. 먼저, 예방중심의 관리효과를 측정하기 위해서 정상 혈당 및 전단계 당뇨관리효과에 60%의 가중치를 적용하고 당뇨병 환자의 관리효과에 40%를 적용하여 한 결과 2030년에는 17.3억 원 수준의 당뇨병 관리 의료비 지출이 예상되었다. 반대로 치료중심의 관리효과를 측정하기 위해서 정상 혈당 및 전단계 당뇨관리효과에 40%의 가중치를 적용하고 당뇨병 환자의 관리효과에 60%를 적용하여 한 결과 2030년에는 23억 원 수준의 당뇨병 관리 의료비 지출이 예상되었다. 상대적으로 치료중심의 관리효과를 개입시킨 시나리오 결과에 비해 예방중심의 관리효과를 개입시킨 경우 약 5.7억 원 규모의 절감효과를 보였다(그림 11) 참조).

그림 11. 관리효과 조절에 따른 당뇨병 의료비 지출 수준의 변화 그림 12. 관리효과 조절에 따른 고혈압 의료비 지출 수준의 변화



고혈압 의료비에서도 이와 같은 패턴을 확인할 수 있었다. 먼저, 예방중심의 관리효과를 측정하기 위해서 정상혈압 및 전단계 고혈압 관리효과에 60%의 가중치를 적용하고 고혈압 환자의 관리효과에 40%를 적용하여 한 결과 2030년에는 57.6억 원 수준

의 고혈압 관리 의료비 지출이 예상되었다. 반대로 치료중심의 관리효과를 측정하기 위해서 정상혈압 및 전단계 혈압관리효과에 40%의 가중치를 적용하고 고혈압 환자의 관리효과에 60%를 적용하여 한 결과 2030년에는 62.5억 원 수준의 고혈압 관리 의료비 지출이 예상되었다. 상대적으로 치료중심의 관리효과를 개입시킨 시나리오 결과에 비해 예방중심의 관리효과를 개입시킨 경우 약 4.9억 원 규모의 절감효과를 보였다(그림 12) 참조).

이상의 결과들은 질병의 치료보다 예방 활동이 의료비 절감에 더욱 높은 효과를 보이는 것으로써 효과적인 만성질환 관리를 위해서는 평상시 생활습관개선 서비스에 개입하는 것이 의료재정의 효율적인 운영에 도움이 됨을 재확인시켜주고 있다.

라. (시나리오 4) 당뇨와 고혈압 동반질환의 의료비 지출 변화

우리나라에서 고혈압 환자 중에 당뇨병을 앓고 있는 환자는 2016년 기준으로 약 64만 명(7.8%)으로 집계되고 있으며 당뇨병 환자 중에 고혈압을 동반하는 환자는 약 50~70% 수준으로 알려져 있다(대한당뇨병학회, 2018; 대한고혈압학회, 2018). 결과 개별 만성질환이 발생했을 때의 의료비보다 동반 질환으로 전개했을 때 의료비가 더 많이 지출되며, 이는 시간이 흐를수록 확대됨을 볼 수 있다. 2030년을 기준으로 당뇨와 고혈압 간 합병증이 없었을 때의 의료비는 약 70.5억 원이었으나 합병증이 발생한다고 가정하였을 경우 18.9%가 상승한 약 84억 수준의 의료비가 지출되는 것으로 전망되었다. 따라서 강원도 스마트 헬스케어 서비스의 전개는 개별 질환별 관리보다 동반 질환에 대한 관리로 전개되었을 경우 보다 효과적임을 알 수 있었다(그림 13) 참조).

개별 질환 의료비 및 동반 질환 의료비 산정식은 다음과 같다. 여기서 동반 만성질환자의 의료비용은 박성배 등(2017)의 연구결과를 기준으로 개별 만성질환자 평균 의료비의 2배로 산정하였다.

- 개별 의료비 = 당뇨병 인구*당뇨병 환자 1인당 평균 의료비 + 고혈압 인구*고혈압 환자 1인당 평균 의료비
- 동반 의료비(1인) = 당뇨병 인구*0.3*당뇨병 환자 1인당 평균 의료비 + 당뇨병 인구*0.7*(당뇨병 환자 1인당 평균 의료비 + 고혈압 환자 1인당 평균 의료비)/2)*2

$$+ \text{고혈압 인구} * 0.93 * \text{고혈압 환자 1인당 평균 의료비} + \text{고혈압 인구} * 0.07 * (\text{당뇨병 환자 1인당 평균 의료비} + \text{고혈압 환자 1인당 평균 의료비}) / 2 * 2$$

그림 13. 당뇨와 고혈압 동반질환의 의료비 지출 변화



V. 결론 및 제언

1. 주요 연구결과

의료계의 디지털 전환인 스마트 헬스케어에 대해 관심이 높은 것은 국내외가 다르지 않다. 고령화에 따른 국가의 지속가능성 논의의 핵심이 의료이기 때문이다. 우리나라의 경우 2016년 기준 만성질환 관련 진료비는 26조 원에 달하며 매년 8.1%씩 증가되고 있는 추세이다. 정부는 스마트 헬스케어를 적극적으로 도입할 경우 국가 의료비는 2025년 기준 7000억 원 이상 감소될 것으로 기대하고 있다. 식품의약품안전처(2018)는 “만성질환 전체를 대상으로 스마트헬스케어를 도입할 경우 사회경제적 효과는 당뇨병 중심의 사회경제적 효과 대비 10배 이상 창출될 전망”이라고 강조하면서 “65세 이상 노인의

절반이 넘는 숫자가 3개 이상의 만성질환을 보유하고 있다는 점에서 스마트 헬스케어를 통한 노년층, 특히 독거노인 등 시니어 케어 및 만성질환 관리의 파급효과는 더욱 클 것"이라고 전망하고 있다.

이러한 환경 속에서 본 연구는 비교적 오랜 기간 지속적으로 스마트 헬스케어 서비스를 제공하고 있는 강원도의 사례를 통해 의료비의 변화를 살펴보고자 하였다. 그 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 스마트 헬스케어 서비스 개입 시점에 따른 강원도의 당뇨병 및 고혈압 의료비를 한 결과 상대적으로 개선 시점이 빠를수록 의료비 절감효과가 뚜렷하게 나타났다. 스마트 헬스케어의 도입이 2018년에 이루어진 경우, 그 시작시기가 2021년에 비해 2030년 기준으로 약 10억 원 수준의 당뇨병 의료비와 약 14억 원 수준의 고혈압 의료비 절감이 가능한 것으로 나타났다. 본 에서 주요한 시사점으로는 서비스의 초기 개입이후 수년 동안 가시적인 효과가 드러나지 않았다는 점이다. 이는 스마트 헬스케어로 인한 기대하는 의료비 절감효과를 얻기 위해서는 이에 대한 지원이 꾸준히 지속적으로 이루어져야 함을 알 수 있다.

둘째, 스마트 헬스케어 서비스에 대한 초기 참여율에 따른 당뇨병 및 고혈압 의료비의 변화는 현재 초기 참여율인 0.8%에서 1%로 증가한 경우, 당뇨병 의료비는 2024년부터 감소추세에 접어들어 2030년 기준으로 10억 원 규모가 될 것으로 예측되었다. 이는 고혈압 의료비 절감도 비슷하게 전망되었는데 2030년 기준으로 초기 참여율 0.2%p마다 약 4억 원 규모의 의료비 절감효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 초기 참여 인구가 많을수록 같은 기간 동안 보다 높은 의료비 절감효과를 거둘 수 있을 뿐만 아니라 절감시기도 앞당길 수 있음을 알 수 있다.

셋째, 질환의 단계별 관리효과 조절에 따른 당뇨병 및 고혈압 의료비 지출 수준의 변화는 예상대로 정상 혈당 및 전단계 당뇨관리가 당뇨병 환자의 관리효과에 비해 의료비 절감에 효과적이었다. 이는 고혈압 의료비에서도 같은 패턴을 확인할 수 있었는데 의료재정의 효율적 운영을 위해서는 평상시 생활습관개선 서비스에 개입하는 등 예방활동이 주요함을 재확인하였다.

넷째, 스마트 헬스케어 서비스의 전개는 개별 만성질환의 관리보다 복합질환의 관리로 전개함이 보다 효과적임을 볼 수 있었다. 오는 2030년을 기준으로 당뇨와 고혈압 간 합병증이 없었을 때의 의료비는 약 70.5억 원이었으나 합병증이 발생한다고 가정하였을 경우 18.9%가 상승한 약 84억 수준의 의료비가 지출되는 것으로 전망되었다.

2. 정책적 함의

본 연구 결과를 토대로 강원도에서 고려해야 할 효과적인 만성질환 관리 프로그램의 관리 방향을 다음과 같이 제안할 수 있다. 먼저, 고혈압, 당뇨병 등의 만성질환의 경우 높은 유병률과 질병 부담으로 인해 발생 억제를 위한 예방적 건강관리가 중요하다. 만성질환의 위험 요인으로는 유전적, 건강 행태적, 환경적 요인 등으로 다양하나 특히 강원도에서 높은 수준을 보이고 있는 음주와 흡연과 같은 건강행태가 만성질환 발생에 강한 영향을 미치고 있어 만성질환 발생의 예방과 지연에 행동 교정이 주효한 것으로 알려져 있다. 현재 강원도 지역 내 보건소 등에서 실시하고 있는 건강증진사업의 효과를 높이고, 건강한 사람뿐만 아니라 당뇨병 전단계에 있는 대상자들의 건강행동 실천을 통해 질환 발생 여부를 정기적으로 모니터링 할 수 있는 제도적 뒷받침이 필요하다. 무엇보다 효과적 만성질환 관리는 결국 환자 스스로에 의한 관리가 최우선이기 때문에 의료기관에서 의약품 처방 외에도 행태 개선을 위한 적절하고 충분한 정보와 도움이 제공되어야 하고 지역사회에서 이용할 수 있는 운동 시설과 프로그램이 확충되어야 한다. 또한 취약한 의료 인프라로 인한 의료 이용의 불균형 및 공급체계의 효율성 제고와 중증환자의 진료 지연을 막기 위해서라도 경증질환자의 과도한 종합병원 외래 이용을 대체할 거주 지역 근처의 의원급 의료기관에 대한 만성질환 관리 역량 강화가 시급하다. 현재 강원도는 인구감소에 따른 시설 수요의 감소가 공급 감소로 이어져 전반적 건강생활 인프라의 활용성 제고가 필요한 상황이며 베이비부머의 노화에 따른 만성질환 수요 폭증에 대비하기 위해서라도 커뮤니티 케어 등 일차의료 중심의 만성질환 관리 체계의 조기 구축이 요구된다. 이와 함께, 초고령사회에 대응하는 만성질환 관리체계를 수립할 필요가 있다. 만성질환 발병률이 상승하고 노인 만성질환자가 늘어나면서 2개 이상의 만성질환을 동시에 가지고 있는 복합만성질환자가 늘어나고 있다. 고혈압, 당뇨병 환자의 상당수가 관절염, 위장병 등 다른 질환을 가지고 있으며, 연령이 높아질수록 2개 이상의 만성질환을 앓을 확률이 증가했다. 복합만성질환자는 의약품이 중복 투약될 가능성이 있으며 효과적인 질병 치료를 위해 의료서비스를 조정·연계할 필요가 있으나, 현재 국내에서는 복합만성질환자에게 통합적인 서비스를 제공하는 제도가 미흡하다. 향후 다가올 초고령사회에 효과적으로 대응하기 위해서는 복합만성질환자의 의료서비스 조정·연계 체계에 대해 더욱 많은 관심을 기울여야 하겠다.

이와 함께 스마트 헬스케어 사업을 추진한 강원도의 미시·운영적 관점에서는 업무 수행에 장애가 되고 있는 다음과 같은 사항에 대해서도 세밀한 지원이 필요하다. 먼저, 현재 추진중인 사업의 주 목적인 강원도의 취약한 건강생활 인프라 및 접근성 확보 등이 원활하게 달성될 수 있도록 운영자들의 업무 수행 협조 및 지원체계가 확충될 필요가 있다. 스마트 헬스케어 사업 관련하여 원격으로 수행되는 진료에 동반되는 처방이나 투약 시 필요한 가이드라인과 더불어 사용가능한약품, 장비 활용 등에 대한 사전 교육, 지급된 장비 등의 고장 및 불량 시 신속한 수리지원, 정보시스템과 장비간의 지속적인 업데이트 지원, 비대면 진료에 따른 부담감소, 시스템 활용 교육 및 시스템 사용편의성 개선 등을 주요 개선 항목으로 제안할 수 있다(정윤 등, 2018). 같은 거시·제도적 환경 속에 놓여있더라도 누가 운영하는가에 따라 그 효과가 다르게 창출되는 것이 바로 미시·운영적 장애요인을 어떻게 처리하였는가에 있기에 스마트 헬스케어의 안정적 사업 추진을 위해서 현장중심에서 우선적으로 접근함이 필요하다.

마지막으로, 박은자 등(2016)에 의한 고혈압(386명)당뇨병(228명)환자의 질환관리 경험 및 관련 제도에 대한 인식 조사 결과는 스마트 헬스케어 전개에 많은 시사점을 얻을 수 있다. 본 조사에 의하면 고혈압 및 당뇨병의 평균 이환 기간은 각각 7.5년, 8.0년이었으며 진단 후 치료 시작기가 고혈압 환자의 19.4%는 평균 8.7개월 후, 당뇨병 환자의 14.9%는 평균 16.5개월 이후로 나타나 조기 개입이 필요한 실정임을 볼 수 있다. 고혈압·당뇨병 관리에 있어 고혈압 환자의 65.3%와 당뇨병 환자의 56.1%가 의원급 의료기관이 가장 적합한 것으로 나타나고 있어 만성질환 관리는 편리성과 자신의 상태를 잘 알고 있음이 중요함을 볼 수 있다. 질환 관리는 주로 약물복용에 중점을 두고 있었고 식이조절 및 신체활동 실천의 필요성을 알고 있으나 잘 실천하지 못하였으며, 고혈압·당뇨병환자들은 합병증에 대한 불안감이 커서 맞춤형의 상담과 건강정보 제공, 전문영역에 대한 상담지원, 생활습관의 개선정도와 합병증 검사결과에 대한 문자 서비스 제공이 필요하였다. 이상의 조사결과를 통해 스마트 헬스케어가 만성질환관리의 편리성을 제고하여 조기개입은 물론이고 개인별 질환 자료축적에 의한 구체적 정보 제공을 통해 합병증의 불안감 해소에도 실제적 수단이 될 수 있을 것으로 기대된다.

더 나아가 스마트 헬스케어의 활성화를 위해 강원도의 다음과 같은 미거시적 정책들의 추진을 고려할 수 있다. 먼저 거시적 측면에서 예방 중심적 활동을 자극하는 건강보험수가제 개선, 인허가 기간의 획기적 단축과 규제프리존을 통한 ‘선 허용, 후 규제’의

네거티브 방식 도입을 통한 부작용 최소화 조치, 의료기관에서 생성되는 헬스케어 데이터의 소유와 활용에 있어 개인정보보호 문제, 세계 최고 수준을 보이는 의료정보의 양과 다양성의 개별화 및 파편화를 해결할 수 있는 정보 표준화의 문제 등이 국가 전체적인 측면에서 해결되어야 할 것이다. 이와 함께 강원도는 스마트 헬스케어관련 소재, 부품, 완제품, 헬스플랫폼 및 서비스의 밸류 체인별 도내 산업과의 연계, 비식별화를 전제로 한 개인 건강정보의 의료빅데이터 연계·활용 인프라 구축, 유전체·의료·질병정보 융합 플랫폼 구축, 연차별 로드맵 및 액션플랜 수립 추진과 인력양성 등이 우선적으로 필요하다(김석중, 김인중, 2016).

한편, 다른 조건이 동일할 때 서비스 개입 시점을 조절하더라도 사업효과가 나타나기 까지 대략 6~8년간의 시간지연이 나타난 결과를 통해 방법론적 측면에서 나타난 다음과 같은 함의를 제시하고자 한다. 첫째, 혁신의 모습은 선형적이지 않다는 점이다. 실제 혁신의 모습은 축적과 돌파라는 변화의 일반적 행태를 보이는데 이렇게 비선형적으로 나타나는 혁신의 패턴을 선형적으로 이해할 때 문제가 발생한다. 즉, 산업투자를 비롯한 정책의 개입은 가능한 빠르게 목표로 하는 수준을 '돌파'하는 혁신의 모습을 기대하지만 실제로는 상당기간 변하지 않는 '축적'의 시간을 요한다. 이 기간이 길면 갈수록 혁신은 거품 논란에 빠지게 되며 투자와 정책 개입이 중단될 가능성이 높아진다. 그러나 결과에서와 같이 시간의 흐름에 따른 변화의 폭이 커지듯이 이 기간은 혁신을 위해서는 필연적으로 요구되는 기간이다. 따라서 축적과 돌파를 이해하는 사고와 틀로 혁신을 파악하려는 시도가 중요하다. 둘째, 혁신은 '이질성의 새로운 결합(new combinations)'에서 발생한다는 점이다(Schumpeter, 2009). 혁신의 바탕이 되는 여러 이질적 시장 간 융합은 상호 충돌의 문제를 어떻게 조화롭게 믹스할 것인가에 대한 충분한 이해와 및 통찰이 선행되어야 한다.

본 연구결과를 통해 예상보다 느린 축적의 시간을 거쳐야만 혁신에서 기대하는 온전한 모습을 볼 수 있기에 과도한 기대로부터 한발 물러나 스마트 헬스케어의 진면목이 발휘될 수 있도록 인내하며 기다리는 것('wait and see') 또한 새로운 시장이 갖고 있는 '이질성의 결합'이라는 역동성의 이해와 더불어 충분히 고려해야 할 전략이 될 수 있음을 강조하고자 한다.

이상의 함의에도 불구하고 본 연구에는 다음과 같은 한계가 존재한다. 먼저, 모형에 제시된 스마트 헬스케어와 만성질환 관리 구조를 포함한 주요 변수 간 관계의 타당성을

확보하기 위해서는 보다 명확한 근거 기반의 모델링이 선행될 필요가 있다. 또한, 현실적 제약으로 인해 실제 수행된 서비스의 성과를 실측한 마이크로 데이터 대신 주요 변수에 대한 매크로 데이터와 선행연구를 참조한 추정치 등의 가용한 자료를 수집하여 시뮬레이션을 수행한 점은 연구의 한계로 남는다. 이와 함께 스마트 헬스케어 서비스의 제공으로 인해 발생한 성과를 보다 명확히 연계하여 측정할 수 있는 연구 설계가 요구되지만 시나리오에 의한 예측 결과를 비교한 점 또한 아쉬운 점으로 남는다. 본 연구는 이러한 한계를 보완하기 위해 결과를 토대로 강원도 산업 환경 및 정책 목표를 고려한 시사점을 제시함으로써 결과의 활용성을 높이고자 했다. 또한 테스트 베드로서의 강원도 스마트 헬스케어 사업에 대해 축적과 돌파로 요약되는 시스템 사고 기반의 정책적 시사점 도출을 통해 향후 전국 단위 사업 전략의 근거 마련에 일조하고자 하였다.

정윤은 한림대학교에서 경영학 석박사학위를 받았으며, 현재 한림대학교 의료경영연구소 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 의료시스템 지속가능성, 의료경영전략, 비즈니스 다이내믹스 등을 연구하고 있다.

(E-mail: ychung@hallym.ac.kr)

이견직은 KAIST에서 경영과학 석박사학위를 받았으며, 현재 한림대학교 경영학과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야로 의료경영전략 및 운영관리, 고령친화산업, 비즈니스 다이내믹스 등을 연구하고 있다.

(E-mail: leeway@hallym.ac.kr)

참고문헌

- 강민영, 박도휘, 김광석. (2018). 스마트 헬스케어의 현재와 미래. 서울: 삼정KPMG 경제연구원.
- 경희대학교 산학협력단. (2014). 헬스케어 新시장 창출을 위한 정책연구. 세종: 산업통상자원부.
- 국민건강보험공단. (2017). 건강보장정책 수립을 위한 주요 질병의 사회경제적 비용. 원주: 건강보험정책연구원.
- 김석중, 김인중. (2016). 스마트 헬스케어산업 도약을 위한 과제. 춘천: 강원발전연구원.
- 김수범. (2015). 디지털-헬스케어 융합산업 동향, 청주: 한국보건산업진흥원.
- 노영민, 이지언, 박준희, 최남희, 잭 호머, 윤은경. (2016). 당뇨병 예방 및 관리의 시스템 사고. 한국 시스템다이내믹스 연구, 17(1), pp.25-40.
- 박성배, 김예슬, 조경희, 이상현, 최영은, 한규태 등. (2017). 복합만성질환자 의료이용 통한 관리 체계 모형 개발. 고양: 국민건강보험 일산병원 연구소.
- 박준희, 윤은경, 노영민, 정은숙. (2019). 고혈압 치료 순응의 인과순환적 구조. 한국 시스템다이내믹스 연구, 20(2), pp.5-23.
- 산업연구원. (2016). 스마트 헬스케어산업의 사회경제적 효과와 정책적 시사점. 세종: 동기관.
- 식품의약품안전처. (2018). 스마트 헬스케어 의료기기 기술·표준 전략 보고서. 청주: 동기관.
- 정윤, 박성휘, 이견직. (2018). 디지털 헬스 시스템 성과연구: 강원도 사례를 중심으로. 의료경영학연구, 12(3), pp.13-21.
- 정윤. (2018). 지속가능한 의료시스템의 동태적 메커니즘 탐색. 박사학위논문, 한림대학교.
- 조윤정. (2016). 스마트헬스케어의 부상에서 찾아야 할 기회요인. 서울: KDB산업은행.
- 이한나, 윤은경. (2016). 비만 예방 및 관리의 사회생태계. 한국 시스템다이내믹스 연구, 17(4), pp.35-53.
- 최은옥, 곽찬영. (2008). 당뇨병 환자의 혈당변동에 대한 시스템 다이내믹스 모델 개발. 한국시스템 다이내믹스 연구 9(1), pp.155-170.

- 최진영, 고유상, 이승철, 강찬구, 최우석. (2011). 헬스케어 3.0: '건강수명' 시대의 도래. 서울: 삼성경제연구소
- 대한고혈압학회. (2018). Korea Hypertension Fact Sheet 2018. 서울: 동 기관.
- 대한당뇨병학회. (2018). Diabetes Fact Sheet in Korea 2018. 서울: 동 기관.
- Frood, S., Johnston, L. M., Matteson, C. L. & Finegood, D. T. (2013). Obesity, Complexity, and the Role of the Health System. *Current Obesity Reports*, 2(4), pp.320-326.
- Homer, J. & Hirsch, G. (2006). System Dynamics Modeling for Public Health: Background and Opportunities. *American Journal of Pubic Health*, 96(3), pp.452-458.
- Incioglu, F. A. (2007). dynamic simulation model for long-term hypertension progression. *25th International Conference of the System Dynamics Society*. Boston: Massachusetts, July 29-August 2.
- IOM. (2001). *Crossing the Quality Chasm*. National Academy Press.
- Jones, A. P., Homer, J. B., Murphy, D., Essien, J., Milstein, B., & Seville, D. (2006). Understanding diabetes population dynamics through simulation modeling and experimentation. *American Journal of Pubic Health*, 96(3), pp.488-494.
- Schumpeter, J. A. (2009). *Can Capitalism Survive?: Creative Destruction and the Future of the Global Economy*. NY: HarperCollins.

A Study on Smart Healthcare Effectiveness of Chronic Disease Management Using Dynamic Simulatation Approach: Focused on Gangwon Province

Chung, Yoon
(Hallym University)

Lee, Kyun Jick
(Hallym University)

With the paradigm shift to the hyper-connected society, smart healthcare has emerged as a key factor for building cost-effective and sustainable healthcare systems. Smart healthcare can take a considerable amount of time to show its effectiveness, and resistance to technology and society may arise from mutual heterogeneity. However, it is still difficult to understand the dynamic characteristics of the majority of studies because they analyzed the phenomenon of policy and technology intervention based on a linear perspective. Therefore, this study aims to analyze the nonlinear dynamics of smart healthcare applied to chronic disease management by using dynamic simulation and to suggest strategic implications. The research method used system dynamics to utilize dynamic simulation. First, the structure between variables was created by Causal Loop Diagram (CLD) and converted into a Stock Flow Diagram (SFD) for quantitative analysis. Macro data and estimates were used as variables in the study, and the experiments were simulated using a hypothetical scenario. The results showed that the faster the intervention of smart healthcare service, the higher the initial participation rate of the service, the more preventive service than the treatment, the more intervention in the complex disease than the single disease, In conclusion, in order to effectively manage chronic diseases by applying smart healthcare, it is important to persevere the time required for innovation and to understand the non-linear dynamics of technological and social co-evolution.

Keywords: Dynamic Simulation, Chronic Disease, Smart Healthcare, System Dynamics, Scenario Analysis