

시스템 다이내믹스를 활용한 경상남도 의사인력 수급추계를 통한 적정성 연구

김영수¹⁾, 정백근²⁾, 이경민³⁾
창원경상국립대학교병원¹⁾, 경상국립대학교 의과대학²⁾, 단국대학교 의과대학³⁾

Analyzing the Projection of Physician Workforce Supply and Demand in Gyeongsangnam-Do, South Korea, through System Dynamics

Youngsoo Kim¹⁾, Beak-Geun Jeong²⁾, Gyeong-Min Lee³⁾
Gyeongsang National University Changwon Hospital¹⁾, Department of Preventive Medicine,
Gyeongsang National University²⁾, Department of premedical, College of Medicine, Dankook University³⁾

= Abstract =

Background: The adequate provision of medical care relies on the availability of a suitable number of healthcare professionals. To ensure stability in healthcare delivery, it is crucial for a country to accurately estimate and address the supply of doctors. This study aims to contribute to the formulation of effective policies for securing and distributing doctor manpower, with a focus on medically underserved areas at both the national and local government levels.

Methods: Employing the system dynamics methodology, this research utilizes stock and flow diagrams, including level and rate diagrams, to quantitatively analyze the cumulative structure of the doctor supply and demand system.

Results: The analysis reveals a substantial shortage of clinical doctors in Gyeongsangnam-do, amounting to 15,477 as of 2021. Projections indicate a need for an additional 7,570 doctors by the year 2050 to maintain the current healthcare service level. Examination of medical treatment rights and distribution across cities and counties indicates an insufficiency in doctor supply relative to demand in the majority of regions. Alternative scenarios, such as increasing medical school enrollments and adjusting retirement ages, were explored, yet none provided a sufficient resolution to the shortage.

Conclusion: The findings underscore an impending exacerbation of the doctor shortage in Gyeongsangnam-do if the existing system is perpetuated. Addressing this issue necessitates not only augmenting the number of medical school students and adapting retirement age policies but also implementing diverse strategies employed successfully in other countries. This study serves as a

* Received August 14, 2024; Revised September 13, 2024; Accepted September 19, 2024.

* Corresponding author 1: 정백근, 경상남도 진주시 진주대로 816번길 15, 경상국립대학교 의과대학 예방의학교실
Beak-Geun Jeong, Department of Preventive Medicine, Gyeongsang National University, 15, Jinju-daero 816beon-gil,
Jinju-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea
Tel: +82-55-772-8017, Fax: +82-55-772-8013, E-mail: jbbkkr94@gmail.com

* Corresponding author 2: 이경민, 충청남도 천안시 동남구 단대로 119 의학관, 단국대학교 의과대학
Gyeong-Min Lee, Department of premedical, College of Medicine, Dankook University, 119, Dandae-ro, Dongnam-gu,
Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Republic of Korea
Tel: +82-41-550-3295, Fax: +82-41-559-7940, E-mail: lgm910212@dankook.ac.kr

* 이 연구는 경상남도 공공보건의료지원단의 연구비 지원을 받았습니다.

foundational step in informing evidence-based policies aimed at securing an ample and appropriately distributed doctor workforce for sustainable healthcare delivery.

Key words: Gyeongsangnam-do, South Korea ; Physician Workforce Projection ; Underserved Healthcare Region ; Doctor Workforce Augmentation

서론

의사를 비롯한 보건의료인력은 보건의료서비스 생산요소 중 가장 중요한 자원으로서 서비스 공급의 중추적인 역할을 한다[1]. 현재, 한국은 의사인력 확대를 위한 의과대학 정원 확대 문제로 큰 사회적 갈등을 겪고 있다. 그동안의 의사인력 추계 연구들은 모두 전국 단위로 이루어졌기 때문에 광역 및 기초 지방자치단체에서 정책을 위한 근거자료로 사용하는데 한계가 있었다.

이러한 보건의료인력의 지역 간 불균형은 대부분 국가가 겪고 있는 문제로, 2020년 기준 시도별 의료인력 현황에 따른 의료보장 적용 인구 천 명당 활동 의료인력을 살펴보면 대도시 지역은 전국 평균인 9명보다 높지만, 그 외의 지역의 경우 전국 평균보다 낮은 것으로 나타나[2], 우리나라 역시 지역 간 보건의료인력 배치의 불균형이 있음을 알 수 있다.

2020년 대한민국 임상 의사 수(한의사 포함)는 인구 1,000명당 2.5명으로 OECD 평균인 3.7명과 비교해 낮으며, OECD 국가 중에서 두 번째로 낮은 수치이다[3]. 보건의료 이용량과 관련된 통계를 살펴보면 OECD 가입국의 국민 1인당 연간 의사 진료 건수는 2000년에 5.7건에서 2019년 6.8건으로 약간의 증가를 보이고 있는 반면, 한국은 2002년 10.6건에서 2019년 17.2건으로 큰 폭으로 증가하고 있어[3], 인구 천 명당 의사 수는 적은 반면 의료 이용량은 상승하고 있음을 알 수 있다.

건강보험심사평가원에 따르면, 경상남도는 2022년 기준 의료기관 수가 5,531개소이며, 의사, 치과의사, 한의사, 간호사, 약사를 포함한 보건의료인은 26,661명으로 전국 대비 5.8%를 차지하고 있다. 이는 인구 1,000명 당 의료인 수가 7.4명이고 전국 의료인 수 8.1명에 비해 적은 것으로 나타난다. 이 중 의사인력 수는 5,716명으로 전국 대비 5.1%에 해당한다. 진료과목은 내과, 가정의학과, 외과 순으로 많은 것으로 나타난다. 이에 반해 전체 환자 진료건수는 2021년 기준 전국 대비 6.5%를 차지

하는 약 5,505만 건이며, 전체 환자 진료비는 약 4조 798억 원으로 나타났다[4].

경상남도의 의료수요량 대비 공급량을 살펴보면 경상남도는 2050년 공급보다 수요가 12,043명 많아질 것으로 예측되어, 타 시도와 비교해 수요량이 2배가량 더 많은 것으로 예측되었다[5]. 또한 의료수요량 대비 공급량 역시 매우 부족한 것을 알 수 있다. 경남의 의사 수요, 공급의 불균형은 급여 수준으로도 나타난다. 2021년의 연구에서 경남은 전국에서 가장 높은 의사 급여 수준을 보였다[6].

의학 계열 졸업자 수를 살펴보면 우리나라는 2020년 인구 십만 명당 7.2명으로 OECD 가입국 평균인 13.6명 대비 절반 수준에 해당하며 OECD 가입국의 평균이 2015년 대비 1.5명 증가한 것과 비교해 우리나라의 경우 오히려 0.4명 감소하였다[7].

특히 경상남도 내 의과대학 정원을 살펴보면 인구 십만 명당 2.3명으로 전국 평균인 6.0명과 비교해 절반이 되지 않는 것으로 나타난다. 이는 경상남도 내 양성되고 있는 의사인력 수 역시 부족함을 의미하는 것으로 경상남도의 적극적인 의사 인력 확보를 위한 정책 마련이 시급한 실정이다.

경상남도 내 의사 인력 부족 현상은 이미 나타나고 있는데 도내 주요 국립대학병원에서 전문의 모집에 어려움을 겪고 있다. 이러한 의사 부족 현상은 남아 있는 의료진의 피로도를 가중시켜 의사의 이탈을 심화시키는 악순환의 구조로 연결되어 이에 대한 대책 마련이 필요하다. 뿐만 아니라 경상남도에는 2027년을 목표로 개원을 준비 중인 경상남도의료원 진주병원과 확장 이전을 계획하고 있는 통영 및 거창적십자병원 그리고 증축을 진행하고 있는 마산의료원에서 수 년 이내에 다수의 의사 인력에 대한 수요가 증가할 것으로 예상되어, 경상남도 내 의사 인력 확충 방안과 관련해 장기 대책뿐만 아니라 단기 대책의 마련 역시 시급한 실정이다.

응급의료취약지로 분류된 산청군보건의료원의 경우 2022년 4월 내과 전문 공중보건의의 복무

기간 만료 이후 후임자를 채용하지 못해 내과 전문의의 자리가 1년간 공석으로 있었는데 이와 같이 의료취약지역은 의사 인력의 채용과 유지에도 큰 어려움이 있다.

기존 의사인력 추계의 국내연구는 1990년 이전 자료의 한계로 보건지표 및 의사 대비 인구비 (Physician to population ratio; PPR) 등을 적용하였고[8], 1990년 이후 의료보험자료를 통한 회귀식 및 시계열 분석이 시작되었다[9]. 2000년 초기 국민 소득 대비 기준 비교 및 상한선과 하한선 기준의 시나리오 분석을 시도하였다[10,11]. 2010년 이후에는 의료이용량에 근거한 의료수요 추계방법 및 경제학적인 의사노동시장 동태모형 등 더욱 다양한 추계방법이 제시되었다[12,13]. 특히 2015년 한국보건사회연구원에서는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 보건의료 공급체계의 재설계에 대한 수급 모형을 제시하였으나 이는 보건의료 공급체계 전반을 거시적으로 다루고 있다[14]. 국외에서도 Koichubekov, B. (2021) 연구에서 필요 기반 시나리오를 통한 연구[15]와 Planning Division Ministry of Health Malaysia (2019)의 의료인의 인력 대비 인구비율, 의료이용 수요 접근법, 의료이용 대상 접근법으로 나누어 추계한 연구[16], Natarai, S. (2014) 미국의 전체 의료인력 계획 연구[17], T. Ishikawa (2017)의 일본 의사인력의 지리정보시스템과 연계한 연구[18], B. Leerapan (2021) 태국의 보건의료인력 수요 추계 연구[19] 등 시스템다이내믹스 의료인력 수급추계 연구가 이루어지고 있다.

이러한 의사 인력의 불균형적인 분포를 해결하기 위해 의료취약지역에 의사 인력을 어떻게 분배하고 유지할 것인가에 대한 정책적 대안이 필요하다. 이에 본 연구는 한국의 광역 지방자치단체 중의 하나인 경상남도 내 기초자치단체의 의사인력 분포를 조사하고 장기적인 의사인력의 수급을 추계하여 의사 인력 확보 및 의료취약지역으로의 적절한 배분을 위한 정책의 기초자료 마련을 목적으로 한다.

연구 방법

1. 의사인력 공급

교육부(Ministry of Education)의 교육통계연보를 통한 의과대학 입학, 재학, 졸업자 수를 활용하였고, 한국보건의료인국가시험원(Korea Health Personnel Licensing Examination Institute)의 면허등록시험 합격자 수, 국방부(Ministry of National Defense)의 병무통계를 통한 군의관 및 공중보건의 수와 국민건강보험공단과 건강보험심사평가원(National Health Insurance Service & Health Insurance Review & Assessment Service)의 건강보험통계연보의 임상 의사, 일반의, 인턴, 레지던트, 전문의 수를 경상남도의 각 시군구별로 활용하였다. 분석 자료는 모두 2021년을 기준으로 사용하였다.

2. 의사인력 수요

분석 자료는 통계청(Statistics Korea)의 인구동향조사 및 장래인구추계를 통한 인구성장모형에 필요한 연령별 인구수와 출산, 사망 등을 활용하였고, 국민건강보험공단과 건강보험심사평가원(National Health Insurance Service & Health Insurance Review & Assessment Service)의 건강보험통계연보를 통해 외래와 입원에 따른 환자 수와 내원일수를 활용하였다. 분석자료는 모두 2021년을 기준으로 사용하였다.

3. 연구변수

1) 의사인력 공급

국내 의사인력 공급 과정은 추계 목적을 고려하여, 22개의 저량변수, 48개 유량변수, 92개의 보조변수들을 활용 및 구성하였다. 의과대학 및 의학전문대학원의 입학, 재학, 졸업 이후 자격면허 시험의 등록, 응시, 합격 여부와 일반의 혹은 전공의 과정, 전문의 과정으로 구성하고 유출량은 각각의 손실인력으로 설정하였다. 본 연구의 최종 손실인력은 기존 연구의 사망, 해외 이주, 은퇴와

더불어 면허정지 및 재발급의 자료를 추가적으로 고려하였다(부록 표 1-6, 부록 그림 1 참고).

2) 의사인력 수요

추계 목적을 고려하여 연령별, 성별 조정된 인구 모델에 쓰인 총 14개의 저량 변수와 28개의 유량 변수를 설정하였고, 210개의 인구 모듈 결과 변수, 의료이용 형태별 의료 이용량과 의사인력 근무일수, 1인당 의사 진료량 등 의사의 생산성을 보조변수로 설정하였다(부록 표 7-8, 부록 그림 2 참고).

4. 분석방법

분석 방법으로는 정량적으로 시스템의 누적 구조를 파악하고자 시스템 다이내믹스(System dynamics) 방법론 중 저량유량도(stock and flow diagrams; level and rate diagrams)를 사용하여 분석하였다. 시스템 다이내믹스 방법론은 1950년대 MIT대학의 Forrester 교수에 의해 개발되었는데 시스템 구성 요소 간의 인과관계를 통해 시스템적 사고에 기반하여 모델화 및 시뮬레이션을 수행하여 행태 변화 및 미래예측, 정책 효과 분석에 주로 사용되고 있다[20]. 이는 변화의 값을 축적하며, 적분 처리를 위한 저량(stock)변수와 유량(flow)변수, 보조(auxiliary)변수, 상수(constants), 룩업(lookups)함수, 데이터(data, exogenous)변수 등으로 구성하여 출력 요소의 변화량인 미분(differential)과 변화량을 모으거나 누적(accumulation)하는 적분(integral)으로 구성된 수학적 개념이다.

본 연구는 저량변수와 유량변수의 동태적인 변화량 파악 및 유기적인 구조 이해를 위한 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 지역별 의사인력 수급을 추계하였다. 지역간 독립성 혹은 오차의 등분산성(homoscedasticity) 가정에 의존하여 공간적 변이를 고려하지 못하는 일반최소제곱법(ordinary least squares; OLS)의 한계점을 극복하고자 고안된 지리적 가중회귀모형(geographically weighted regression; GWR)과

동일한 효과를 위해, 22개의 지역별 공개자료를 활용하여 각 변수들을 입력하였다.

이를 통해 자료가 충분한 2021년을 기준으로 설정하여 2050년까지 총 30년을 추계하였다. 2021년 기준자료 이전의 자료가 확보 가능한 인구통계 및 의료이용량 등은 과거 자료를 함수기능을 활용하여 반영하였다. 이는 시스템 다이내믹스 모델링을 학습할 수 있는 교육용 소프트웨어 Vensim PLE x64를 사용하여 분석하였다.

5. 연구윤리

본 연구는 경상국립대학교 기관생명윤리위원회 연구윤리 승인을 받았다(승인번호 GIRB-D24-NX-0012).

결 과

Table 1은 경상남도 22개 지역별 활동의사(practicing physician)인력 공급 추계 결과표이다. 저량유량도를 활용한 경상남도 의사인력 공급 추계는 2021년(initial time)부터 2050년(final time)까지 시간 간격(time step)을 연 4분기(units for time)로 설정하여 총 30년을 추계하였다. 2050년 기준 진주시 1,147명과 양산시 1,145명을 제외하고 모두 1,000명 미만의 의사인력 공급을 나타내고 있다. 모든 지역에서 2021년에 비해 2050년 의사인력 공급이 지속적으로 증가하는 것으로 추계되었다.

Table 2는 경상남도 22개 지역별 활동의사인력 수요 추계 결과표이다. 이는 공급 추계와 마찬가지로 2021년(initial time)부터 2050년(final time)까지 시간 간격(time step)을 연 4분기(units for time)로 설정하여 총 30년을 추계하였다. 2050년 기준 창원시 의창구 4,916명과 김해시 4,287명을 제외하고 모두 4,000명 미만의 의사인력 수요를 나타내고 있다. 모든 지역에서 2021년에 비해 2050년 의사인력 수요가 지속적으로 증가할 것으로, 공급과 유사한 결과를 보이고 있다.

Table 2. 경상남도 지역별 의사인력 수요 현황

구분	경남 전체	창원시 의창구	창원시 성산구	창원시 창원시 합포구	창원시 창원시 회원구	창원시 진해구	진주시	통영시	사천시	김해시	밀양시	거제시	양산시	의령군	함안군	창녕군	고성군	남해군	하동군	산청군	함양군	거창군	합천군	
																								(단위: 명)
2021	21,140	3,299	1,969	1,270	1,780	1,170	1,683	723	625	2,806	507	1,331	1,788	130	458	242	201	170	220	143	182	303	140	
2022	21,473	3,354	1,996	1,289	1,810	1,183	1,718	734	634	2,856	515	1,350	1,821	131	463	245	204	172	222	144	184	307	141	
2023	21,837	3,414	2,024	1,310	1,843	1,198	1,756	746	643	2,911	525	1,371	1,856	133	468	248	207	174	224	145	187	311	143	
2024	22,221	3,477	2,055	1,333	1,877	1,214	1,796	759	652	2,968	534	1,393	1,893	134	473	252	211	176	227	147	190	315	145	
2025	22,616	3,542	2,086	1,356	1,913	1,230	1,837	772	662	3,028	544	1,415	1,932	136	479	255	214	178	229	148	193	320	147	
2026	23,028	3,609	2,119	1,380	1,949	1,247	1,879	786	673	3,089	554	1,439	1,972	138	485	259	218	180	232	150	196	325	149	
2027	23,445	3,678	2,153	1,404	1,986	1,265	1,922	800	683	3,151	565	1,463	2,012	140	491	263	221	182	234	152	199	330	151	
2028	23,861	3,746	2,186	1,429	2,024	1,282	1,965	814	694	3,214	575	1,487	2,052	141	497	266	225	185	237	153	202	334	153	
2029	24,283	3,815	2,220	1,454	2,061	1,300	2,009	828	704	3,276	586	1,511	2,093	143	503	270	229	187	240	155	205	339	155	
2030	24,705	3,884	2,254	1,478	2,098	1,318	2,052	842	715	3,339	597	1,535	2,134	145	509	274	233	189	243	157	208	344	157	
:																								
2040	28,456	4,501	2,551	1,698	2,434	1,472	2,443	967	809	3,902	691	1,748	2,499	160	561	307	266	210	266	172	236	387	176	
2041	28,769	4,552	2,576	1,716	2,462	1,485	2,476	977	817	3,950	699	1,765	2,529	162	565	310	269	211	268	173	238	391	178	
2042	29,067	4,602	2,599	1,733	2,489	1,496	2,508	987	824	3,995	707	1,782	2,559	163	569	313	271	213	270	174	240	394	179	
2043	29,352	4,649	2,621	1,750	2,515	1,508	2,539	997	831	4,039	714	1,798	2,587	164	572	315	274	214	271	175	242	397	180	
2044	29,623	4,694	2,642	1,766	2,539	1,518	2,568	1,006	837	4,080	721	1,813	2,614	165	576	317	276	216	273	176	244	400	182	
2045	29,878	4,736	2,661	1,781	2,562	1,528	2,596	1,014	844	4,120	727	1,827	2,640	166	579	319	278	217	274	177	246	403	183	
2046	30,120	4,777	2,680	1,795	2,584	1,537	2,623	1,022	849	4,157	733	1,841	2,664	167	582	321	280	218	275	177	248	406	184	
2047	30,348	4,815	2,697	1,808	2,605	1,545	2,648	1,030	855	4,193	739	1,853	2,687	168	584	323	282	219	277	178	249	408	185	
2048	30,565	4,851	2,713	1,820	2,625	1,553	2,673	1,037	860	4,226	745	1,865	2,709	168	587	325	284	220	278	179	251	410	186	
2049	30,765	4,885	2,728	1,832	2,643	1,560	2,695	1,043	865	4,258	750	1,876	2,729	169	589	326	286	221	279	179	252	413	187	
2050	30,953	4,916	2,741	1,843	2,660	1,567	2,717	1,050	869	4,287	755	1,886	2,749	170	591	328	288	222	279	180	253	414	188	

Table 3은 경상남도 지역별 22개 지역별 활동 의사인력의 수급 차이를 비교한 결과표이다. 이는 지역에서 필요한 의사인력 수요 추계값에서 지역에 활동하고 있는 의사인력 공급 추계값의 차이를 비교하였다. 경상남도 지역별 임상 의사 인력 수급 차이 결과, 경상남도 전체 임상 의사는 2021년 기준 15,477명이 공급보다 수요가 많았고, 2050년 추계결과에 따라 증가율이 48.9%로 7,570명 추가된 23,047명 정도의 수요가 공급보다 많은 것으로 나타났다.

창원시 의창구와 마산회원구의 경우, 2021년 임상 의사 인력 공급이 수요보다 각 2,864명, 1,190명 적은 것으로 나타났고, 2050년 증가율이 각 52.2%, 58.5%로 1,494명, 696명 추가된 4,358명, 1,886명 정도의 수요가 높아질 것으로 나타났다. 또한 진주시, 양산시, 김해시는 2021년에 비해 2050년 각 수급 차이의 증가율이 93.0%, 73.0%, 58.6%로 공급이 수요보다 부족해지는 것으로 분석되었다. 반면, 함천군의 수급 차이는 증감률 1.6%로 2021년 89명에서 2050년 88명으로 공급이 수요보다 높아질 것으로 나타났다.

Table 4는 경상남도의 중진료권 5개 구역으로 구분하여 2021년부터 2050년까지 의사인력 수급 차이를 추계한 결과표이다.

경상남도는 보건복지부의 분류에 따라 5개 중진료권으로 구분되어 있으며, 경상남도 중진료권별 임상 의사 인력 수급 차이 분석 결과, 창원권에서 2050년 기준 2021년 대비 수급 차이 증가율이 45.7%를 나타냈고, 공급보다 수요가 3,700명 많을 것으로 분석되었다. 진주권에서 2050년 기준 2021년 대비 수급 차이 증가율이 56.0%를 나타냈고, 공급보다 수요가 962명 많을 것으로 분석되었다. 통영권에서는 2050년 기준 2021년 대비 수급 차이 증가율이 40.1%를 나타냈고, 공급보다 수요가 723명 많을 것으로 분석되었다. 김해권에서 2050년 기준 2021년 대비 수급 차이 증가율이 61.4%를 나타내 가장 많은 수급 차이를 보였고, 공급보다 수요가 2,092명 많을 것으로 분석되었다. 거창권에서 2050년 기준 2021년 대비 수급 차이 증가율이 20.4%를 나타냈고, 공급보다

수요가 92명 많을 것으로 분석되었다.

Table 5는 5개의 중진료권에 따른 각 권역의 수급 시나리오 분석 결과표이다. 이때 시나리오는 초기 유입량에 해당하는 의과대학 입학정원 및 재학생 비율을 각 40%, 30%, 20%, 10%씩 증가하였을 경우와 최종 유출량에 해당하는 활동의사의 은퇴 비율을 각 0.01, 0.005, 0.0025씩 감소하였을 경우의 가정을 두고 구분하였다.

경상남도 5개 권역별(창원권, 진주권, 통영권, 김해권, 거창권) 의과대학 지역인재 선발 전형의 정책 효과를 추계하고자 의과대학 입학정원 및 재학생 비율 증가율을 법률에 근거하여 각 40%, 30%, 20%, 10%로 구분하여 시나리오별 추계를 실시하였고, 시니어 의사 인력의 공공병원 활용 정책 효과를 추계하고자 기존 1.79%로 산출한 은퇴 비율을 각 1.0%, 0.5%, 0.25%로 감소하여 다양한 시나리오별 분석을 실시한 결과, 은퇴 및 입학정원의 증가를 합쳐도 모든 권역에서 공급 부족으로 인한 수급 차이를 해소하기는 부족하였다.

고 찰

본 연구는 경상남도 의료인력 수급체계의 객관적이고 합리적인 판단을 위한 의사수급 모델링을 제시하여 보다 정확한 인력을 추계하기 위한 목적으로 수행되었다. 인력 추계는 세 단계로 이루어졌으며, 첫번째 단계로 문헌고찰을 통해 인력 추계를 위한 주요 변수를 선정하였다. 본 연구와 다르게 미국의 경우 공급요인으로 의사의 성별, 연령, 근무지, 거주지, 실업률, 임금수준 등 다양한 의사의 개인적 특성을 설정하고 있다. 또한 수요요인으로 환자의 질병, 역학, 개인특성, 사회경제적 특성 및 정책, 정치영향까지도 감안하여 추계하고 있다[21]. 또한 OECD보고서에는 보건의료인력 공급요인으로 의사의 인구학적 요인 및 근무시간 등이 추가적으로 고려되며, 수요요인도 인구사회학적, 의료전달체계, 국민 GDP 등의 개인적 측면 요인들이 제시되어 본 연구보다 의사인력의 데이터가 개방적인 것을 확인하였다[22,23,24].

Table 3. 경상남도 지역별 의사인력 수급 현황

구분	경남 전체	창원시 의창구	창원시 성산구	창원시 합포구	창원시 회원구	창원시 진해구	진주시	통영시	사천시	김해시	밀양시	거제시	양산시	의령군	함안군	창녕군	고성군	남해군	하동군	산청군	합양군	거창군	합천군	(단위: 명)		
2021	-15,478	-2,864	-1,469	-960	-1,190	-960	-813	-564	-477	-2,092	-389	-1,098	-927	-106	-393	-154	-143	-131	-182	-114	-142	-221	-89			
2022	-15,664	-2,904	-1,481	-969	-1,209	-967	-833	-570	-481	-2,118	-394	-1,109	-944	-106	-395	-155	-144	-132	-183	-114	-143	-223	-90			
2023	-15,930	-2,955	-1,501	-985	-1,232	-978	-856	-579	-488	-2,160	-401	-1,126	-966	-107	-399	-157	-147	-133	-185	-115	-145	-225	-90			
2024	-16,235	-3,013	-1,525	-1,004	-1,257	-991	-883	-590	-495	-2,209	-409	-1,145	-989	-109	-404	-159	-149	-134	-187	-116	-147	-229	-91			
2025	-16,570	-3,075	-1,552	-1,024	-1,285	-1,006	-912	-601	-504	-2,262	-418	-1,165	-1,016	-110	-409	-161	-152	-136	-189	-117	-150	-233	-93			
2026	-16,920	-3,140	-1,580	-1,046	-1,315	-1,022	-944	-613	-513	-2,318	-427	-1,186	-1,045	-111	-414	-164	-154	-137	-191	-118	-152	-236	-94			
2027	-17,281	-3,205	-1,609	-1,068	-1,346	-1,038	-978	-625	-522	-2,375	-437	-1,208	-1,076	-113	-419	-166	-157	-139	-192	-119	-154	-240	-95			
2028	-17,648	-3,272	-1,639	-1,090	-1,378	-1,054	-1,013	-638	-531	-2,432	-446	-1,230	-1,108	-114	-424	-169	-160	-140	-194	-120	-156	-244	-96			
2029	-18,017	-3,338	-1,669	-1,112	-1,411	-1,071	-1,049	-650	-540	-2,490	-455	-1,251	-1,141	-115	-429	-172	-162	-142	-196	-121	-158	-248	-97			
2030	-18,382	-3,405	-1,698	-1,133	-1,443	-1,087	-1,085	-662	-549	-2,547	-464	-1,273	-1,174	-116	-434	-174	-165	-143	-198	-122	-160	-252	-98			
:																										
2040	-21,504	-3,990	-1,947	-1,317	-1,731	-1,223	-1,403	-761	-620	-3,041	-541	-1,453	-1,463	-125	-472	-192	-184	-150	-210	-126	-174	-281	-100			
2041	-21,737	-4,038	-1,966	-1,331	-1,753	-1,233	-1,427	-768	-625	-3,079	-547	-1,466	-1,485	-125	-474	-193	-185	-150	-210	-125	-174	-283	-100			
2042	-21,954	-4,083	-1,983	-1,344	-1,774	-1,242	-1,450	-774	-629	-3,116	-552	-1,479	-1,505	-126	-476	-193	-185	-150	-210	-125	-175	-284	-99			
2043	-22,152	-4,126	-1,998	-1,355	-1,793	-1,250	-1,471	-780	-633	-3,149	-557	-1,490	-1,524	-126	-478	-193	-186	-150	-210	-125	-175	-285	-98			
2044	-22,335	-4,167	-2,012	-1,366	-1,811	-1,258	-1,491	-785	-636	-3,181	-562	-1,500	-1,541	-126	-479	-193	-186	-149	-210	-124	-175	-286	-97			
2045	-22,502	-4,205	-2,025	-1,376	-1,827	-1,265	-1,509	-790	-639	-3,210	-566	-1,510	-1,556	-126	-480	-193	-186	-148	-210	-123	-175	-287	-96			
2046	-22,646	-4,240	-2,036	-1,384	-1,842	-1,271	-1,525	-794	-641	-3,237	-569	-1,518	-1,569	-125	-481	-193	-186	-148	-209	-122	-174	-287	-95			
2047	-22,777	-4,273	-2,045	-1,392	-1,856	-1,277	-1,539	-798	-643	-3,261	-572	-1,525	-1,580	-125	-481	-192	-186	-147	-209	-121	-174	-288	-93			
2048	-22,884	-4,304	-2,053	-1,398	-1,867	-1,281	-1,551	-800	-644	-3,283	-575	-1,531	-1,590	-125	-481	-191	-185	-145	-208	-120	-173	-287	-92			
2049	-22,976	-4,332	-2,059	-1,403	-1,878	-1,285	-1,561	-802	-645	-3,302	-577	-1,536	-1,598	-124	-481	-190	-184	-144	-207	-119	-172	-287	-90			
2050	-23,046	-4,358	-2,064	-1,407	-1,886	-1,288	-1,570	-804	-645	-3,318	-578	-1,540	-1,604	-123	-480	-189	-183	-142	-205	-117	-171	-286	-88			

Table 4. 경상남도 중진료권별 의사인력 수급현황

(단위: 명)

구분	경남전체	창원권	진주권	통영권	김해권	거창권
2021	-15,477	-8,095	-1,718	-1,804	-3,408	-452
2022	-15,668	-8,187	-1,744	-1,824	-3,457	-456
2023	-15,931	-8,314	-1,777	-1,852	-3,526	-461
2024	-16,236	-8,462	-1,815	-1,884	-3,608	-468
2025	-16,569	-8,622	-1,858	-1,918	-3,696	-475
2026	-16,920	-8,791	-1,903	-1,954	-3,790	-482
2027	-17,281	-8,964	-1,950	-1,990	-3,887	-489
2028	-17,648	-9,140	-1,999	-2,027	-3,986	-496
2029	-18,016	-9,316	-2,048	-2,063	-4,086	-503
2030	-18,382	-9,491	-2,097	-2,099	-4,185	-510
			⋮			
2040	-21,502	-10,997	-2,508	-2,397	-5,045	-555
2041	-21,736	-11,112	-2,538	-2,419	-5,111	-557
2042	-21,954	-11,220	-2,565	-2,438	-5,173	-558
2043	-22,154	-11,320	-2,589	-2,456	-5,230	-559
2044	-22,336	-11,412	-2,610	-2,472	-5,283	-559
2045	-22,501	-11,496	-2,629	-2,486	-5,331	-558
2046	-22,647	-11,573	-2,645	-2,498	-5,375	-557
2047	-22,775	-11,641	-2,658	-2,509	-5,413	-555
2048	-22,885	-11,700	-2,668	-2,517	-5,447	-552
2049	-22,975	-11,752	-2,676	-2,523	-5,476	-549
2050	-23,047	-11,795	-2,680	-2,527	-5,500	-544

창원권: 창원시, 의령군, 함안군, 창녕군 / 진주권: 진주시, 사천시, 남해군, 하동군, 산청군
통영권: 통영시, 거제시, 고성군 / 김해권: 김해시, 밀양시, 양산시
거창권: 거창군, 함양군, 합천군

Table 5. 경상남도 전체 의사인력 수급 시나리오 분석

(단위: 명)

구분	기존	의과대학 입학정원 및 재학생 비율 증가 ¹				은퇴 비율 감소 ²		
		10% 증가	20% 증가	30% 증가	40% 증가	0.01	0.005	0.0025
2021	-15,468	- 15,468	- 15,468	- 15,468	- 15,468	- 15,468	- 15,468	- 15,468
2022	-15,659	- 15,644	- 15,629	- 15,615	- 15,600	- 15,617	- 15,590	- 15,577
2023	-15,922	- 15,894	- 15,865	- 15,837	- 15,809	- 15,839	- 15,786	- 15,759
2024	-16,228	- 16,187	- 16,146	- 16,106	- 16,065	- 16,104	- 16,024	- 15,983
2025	-16,561	- 16,508	- 16,456	- 16,404	- 16,351	- 16,396	- 16,289	- 16,235
2026	-16,911	- 16,848	- 16,785	- 16,721	- 16,658	- 16,705	- 16,571	- 16,503
2027	-17,273	- 17,199	- 17,125	- 17,050	- 16,976	- 17,026	- 16,864	- 16,781
2028	-17,640	- 17,555	- 17,470	- 17,386	- 17,301	- 17,352	- 17,162	- 17,064
2029	-18,008	- 17,913	- 17,818	- 17,722	- 17,627	- 17,679	- 17,460	- 17,348
2030	-18,374	- 18,268	- 18,163	- 18,057	- 17,951	- 18,003	- 17,755	- 17,628
				⋮				
2040	-21,495	- 21,285	- 21,076	- 20,867	- 20,658	- 20,684	- 20,112	- 19,807
2041	-21,729	- 21,509	- 21,290	- 21,070	- 20,851	- 20,870	- 20,262	- 19,937
2042	-21,946	- 21,716	- 21,487	- 21,257	- 21,027	- 21,039	- 20,393	- 20,047
2043	-22,146	- 21,906	- 21,666	- 21,426	- 21,186	- 21,190	- 20,505	- 20,137
2044	-22,329	- 22,078	- 21,828	- 21,577	- 21,327	- 21,321	- 20,596	- 20,206
2045	-22,493	- 22,232	- 21,972	- 21,711	- 21,450	- 21,434	- 20,668	- 20,254
2046	-22,640	- 22,368	- 22,097	- 21,826	- 21,554	- 21,527	- 20,718	- 20,280
2047	-22,768	- 22,486	- 22,204	- 21,922	- 21,640	- 21,600	- 20,748	- 20,284
2048	-22,877	- 22,585	- 22,292	- 22,000	- 21,707	- 21,653	- 20,755	- 20,266
2049	-22,968	- 22,664	- 22,361	- 22,058	- 21,755	- 21,686	- 20,741	- 20,224
2050	-23,039	- 22,725	- 22,411	- 22,097	- 21,784	- 21,697	- 20,703	- 20,159

1. 의과대학(의전원) 입학정원 및 재학생 비율 증가: 공중보건장학의, 지역 의사제, 공공임상교수제 등 지역에서 활동할 수 있는 의사 수를 시나리오별로 분석함.
 2. 은퇴 비율 감소: 시니어 의사 공공병원 활용 정책의 효과를 확인하고자 은퇴율을 시나리오별로 분석함.

본 연구에서는 2021년부터 2050년까지 30년간의 경상남도 임상 의사 인력 수급 추계를 하고자 개발한 의사인력 수급 저량유량도를 제시하였는데, 이는 기존 단변량 시계열 ARIMA모형 분석[24,25] 및 시스템 다이내믹스 추계 연구[26,27,28,29]보다 심층적이고 다양한 기능들을 활용하여 시간의 변화에 따른 딜레이 및 피드백 루프, 개입 등을 고려한 공급의 유입유출법과 수요의 인구모듈 기반 접근법으로 분석하였다는 강점이 있다.

본 연구는 의사인력의 적정 확대 규모에 대한 논란에 명확한 해결책이 제시되지 않는 상황에서 [30] 시스템다이내믹스의 강점을 활용하여 정책이 개입된 시나리오별 분석을 수행하였다. 기존 연구들과 다르게 [31,32], 본 연구는 의과대학 입학 정원과 의사인력 은퇴시기에 따른 손실률을 시나리오별로 가정하였다. 그 결과, 의과대학과 의학전문대학원의 입학생 증가에 따라 의사인력 공급 인원은 증가하였고, 인력 손실률이 감소할 수록 공급 인원이 증가하는 것으로 나타났다. 보건복지부는 2024년 2월 ‘필수의료 정책 패키지’를 발표함에 따라 2024년 5월 내년도 입학정원 1,509명을 증원하기로 확정하였다[33,34]. 이는 본 연구의 의과대학 입학정원 증가에 따른 수급 차이 감소를 위한 정책의 일환일 수 있으나 시군구별 의사인력의 상이한 수급 차이를 해결하기 위한 정책이 보완되어야 할 것이다.

정책 효과를 확인하기 위한 시나리오별 추계 결과, 지역의 의과대학 입학생 수를 증가하거나 시니어 의사인력 활용을 위해 은퇴율을 감소시켜 분석해도 공급 부족에 의한 수급 차이의 해결에는 부족하다. 호주는 의사가 도서산간지역 혹은 졸업한 의과대학 소재지와 동일한 지역에서 임상 활동을 하는 경우 거주 및 이주, 정주를 위한 가족 지원금 등의 정부 지원을 시행하고 있다 [35]. 또한 일본은 단기 대책으로 근무 환경 개선, 복리후생 지원, 보조금 지급 및 교육·연수의 기회 확대, 지역 임상연수병원의 활성화 등의 노력을 하고 있으며, 장기 대책으로 근무지역 강제 지정을 통해 일정기간 의무근무를 해야 하는 지역 정원제도, 자치 의과대학 시스템을 운영하고 있다[36].

의사인력 수급 불균형과 지역간 수급 불균형 이외에도 의료기관의 위치 및 규모에 따른 수급 불균형 해소 또한 중요한 과제이다. 대도시 소재 대형의료기관으로의 쏠림 현상과 지방 국립대학 병원의 전공의 인력 충원의 어려움, 중소병원 대비 대형병원으로의 전공의 편중 현상 등의 문제가 있다. COVID-19와 같은 국가적 위기 상황에서 감염관리를 담당할 전문의가 더 많이 필요하며, 만성질환관리, 모자보건, 노인보건 등을 담당하는 일차의료 의사인력의 양성도 필요하다. 외과계와 응급의학 분야의 근무환경 개선을 통해 국내의료전달체계의 중추역할을 하는 이차의료 기관에 지역별로 적절한 인력 배치를 해야 하는 것도 중요한 현안이다[37]. 이런 상황들 때문에 의사 부족을 해결하기 위해서는 한가지 정책이 아닌 여러 가지 정책들이 같이 수행되어야 한다.

기존 인력 추계연구와 차별화된 강점으로는 공급 다이어그램에서 의학 교육과정의 학년별 변화, 시험의 재응시, 군복무, 일반의와 수련과정의 시간 지연을 구현하여 비선형적인 추계를 했다는 점이다. 또한 손실인력의 사망, 해외이주, 은퇴와 더불어 면허정지 및 재발급 등을 고려하여 최종 유출변수를 설정하였다. 수요의 경우, 기존 연구의 인구성장모형과 유사한 형태의 성별, 연령별 출생, 성장, 사망에 대한 유입유출에 기반하였다[38]. 그러나 시스템다이내믹스 방법론의 단년도 기준 변수 입력의 한계점을 해소하고자, Lookup함수 기능을 통한 국내 인구 수와 의료 이용량의 코호트 효과를 비선형적으로 추계하였다. 추가적으로 성별, 연령별, 의료이용형태별 조정된 인구의 연령-기간 다중공선성 한계를 극복하고자[39], 연령-기간-코호트 분석(APC)효과를 사망률에 적용하여 특정 세대 집단의 출생 코호트를 보정하였으며[40,41], 의사인력의 진료량과 근무일수 등 생산성은 입원과 외래로 구분하여 기존 연구보다 심층적인 분석이 가능하였다.

본 연구의 인력 추계모델은 주로 양적 요인을 계산하는 것이기에 질적 요인을 고려하지 못한 제한점이 있다. 체계적 문헌고찰을 선행하여 요인변수의 추가적인 반영과 데이터 확보가 필요

하다. 특히 다양한 요인을 요구하는 수요 모델은 환자구분별, 상병별 등 세분화된 추계 요인이 고려되는 추가 연구가 필요하다. 또한 시스템다이나믹스의 단년도 기준 추계에 따른 예측력을 보완하기 위한 다양한 분석이 추가로 수행되어 연구의 타당성을 확보할 필요가 있다. 가장 핵심적인 의사인력의 총량적 추계의 한계에 따른 지역별, 종별, 진료과별 수급 불균형의 문제를 해결하기 위한 경상남도예 국한되지 않는 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Jeong, B. G., Kim, C. H., Improvements Direction for Communications Policy-making System of Physician Manpower in Korea. *Journal of Critical Health Policy*. 2021; 1(1):19-25 (Korean)
2. Shin, Y. S., et al. The Survey on National Health Care Workforce. Korea Institute for Health and Social Affairs. 2022 (Korean)
3. Ministry of Health and Welfare. 2022 Health Statistics Production and Management by International Organizations(OECD and so on) in Korean. 2022 (Korean)
4. Health Insurance Review & Assessment Service. 2023 Analysis of Regional Healthcare Status. Health Insurance Review & Assessment Service. 2024 (Korea)
5. Lee, G. M. and Yoo, K. B., Development of a Demand Model for Physician Workforce Projection on Regional Inequity Problem in Korea Using System Dynamics. *Korean Academy of Health Policy and Management*. 2022; 32(1):73-93 (Korean)
6. Kang, H. G., Lee, J. H., Jung, D.-D., & Lee, M.-S. (2021). Factors that Influence Physician Salary Payment through Analyzing on Internet Invitation Webpage in Korea. *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 46(1), 12 - 22. <https://doi.org/10.5393/JAMCH.2021.46.1.012> (Korean)
7. Ministry of Health and Welfare. OECD Health statistics 2022. 2022 (Korean)
8. Ro, I. B. A Study on the Supply and Demand of Health Workers in Korea Ministry of Health and Social Affairs. 1969 (Korean)
9. H. A. Park, J. S. Choi, S. W. Ryu. A Study on the Supply and Demand of Health and Medical Personnel in the Short and Short term-Doctors, Dentists, Oriental Medicine, Dental Technicians, Dental Hygiene. Korea Institute for Health and Social Affairs. 1990 (Korean)
10. B. M. Yang. Physician Manpower Shortage : Forecasting through 2005 *The Korean Journal of Public Health* 29:65-78. 1992 (Korean)
11. H. S. Jang. System for Supply and Demand of Health Medical Staff Korea Health Industry Development Institute. 2000 (Korean)
12. J. W. Ryoo. The Labor Market for Medical Doctors in Korea *The Korean Economic Review* 54:5-34. 2006 (Korean)
13. Y. H. Oh. Mid- and Long-Term Estimation of Medical Supply. Korea Institute for Health and Social Affairs. 2006 (Korean)
14. Y. H. Jung. Modelling for Health Care Finance Forecasting based on System Dynamics Korea Institute for Health and Social Affairs. 2017 (Korean)
15. Koichubekov B, Kharin A, Sorokina M, Korshukov I, Omarkulov B. System dynamics modeling for general practitioner workforce forecasting in Kazakhstan *Ann Ig* 33:242-253 doi:10.7416/ai.2020.2391. 2021.

16. Ministry of Health Malaysia. Supply and Needs-Based Requirement Projections of Malaysian Human Resources for Health using System Dynamics Approach 2016-2030 Ministry of Health Malaysia:1-86. 2019
17. Natarai, S. Options for Department of Defense Total Workforce Supply and Demand Analysis RAND Corporation:1-121. 2014
18. Ishikawa T, Fujibuchi T, Ohba H. Forecasting the regional distribution and sufficiency of physicians in Japan with a coupled system dynamics-geographic information system model Human Resources for Health 15:1-9. 2017
19. Leerapan B, Teekasap P, Urwannachotima, N. System dynamics modelling of health workforce planning to address future challenges of Thailand's Universal Health Coverage Leerapan et al Hum Resour Health 19:1-16. 2021
20. T. S. Kim, H. J. Jun, S. H. Park, S. H. Chang. System Dynamics Approach to Demand and Supply of Information Security Manpower Korea Institute of Communication Sciences 29:642-653. 2004 (Korean)
21. J. H. Park., A Study on the Estimation of Supply and Demand of Physicians. Korean Medical Association. 2020; 18:24-31 (Korean)
22. OECD. OECD Health Statistics 2020 <http://www.oecd.org/els/health-systems/>. 2023 Dec 05
23. Lafortune, G., Health Workforce Planning and Mobility in OECD Countries. 2014. OECD:1-31
24. Oh, Y. I., et al., Assessment of the Reasonable Number of Physicians in Korea. Journal of Korean Medical Association. 2020. 63(12):789-797 (Korean)
25. Oh, Y. H., Forecasting for The Demand and Supply of Major Health Workforce in Korea : 2020~2030. The Korea Institute of Public Administration. 2020; 32:32-42 (Korean)
26. Jung, Y. H., Modelling for Health Care Finance Forecasting based on System Dynamics. Korea Institute for Health and Social Affairs. 2017 (Korean)
27. Koichubekov B, Kharin A, Sorokina M, Korshukov I, Omarkulov B., System dynamics modeling for general practitioner workforce forecasting in Kazakhstan Ann Ig. 2021. 33:242-253
28. Leerapan B, Teekasap P, Urwannachotima N. System dynamics modelling of health workforce planning to address future challenges of Thailand's Universal Health Coverage Leerapan et al Hum Resour Health. 2021. 19:1-16
29. Hasan, H. T., J. Fatemeh, E. Sondoss. A joint problem of strategic workforce planning and fleet renewal: With an application in defense European. Journal of Operational Research. 2021. 296:615-634
30. Health Insurance Review & Assessment Service. National Health Insurance Statistical Yearbook. 2020 (Korean)
31. Lee, H. W., Kim, R. D., Comparative Analysis of Age Effect, Period Effect, and Cohort Effect through Time Series Data Analysis-Focus on Changes in Consumer Perception of Corporate Social Responsibility. Korean Society of Consumer Studies. 2021. 32:49-73 (Korean)
32. Heo, J. H., Population Estimation Study Considering Direct Cohort Effects. National Assembly Futures Institute. 2020. 20:1-164 (Korean)

33. Statistics Korea. 2020 Population Trend Survey. https://kosiskr/statHtml/statHtmldo?orgId=101&tblId=INH_1B8000F_01&conn_path=I3. 2023. 2023.12.05 (Korean)
34. Seo, K. H., A Right Look into OECD Health Data - Focusing on Indicators of the Number of Practising physicians. Research Institute for Healthcare Policy Korean Medical Association. 2020. 18:14-18 (Korean)
35. Hong, Y. C., A Study on the Appropriateness of Physicians for Future Preparation Korean Medical Association. 2020. 18:19-23 (Korean)
36. Jeong, H. S., Yeo, J. Y., A Study on the Optimal Number of Physicians in Korea. Journal of Hospital Management & Policy. 2013. 2:4-16 (Korean)
37. Ministry of Health and Welfare. Medical school admissions increase by 1,509 admissions next year for the first time in 27 years. 2024.05.27 (Korean)
38. Ministry of Health and Welfare. Essential health care policy packages. 2024.02 (Korean)
39. Korean Medical Association. The First Opinion of The Korean Medical Association on The Re-establishment of Public Health Care and The Increase in The Number of Doctors Board of Directors. 2020 (Korean)
40. J. Y. Kwon. Japan's Policy and Implications for Expansion of Doctoral Manpower. Journal of the Korea Convergence Society. 2020. 11:345-352 (Korean)
41. H. Y. Lee. How to Make the Right Policy for the Medical Workforce. Journal of the Korean Medical Association. 2017. 60:210-212 (Korean)

부록 1. 변수설명

>> 대학교육과정 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Undergraduate of medical school: Current undergraduate of medical school + (entrance of medical school - graduation of medical school)
- 2) Graduation of medical school: Current graduation of medical school + (graduation of medical school - application of licensing examination)
- 3) Undergraduate of school of medicine: Current undergraduate of school of medicine + (entrance of school of medicine - graduation of school of medicine)
- 4) Graduation of school of medicine: Current graduation of school of medicine + (graduation of school of medicine - application of licensing examination)

2. Flow variables

- 1) Entrance of medical school: Applicants of medical school / application period of medical school
- 2) Candidate of medical school: (Undergraduate of medical school / Undergraduate period of medical school) Graduation rate of medical school
- 3) Entrance school of medicine: Applicants of school of medicine / application period of school of medicine
- 4) Candidate of school of medicine: (Undergraduate of school of medicine / Undergraduate period of school of medicine) Graduation rate of school of medicine

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) i Applicants of medical school: 2,840
- 2) Current undergraduate of medical school: 9,875
- 3) Application period of medical school: 1
- 4) Undergraduate period of medical school: 6
- 5) Graduation rate of medical school: 0,891

- 6) Current graduation of medical school: 1,378
- 7) Applicants of school of medicine: 218
- 8) Current undergraduate of school of medicine: 2,678
- 9) Application period of school of medicine: 1
- 10) Undergraduate period of school of medicine: 4
- 11) Graduation rate of school of medicine: 0,931
- 12) Current graduation of school of medicine: 1,502

>> 의사국가시험 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Application of licensing examination: 0 + (registration of medical school + registration of school of medicine - passed on licensing examination within 1 year)
- 2) Passed on licensing examination: 0 + (passed on licensing examination within 1 year - application of intern - application of GP)

2. Flow variables

- 1) Registration of medical school: Graduation of medical school / Application period
- 2) Registration of school of medicine: Graduation of school of medicine / Application period
- 3) Passed on licensing examination within 1 year: (Application of licensing examination / Application period) Pass rates on licensing examination

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) Application period: 1
- 2) Pass rates on licensing examination: 0,950
- 3) Registration rates on licensing examination: 0,996

>> 일반의 관련 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Number of General Practitioner: Current number of General Practitioner + (application of General Practitioner - drop out General Practitioner)

2. Flow variables

- 1) Application of General Practitioner: Passed on licensing examination application rate of General Practitioner / proper period
- 2) Drop out General Practitioner: Number of General Practitioner Loss rate of General Practitioner / proper period

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) Application rate of General Practitioner: 0.09
- 2) Loss rate of General Practitioner: 0.0179

>> 수련과정 관련 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Number of interns: Application of intern + (Application of intern - Graduate of intern)
- 2) Number of residents: Current number of interns + (Graduate of intern - Graduate of resident)
- 3) Number of specialists: Current number of residents + (Graduate of resident - Passed on specialist)
- 4) Current number of specialists: Current number of specialists + (Passed on specialist - Drop out specialist rate)

2. Flow variables

- 1) Application of intern(specialist): (Passed on licensing examination Application rate of intern(specialist) / proper period
- 2) Graduate of intern(resident): (Number of interns (residents) Graduate rate of intern) / proper period
- 3) Passed on specialist examination: (Number of specialists Rate of passed on specialist) / proper period
- 4) Drop out specialist: (Number of specialists Drop out specialist rate) / proper period

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) Application rate of intern: 0.870

- 2) Graduate rate of intern: 0.805
- 3) Graduate rate of resident: 0.906
- 4) Rate of passed on specialist: 0.947
- 5) Drop out specialist rate: 0.0179
- 6) Current number of interns: 2.777
- 7) Current number of residents: 10.990
- 8) Current number of specialists: 83.147

>> 의사인력 군복무 관련 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Capacity of public health doctor: Current number of public health doctor + (Join public health doctor - Discharge from public health doctor)
- 2) Capacity of army surgeon: Current number of army surgeon + (Join army surgeon - Discharge from army surgeon)

2. Flow variables

- 1) Join public health doctor: Application of public health doctor / Application periods of public health doctor
- 2) Discharge from public health doctor: (Current number of public health doctor / Duration of service periods) Discharge rate from public health doctor
- 3) Join army surgeon: Application of army surgeon / Application periods of army surgeon
- 4) Discharge from army surgeon: (Current number of army surgeon / Duration of service periods) Discharge rate from army surgeon

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) Current number of public health doctor: 1.994
- 2) Current number of army surgeon: 751
- 3) Duration of service: 3

>> 인구모듈 입력 변수 및 수식

1. Stock variables

- 1) Young M(F), Children M(F), Adolescent M(F),

Adult M(F), Middle-aged M(F), Retired M(F), Elderly M(F): Births M - Flow variables (Maturing, Growing, Entering adult, Approaching midlife, Aging, Getting old) M - death M

2. Flow variables

- 1) Births M: Adult F Birth rate M
- 2) Maturing M, Growing M, Entering adult M, Approaching midlife M, Aging M, Getting old M: Stock variables (Young, Children, Adolescent, Adult, Middle-aged, Retired, Elderly) M
Auxiliary variables (Maturing rate, Growing rate, Entering adult rate, Approaching midlife rate, Aging rate, Getting old rate) M
- 3) Young death M, Children death M, Adolescent death M, Adult death M, Middle-aged death M, Retired death M rate from army surgeon: Stock variables (Young, Children, Adolescent, Adult, Middle-aged, Retired, Elderly) M
(Auxiliary variables (Young death rate, Children death rate, Adolescent death rate, Adult death rate, Middle-aged death rate, Retired death

rate, Elderly death rate) M 0.01)

- 4) Death M: Elderly M (Life expectancy death rate M 0.01) / Life expectancy rate M

3. Auxiliary variables/Constants

- 1) Birth rate by sex: 0.51
- 2) Birth rate M: 0.918 (Birth rate by sex 0.01)
- 3) Maturing rate M, Growing rate M, Entering adult rate M, Approaching midlife rate M, Aging rate M, Getting old rate M: each value (years)
- 4) Young death rate M, Children death rate M, Adolescent death rate M, Adult death rate M, Middle-aged death rate M, Retired death rate M, Elderly death rate M: each value (death rate by age/sex)
- 5) Life expectancy rate M/F: each 11/14
- 6) Life expectancy death rate M: 6.3817
- 7) Total Population: Stock variables (Young + Children + Adolescent + Adult + Middle-aged + Retired + Elderly) M

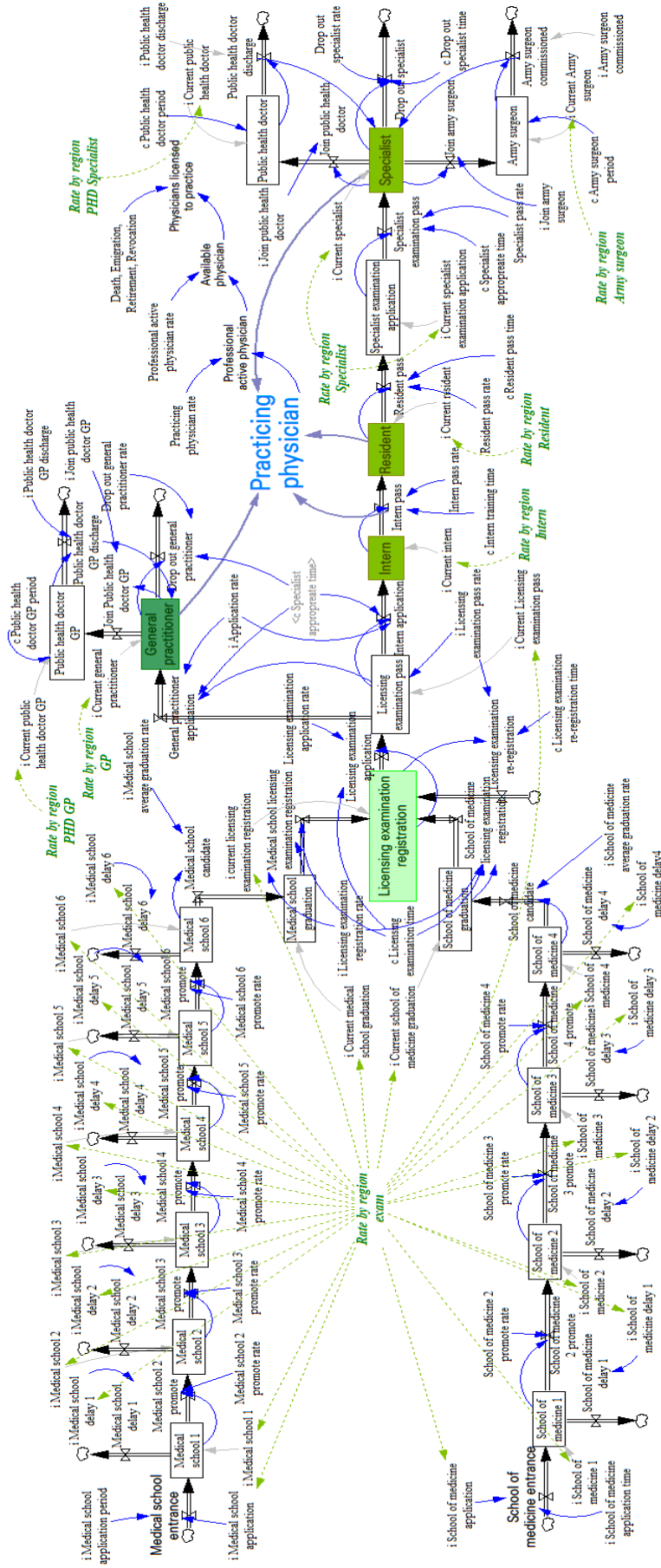
부록 표 1. 시스템다이나믹스를 활용한 전국 의사인력 추계 기준 타당도 분석 결과

Year	2016	2017	2018	2019
2016	97,359	-	-	-
2017	95,615	99,890	-	-
2018	98,529	98,232	102,471	-
2019	101,265	101,017	105,628	105,262
2020	103,353	103,591	107,400	107,453
2021	104,990	105,513	108,777	109,414
2022	106,359	106,992	109,902	111,102
2023	107,571	108,224	110,888	112,514
2024	108,684	109,325	111,809	113,672
2025	109,731	110,358	112,713	114,617
2026	110,730	111,352	113,633	115,399
2027	111,693	112,321	114,583	116,066
2028	112,627	113,275	115,570	116,658
2029	113,537	114,215	116,589	117,205
2030	114,429	115,145	117,632	117,730
2035	118,658	119,635	122,916	120,484
2040	122,547	123,800	127,980	124,156

부록 표 2. 시스템다이내믹스를 활용한 전국 의사인력 추계 기준 민감도 분석 결과

기존연구	연도	기존 연구			본 연구			연구 간 수급차이
		공급추계	수요추계	수급차이	공급추계	수요추계	수급차이	
대한의학회 진문의 추계 (직업부하량 기반 ARIMA모형)	2020	88,665	103,616	14,951	88,128	97,570	9,442	-5,509
	2021	91,308	104,622	13,314	89,863	100,125	10,262	-3,052
	2022	93,951	108,036	14,085	91,392	102,808	11,416	-2,669
한국보건사회연구원 임상·의사 추계 (시스템다이내믹스 저장유량도)	2020	100,700	102,800	2,180	107,453	113,450	5,997	3,817
	2025	108,000	112,100	4,140	114,617	129,496	14,879	10,739
	2030	114,900	119,600	4,708	117,730	146,837	29,107	24,399
	2035	121,500	124,800	3,267	120,484	163,719	43,235	39,968
2040	127,800	127,400	-332	124,156	179,288	55,132	55,464	
서울대학교 간호학과 면허등록의사 추계 (상대지수모형)	2020	130,392	154,872	24,479	129,128	140,048	10,920	-13,559
	2025	145,078	170,191	25,113	137,738	159,856	22,118	-2,995
	2030	159,764	185,510	25,746	141,479	181,263	39,784	14,038
	2040	189,135	216,147	27,013	149,201	221,321	72,120	45,107
한국보건사회연구원 활동의사 추계 (의료수요 방법 기반 ARIMA모형)	2020	110,949	117,053	6,104	107,453	113,450	5,997	-107
	2025	122,663	131,801	9,138	114,617	129,496	14,879	5,741
	2030	133,282	146,249	12,967	117,730	146,837	29,107	16,140
			140,928	7,646				21,461

부록 그림 1. 시스템다이내믹스를 활용한 경상남도 의사인력 공급 체계모형



부록 그림 2. 시스템다이내믹스를 활용한 경상남도 의사인력 수요 추계모형

