

# 의료자원 공급, 수요의 성과 효율성에 대한 실증분석\*

장인수\*\* · 안형석\*\*\* · 김홍석\*\*\*\*

## Technical Efficiency of Medical Resource Supply and Demand\*

Insu Chang\*\*, Hyeong Seok Ahn\*\*\*, Brian H. S. Kim\*\*\*\*

**국문요약** 본 연구의 목적은 우리나라 의료자원의 임상적 성과에 대한 효율성을 종단적으로 관찰하는 데 있다. 이를 위하여, 2006년부터 2013년까지 우리나라 16개 시도의 연령 표준화 사망률을 산출변수로, 의사, 전문의, 수술, 의료기관, 상급종합병원비율, 만성질환 진료 실인원, 만성질환 내원일 수를 투입변수로 정하고, 이를 이용한 의료성과 및 의료자원에 대한 집계자료를 구축하여 패널확률프론티어모형을 분석방법으로 적용하였다. 또한 시도별 인구사회학적, 사회경제적 특성, 의료자원 분포 특성 변수인 실업률, 노인인구비율, 1인당 GRDP, 종합병원 대비 상급종합병원 비율이 패널확률프론티어모형 분석 결과를 바탕으로 도출된 기술적 효율성에 미치는 영향을 추가적으로 살펴보았다. 이때 오차항의 이분산과 자기상관을 고려한 패널모형을 적용하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 임상적 성과에 대해서는 의사, 전문의와 같은 공급 측면의 인적 의료자원과 단위 인구당 만성질환 진료 실인원과 같은 수요 측면의 요인이 각각 유의한 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 둘째, 투입요소 시변 마모 모형 적용 결과 각 투입요소별 기술 결합 효율성 추정치는 임상적 성과 효율성이 지역별로 59~70%로 나타났다. 셋째, 임상적 성과에 영향을 미치는 투입요소의 기술적 효율성 추정치는 분석기간 동안 모든 지역에서 미세하게 증가하는 추세가 도출된 반면, 증가 추세는 미세하게 감소하였다. 넷째, 지역의 노인인구비율과 1인당 GRDP는 기술적 효율성 수치에 유의한 정(+)적 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 지역별 각 효율성의 차이는 투입요소인 의료자원의 지역별 차이와 이의 결합과 지역의 인구사회학적, 사회경제적 특성 등에 기인한 것으로서, 지역별로 임상적 성과에 영향을 미치는 의료자원의 공급 편중과 수요의 접근성 차이, 인구구조와 경제적 차이가 복합적으로 작용함에 따른 기술적 효율성 차이가 다르게 나타나고 있음을 보였다는 점에 본 연구의 의의가 있다.

**주제어** 의료자원, 기술적 효율성, 임상적 성과, 패널확률프론티어모형

**Abstract** : The objective of this study is to observe the efficiency of clinical performance on the supply and demand of medical resources in Korea. For the empirical analysis, we constructed the dataset on age standardized mortality rate, the number of physician, specialist, surgery, medical institution, ratio of general hospitals of 16 provinces in Ko-

\* 이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017066771).

\*\* 한국보건사회연구원 전문연구원(주저자: sescis@kihasa.re.kr)

\*\*\* 한국보건사회연구원 연구원(ahnhs55@kihasa.re.kr)

\*\*\*\* 서울대학교 농경제사회학부 교수 및 농업생명과학원 겸무연구원(교신저자: briankim66@snu.ac.kr)

rea from 2006 to 2013. The panel probability frontier model is employed as an analysis method and considered heteroscedasticity and autocorrelation of the error in panel data. In addition, the demographic and socioeconomic characteristics of the 16 provinces, unemployment rate, elderly population ratio, GRDP per capita, and ratio of hospitals in comparison to the general hospitals are used to find the effect on the technical efficiency of clinical performance on supply and demand of medical resources. The results are as follows. First, for the clinical performance, the supply side of human resources such as doctors and specialists and the demand side factors such as chronic illness clinic per unit population have a significant influence, respectively. Second, the technical efficiency of clinical performance on the supply and demand of medical resources of each input component was 59-70% in terms of clinical efficiency in each region. Third, estimates of technical efficiency of inputs that affect clinical performance showed a slight increase in all regions during the analysis period, but the increase trend decreased slightly. Fourth, the ratio of the elderly population and GRDP per capita have a positive influence on the technical efficiency of clinical performance on the supply and demand of medical resources. The difference of each efficiency by region is due to the regional differences of the input medical resources and the combination of them and the demographic and socioeconomic characteristics of the region. It is understood that the differences in technological efficiency due to the complexity of supply and demand of medical resources, demographic structure and economic difference affecting clinical performance by region are different.

**Key Words** : medical resources, technical efficiency, clinical performance, panel probability frontier model

## 1. 서론

### 1) 연구의 배경

주지하고 있는 바와 같이 고도화된 의료 기술, 전문적인 인적 의료 자원 공급이 건강 수준을 크게 향상시켰음에도 불구하고, 의료 자원의 지역별 공급 불균형은 지속적으로 지적되는 당면 과제로서 이해된다(오영호, 2008). 이러한 공급 불균형은 의료 자원 이용 형평성의 비효율성을 야기하는 큰 문제로 인식되는데, 의료 자원의 공급이 부족하면 의료 서비스 이용을 적시에 이용할 수 없는, 이른바 미충족 의료 욕구가 발생하게 된다. 반대로 의료 자원 공급의 과잉은 국민 의료비가 과다 지출되는 문제가 발생할 수 있다는 점이 바로 그것이다. 특히 의료자원의 지역 불균형 현상을 의료 자원의 공급 부족 측면에서 접근하면, 의료 분야에서 인적, 물적 의료 수준이 향상되고 의료

인력과 자원은 정책적 방향에 의해 지속 증가하고 있음에도 불구하고 주된 의료 시설, 의료 인력에 대한 공간적 편중 현상이 지속 심화되어 의료 서비스의 접근성 문제가 야기될 수 있다. 이는 의료 자원 공급이 건강 수준과 같은 임상적 성과(health performance)에 미치는 영향이 지역별로 달라질 수 있음을 시사한다. 즉, 지역별 의료 자원 공급 불균형이 지역별로 임상적 성과의 차이로 귀결될 수 있는 중요한 논의임에도 불구하고, 의료 자원의 불균형 분포에 관한 지금까지의 연구와 정책적 논의에서는 지역별 분포의 양적 수치에만 초점을 두고 있어, 불균형 분포가 야기하는 소위 의료자원의 공급, 수요에 대한 임상적 성과와 이와 관련된 비효율성의 문제는 간과된 경향이 있다.

### 2) 연구의 목적 및 구성

지금까지의 논의는 이후 살펴볼 관련 선행연구들

의 한계점을 제시함으로써, 본 연구의 필요성을 직·간접적으로 제고한다. 첫째, 의료자원 투입에 대한 의료 부문의 성과를 다양한 관점에서 실증적으로 관찰할 수 있는 현실적 개연성이 높음에도 불구하고, 지금까지의 선행연구는 경제적 성과 관점에서 의료기관의 운영 효율성 측면에 치중하여 논의가 이루어진 한계점을 노정하고 있다. 둘째, 실증적인 효율성 측정에 대하여 횡단 자료를 사용함으로써, 종단적인 특성을 고려하지 못하고 있다. 또한, 의료자원의 공급 측면에만 치중하여 의료자원 공급에 대한 임상적 성과만을 고려하고 있어, 수요 측면이 배제되어 있는 한계점이 존재한다. 이에 본 연구는 지역별 의료자원의 수요와 공급에 대한 심층적인 이해를 위해, 보건 의료 부문에서 임상적 측면의 산출물 생산에 대한 의료 자원 투입(결합) 효율성을 실증적으로 고찰하고자 한다. 또한 의료자원의 공급과 수요에 따른 산출물 수준(성과)의 종단적 양상을 관찰하고자 한다. 실증분석을 위해 우리나라 16개 시도의 2006~2013년까지의 의료 자원 현황의 집계 자료를 패널 형태로 구축하였으며, 패널 확률프론티어 시변 마모 모형(panel stochastic frontier time decay model)을 적용하여, 분석 결과를 바탕으로 각 시도별 임상적 성과의 효율성 추이를 도출한다. 추가적으로 도출된 효율성에 대한 각 시도별 사회경제적 여건의 영향을 살펴본다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2절에서 확률프론티어모형을 적용한 보건 의료 부문의 효율성 연구 관련 사례에 대한 국, 내외 선행연구를 체계적으로 검토하고, 3절에서 실증분석과 관련된 분석 자료의 특성과 모형에 대하여 살펴본다. 이후 4절에서는 각 실증분석 결과에 대하여 논의하고, 절장에서 분석 결과를 요약하고, 한계 및 추가사항을 제시함으로써 논문을 마무리한다.

## 2. 선행연구 고찰

앞서 언급한 의료자원의 임상적 성과인 건강 수준은 산출물에 대한 생산물로서 해석할 수 있다. 즉, 지

역별 의료자원은 산출물을 생산하는 투입 요소로서 이해할 수 있으며, 본 연구의 실증분석 방법으로 이러한 생산함수의 틀을 적용할 수 있다. 바꾸어 말하면 경제학에서의 생산함수의 개념을 바탕으로 보건 의료 자원 투입에 대한 건강 산출과 의료 자원 이용의 관계를 각각 고찰하고, 이를 조합하여 해석하는 것이 바로 지역별 의료자원의 산출물에 대한 투입 요소 결합의 효율성을 고찰하는 것이며, 이는 건강 수준의 향상을 좀 더 효율적으로 도모하고자 하는 보건 의료 자원의 본질적 목표와 긴밀하게 닿아 있다. 이러한 의료자원의 성과적 측면을 실증적으로 고찰함으로써, 의료자원의 공급과 수요에 대한 효율성을 도모하고, 불균형 문제를 보다 심도 있게 논의할 수 있도록 합리적 근거를 마련할 수 있음에도 불구하고, 최근까지의 보건 의료 부문의 관련 연구들은 대부분 비용 측면에서 의료기관의 운영과 관련된 경제적 성과 측면에 초점을 맞추는 경향을 띠고 있다(Skinner, J., 1994; Dor, A., 1994; Vitaliano, D. F., Toren, M., 1994; Wagstaff, A., Lopez, G., 1996; Linna, M., 1998; Rosko, M. D., 2001; Li, T., Rosenman, R., 2001; Rosko, M. D., Mutter, R. L., 2008; 유금록, 2003; 유금록, 2010; 조재영 외, 2014; 박성용 외, 2014 등). 이러한 연구들의 공통점은 인적, 물적 의료 자원 투입이 다양한 측면에서 산출물을 생산하는 여러 메커니즘을 두루 살피지 못한 한계점이 노정되는 것으로 이어진다. 다만, 의료자원의 임상적 성과에 대한 효율성 연구가 상대적으로 매우 미진한 이유는, 실증적으로 접근하는 자료 중심의 분석에서 문제점으로 흔히 지적되는 성과 측정 가능 자료를 구득하기 어려운 한계점에 기인한 것으로 보인다. 이와는 반대로 비용 측면의 선행연구가 양적으로 많은 분포를 보이고 있는 것은 명확한 계량화가 가능하여 확률프론티어 함수와 같은 본 모형의 실증적 적용이 용이하기 때문인 것으로 판단된다.

조직의 효율성을 정의하고, 측정하며, 이를 개선하기 위한 보건 의료 부문의 건강 관련 기관이 지속 증가 추세에 있으나, 이의 효율성을 측정하기 위한 수학적 프로그래밍 기법이나 확률프론티어 방법 등 정교한 계량모형의 적용은 비교적 최근에 이루어졌다

(Worthington, A. C., 2004). 그럼에도 불구하고, 보건의료 서비스 공급에 대한 효율성과 생산성 측정에 대한 사안은 이미 소규모의 산업으로 자리 잡을 만큼 그 중요성이 커지고 있으며, 이러한 효율성과 생산성을 측정하기 위한 방법론으로서의 확률프론티어모형을 적용한 사례가 점차 증가하고 있다(Hollingsworth, B., 2008). 이러한 추세는 보건의료 부문을 사례로 하여, 패널확률프론티어모형 분석 방법을 조금 더 계량적으로 개선시키기 위한 일련의 이론 연구(Koop, G., Osiewalski, J., Steel, M. F., 1997; Tsionas, E. G., 2002; Worthington, A. C., 2004; Greene, W., 2004; Greene, W., 2005)가 양적으로 축적되어 있는 것과도 무관하지 않다고 할 것이다. 이는 이후 분석방법에서 논의될 개체의 이질적 특성과 비효율성과 관련된 모형 내 오차항과 기타 요인을 이론적으로 살펴보고, 이를 경험적으로 고찰하는 내용으로 요약할 수 있다.

보건의료 부문의 기술적 (비)효율성 측정과 관련된 연구 사례는 크게 두 가지 특성으로 요약할 수 있다. 즉, 대부분 의료기관별 정보를 통합한 자료를 활용하는 이른바 미시적 접근의 특성을 띠고 있다는 것과 의료기관의 비용 측면의 운영 효율성, 즉 경제성 성과에 주목하는 경향을 띠는 점이다(Skinner, J., 1994; Dor, A., 1994; Vitaliano, D. F., Toren, M., 1994; Zuckerman, S., Hadley, J., Iezzoni, L., 1994; Wagstaff, A., Lopez, G., 1996; Linna, M., 1998; Chirikos, T., Sear, A., 2000; Rosko, M. D., 2001; Li, T., Rosenman, R., 2001; Hollingsworth, B., 2003; Rosko, M. D., Mutter, R. L., 2008).

거리함수의 개념을 바탕으로 생산성 변화의 정도를 판단하는 맘퀴스트 생산성 지수 등 (비)효율성을 측정할 수 있는 방법론적 접근이 다양하게 이루어져 왔으나, 본 절에서는 본 연구의 분석방법과 관련된 확률프론티어 비용함수 모형을 적용한 주요 사례만을 고찰하기로 한다. 구체적으로, Zuckerman, S., Hadley, J., Iezzoni, L., (1994)은 병원별 비용 측면의 비효율성이 전체 병원비용의 약 13.6%임을 실증적으로 보였다. 특히 본 연구는 비효율 추정치에 병원의 산출물 간 측정되지 않은 차이가 반영되는 것을 최소화하기

위하여, 질병 중증도, 환자의 건강 수준 향상 등의 성과와 같은 요인을 비용함수에 반영하였다는 점에 그 특징을 찾을 수 있다. 아울러, 특정 기간 동안 특정 공간(일국 내지는 특정 지역)의 의료기관에 대하여 패널 자료를 구축하여, 운영 비효율성이 어떠한 추세를 보이고 있는지, 또한 이러한 비효율이 야기되는 실증적 근거를 규명하는 데 초점을 두고 있다. 보다 구체적으로, Rosko, M. D., (2001)는 1990년부터 1996년의 7년 동안 미국 1,631개 병원에 대하여 이들의 비효율의 추이 및 비효율과 관련된 관리 치료 및 환경 측면을 중심으로 한 요인을 실증적으로 관찰한 바, 연구기간 동안 평균 추정 비효율이 약 28% 감소하고 있으며, 이러한 비효율이 산업 집중과 메디케어 비중, 영리 목적의 소유 지위 등과 각각 부정적, 긍정적 관계를 형성하고 있음을 보였다. 또한 병원 운영의 비효율적 추정치뿐 아니라 각 병원의 범위의 경제 및 규모의 경제에 대한 추정치를 함께 제시한 Wagstaff, A., Lopez, G., (1996)의 연구결과는 비용함수가 생산함수와 쌍대성(duality)을 형성하고 있음을 상기할 때, 경제 이론을 바탕으로 한 실증연구로서의 특징이 분명히 드러나고 있다.

지금까지 살펴본, 대부분의 선행연구는 보건 의료 부문의 효율성을 의료기관의 운영 효율성에 주목함으로써 의료자원의 경제적 성과 측면을 견지하고 있는 것으로 보인다. 다만, 의료자원의 임상적 성과 효율성에 주목한 연구로 Karpa et al. (2014), O. Constantin (2011)은 공통적으로 OECD 국가를 분석의 범위로 하여, 건강 수준에 영향을 미치는 효율성, 비효율성 요인을 밝히기 위해 산출물로서 건강 조정 기대 수명(HALE)<sup>1)</sup>을 고려하여 이에 영향을 미치는 (비)효율성을 살펴보았다는 데 공통점이 있다. 관련하여 좀 더 구체적으로, Karpa et al. (2014)은 거시경제적 맥락 (macroeconomic level)에서 OECD 내 각각의 국가를 분석의 범위로 설정하여, 보건산업의 혁신적 요소, 의약 부문 특허(pharmaceutical patents), 의료 기술 특허 (medical technologies patents) 등이 건강 수준을 향상시키는 요인으로 제시하였다. 이들은 대부분의 선행연구가 의료기관의 운영 측면의 효율성에 주목하여,

보건의료 부문 생산함수의 산출물로서 의료기관의 운영 효율성을 대리하는 병원의 이용객 수나 매출액 등을 고려하고 있는 것과는 다르게 건강 수준을 대리하는 건강 조정 기대 수명(HALE) 변수를 산출물로 고려함으로써, 인적, 물적 의료 자원 투입이 다양한 측면에서 산출물을 생산하는 다양한 메커니즘을 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.

관련된 국내 사례는 생산성과 효율성을 측정할 수 있는 방법론으로 확률프론티어모형뿐만 아니라 맘퀴스트 생산성 지수를 적용하여 의료기관의 생산성의 형성에 주목하고 있는 경향을 띠고 있다(유금록, 2003; 조재영·이광수·정형선, 2014; 김순은·최선미, 2014; 정재명, 2015 등). 용어와 적용 방법의 다양성에도 불구하고, 여러 연구에서 사용된 의료기관의 생산성의 내용을 살펴보면, 대체적으로 본 연구에서 말하는 의료기관의 경제적 성과와 그 궤를 같이하는 것으로 보인다. 즉, 이들 연구가 생산성을 측정하는 변수로서 병원 내원일 수, 요양급여비, 환자 수, 의료수입, 입원일 수 등과 같이 의료기관의 운영 측면에서 경제적 성과를 뜻하는 변수 중심을 고려하고 있는 것에 기인한다. 다만, 본 연구와 유사한 특징을 띠는 연구로서, 장인수·권대영·김홍석(2017)은 의료자원 투입 결합에 대한 임상적 성과를 살펴보기 위하여 의사, 전문의, 수술, 병상과 같은 의료자원이 연령 표준화 사망률에 미치는 영향을 확률변경분석과 맘퀴스트 생산성 지수 분석을 적용하여 분석한 바 있다. 지금까지의 선행연구가 의료기관의 운영 효율성 측면에 초점을 두고 있는 점을 보완하기 위하여, 임상적 성과의 효율성을 분석한다는 측면에서 연구의 의의가 있음에도 불구하고, 이들의 연구는 실증분석에서 고려된 의료자원의 종류가 제한적이고, 더 나아가 의료자원의 수요 측면을 배제하고 공급 측면만을 고려한 한계점을 노정하고 있다.

한편 건강 수준과 관련된 의료자원의 임상적 성과를 대리할 수 있는 사망률 수준 역시 지역에 따라 차이가 발생하고 있음이 이미 여러 연구를 통해 확인되고 있다(김두섭·박효준, 2003; 박은옥, 2013). 이들 연구는 구체적으로 지역별 생태학적 차이를 바탕으로

건강 수준의 지역별 격차 및 변동에 주목하고 있다. 또한 지역별 사망률의 수준에 차이가 나는 배경에는 지역의 물리적 환경보다는 사회경제적 요인이 매우 중요한 역할을 담당하고 있다는 점이 이미 여러 연구에서 보고된 바 있다(이성용, 2003; 박경애, 2003). 사회경제적 요인이 지역별 사망률과 같은 건강 수준 차이의 양상에 영향을 미치고 있다는 논의는 결국 의료자원의 접근성 측면에서의 지역별 차이에 기인한 공급 불균형 문제와 맞물려 있다. 통념적인 수준으로 알려져 있는 바와 같이 사회경제적 여건이 부유한 지역에 의료자원 공급이 집중되어 있는 양상은 이를 뒷받침하는 동시에 사회 구조적인 문제점으로 지적될 수 있다.

지금까지 관련된 국내외 선행연구에 대한 논의를 종합하여 볼 때, 보건의료 부문에서 병원과 같은 기관에 초점을 둔 생산성과 효율성에 대한 경험적 연구가 양적으로 증가하고 있음에도, 주로 기관의 운영 측면을 견지한 경제적 성과에 주목하여 임상적 성과 등 다른 부문에 대한 생산성, 효율성에 대한 종단적 검토는 상대적으로 미진하다. 이에 본 연구는 우리나라 지역별 보건의료 부문의 의료자원에 대한 임상적 성과를 각각 실증적으로 검토함으로써, 의료자원 공급 불균형과 이에 따른 접근(수요) 불균형이 야기하는 지역별 효율성 차이를 좀 더 심도 있게 제시하고자 한다. 이에 지금까지 다양한 연구에서 두루 적용되어 온 패널 확률프론티어모형을 분석방법으로 하여, 임상적 성과를 대리하는 변수로서 연령 표준화 사망률을, 지역별 의료자원의 수요와 공급을 투입요인으로 복합적으로 고려하여, 우리나라 지역별 의료자원의 특성과 각 부문별 효율성에 영향을 미치는 역할에 주목한다. 또한 분석기간 내 지역별 의료자원의 임상적 성과에 대한 기술적 효율성을 살펴봄과 동시에, 패널확률프론티어모형 적용 결과 도출된 기술적 효율성 수치에 영향을 미치는 요인을 살펴봄으로써, 임상적 성과 효율성에 미치는 지역 특성을 실증적으로 관찰한다.

### 3. 모델링

#### 1) 분석 자료

수요와 공급 측면에서 의료자원의 임상적 성과를 살펴보기 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 분석 자료를 구축하였다. 의료자원 투입의 임상적 성과를 객관적이고 계량적으로 살펴볼 수 있다는 점에 주목하여 지역별 연령 표준화 사망률을 산출변수로서 고려하였다. 연령 표준화 사망률은 인구 구조가 다른 집단 간의 사망 수준을 비교하기 위하여 연령 구조가 사망률에 미치는 영향을 제거한 사망률을 뜻하며(통계청, 2015), 연령 구조가 통제되지 않으면 지역별 사망 수준의 비교에 대하여 왜곡된 결과를 야기할 개연성이 높으므로 우리나라 16개 시도를 공간적 범위로 하는 본 연구에서는 연령 표준화 사망률을 고려하였다. 또한 투입변수로서 의사, 전문의, 수술, 의료기관, 상급종합병원비율, 만성질환 진료 실인원, 만성질환 내원

일을 투입한 바, 이는 일차적으로 물적, 인적 측면 투입변수의 결합으로 산출물을 생산하는 생산함수의 가장 기본적인 형태를 고려한 것이다. 이와 더불어 임상적 성과를 보다 정교하게 측정하기 위한 목적에서 의료자원에 대한 공급 측면뿐 아니라 수요 측면을 함께 고려하였다.

추가적으로 패널확률프론티어모형 분석 결과에 따라 임상적 성과인 연령 표준화 사망률 변화(감소)에 영향을 미치는 의료자원 투입 결합의 기술적 효율성 수치가 도출되는데, 이러한 기술적 효율성에 영향을 미치는 시도별 인구 특성과 사회경제적 특성을 나타내는 변수로서 실업률, 고령인구비율, 1인당 GDRP(지역내총생산), 종합병원비율 대비 상급종합병원 비율을 고려하였다. 종합적으로 의료자원의 임상적 성과를 도출하기 위한 패널확률프론티어모형 분석과 기술적 효율성 영향요인에 대한 회귀분석을 위해 앞서 논의한 모든 변인을 아울러, 우리나라 16개

〈표 1〉 자료의 구성

구분	변수	변수의 설명	투입기간(연도)
산출물	연령 표준화 사망률 <sup>1)</sup> (임상적 성과)	인구구조가 다른 집단 간의 사망 수준을 비교하기 위해 연령구조가 사망률에 미치는 영향을 제거한 사망률로 표준인구는 2005년 주민등록 연령별 연앙인구(남녀 전체)를 사용(년도 말 기준 주민등록인구 100,000명당 사망자 수) $\frac{\sum(\text{연령별 사망률} \times \text{표준인구의 연령별 인구})}{\text{표준인구}} \times 100,000$	2006~2013
투입 요소	의사	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 1,000명당 면허의사 수	
	전문의	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 1,000명당 전문과목별(총 26개) 전문의 수	
	수술	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 100명 당 OECD 기준 통계작성이 요구되는 33개 종의 수술 중 한 해 동안 의료기관에서 급여비를 청구한 수술 총 대상	
	의료기관	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 1,000명당 시도별 모든 의료기관(종합병원, 병원, 치과병원, 한방병원, 요양병원, 의원, 치과의원, 한의원, 조산원) 수	
	상급종합병원 비율	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 100,000명당 상급종합병원 비율	
	만성질환 진료 실인원	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 1명당 의료기관 수진 인원	
	만성질환 내원일	년도말 기준 시도별 주민등록인구 1명당 만성질환 의료기관 내원일 수	
효율성 영향 요인	실업률	시도별 경제활동인구 중 실업자 비율의 연평균 수치	
	고령인구비율	년도 말 기준 시도별 주민등록인구 100명당 65세 이상 인구 비율	
	1인당 지역 내 총생산(GDRP)	각 지역의 얼마만큼의 부가가치가 발생했는가를 생산측면에서 집계하여 지역 인구수로 나눈 1인당 연간 생산액(단위: 백만 원)	
	종합병원비율 대비 상급종합병원 비율	년도말 기준 시도별 주민등록인구 100,000명당 종합병원 비율 대비 상급종합병원 비율	

주 1) 모든 변수는 통계청(<http://kosis.kr>)에서 제공하는 시도별 집계자료를 활용하였으며, 변수의 설명은 통계청 국가지표 체계의 설명을 바탕으로 기술하였음.

2) 분석 결과 해석의 편의 및 모형의 적용에 대한 이론적 정합성을 위해 인구 1,000명당 사망자 수의 역수×10000에 로그를 취한 값을 산출물로 투입하였음.

시도에 대하여 2006년부터 2013년까지 패널자료 형태로 구축하였다. <표 1>을 통해 세부 변수로 이루어진 자료의 구성을, <표 2>에서 각각의 변수에 대한 주요 기술적 특성(descriptive statistics)을 각각 확인할 수 있다.

## 2) 분석방법

### (1) 패널확률프론티어모형

앞서 언급한 바와 같이, 지역별 의료자원 결합의 임상적 효율성을 각각 살펴보기 위하여 본 연구에서

<표 2> 변수의 기술통계량

변수	변수	구분	평균	표준편차	최솟값	최댓값	관측치 수	
산출물	연령 표준화 사망률	overall	436.54	44.63	328.30	526.90	128	
		between		29.70	364.33	463.60	16	
		within		34.04	371.83	501.13	8	
투입 요소	의사	overall	2.20	.48	1.53	3.76	128	
		between		.46	1.69	3.30	16	
		within		.16	1.75	2.65	8	
	전문의	overall	1.15	.23	.83	1.91	128	
		between		.22	.94	1.62	16	
		within		.10	.89	1.44	8	
	수술	overall	3.24	.35	2.58	4.41	128	
		between		.24	2.86	3.64	16	
		within		.26	2.64	4.00	8	
	의료기관	overall	1.06	.18	.76	1.58	128	
		between		.17	.88	1.49	16	
		within		.05	.90	1.23	8	
	상급종합병원 비율	overall	.64	.28	.27	1.35	128	
		between		.28	.29	1.22	16	
		within		.04	.41	.78	8	
	만성질환 진료실인원	overall	.81	.08	.66	1.05	128	
		between		.05	.75	.94	16	
		within		.06	.70	.94	8	
	만성질환 내원일	overall	4.87	.84	3.37	7.45	128	
		between		.75	3.82	6.49	16	
		within		.41	3.81	5.83	8	
	효율성 영향 요인	실업률	overall	2.94	.92	1.20	5.10	128
			between		.88	1.80	4.43	16
			within		.34	2.03	4.13	8
고령인구비율		overall	11.97	3.70	5.58	21.35	128	
		between		3.70	6.69	19.87	16	
		within		.89	9.90	14.06	8	
1인당 GRDP		overall	23.86	10.04	12.16	63.29	128	
		between		9.57	14.36	52.51	16	
		within		3.77	11.57	34.99	8	
종합병원비율 대비 상급종합병원 비율		overall	.15	.15	0	.57	128	
		between		.15	0	.53	16	
		within		.02	.007	.21	8	

는 패널확률프론티어모형(Panel Stochastic Frontier Analysis)을 적용하기로 한다. 본 모형의 적용은 각 지역별 의료자원 결합의 효율성을 종단적으로 살펴보고자 하는 본 연구의 목적과도 맞물려 있다. 분석방법과 관련하여 좀 더 구체적으로, 본 연구의 실증분석 구조가 우리나라 16개 시도에 대한 시계열적 관찰을 전제로 하므로, 횡단면 확률경계분석의 직접적인 적용이 어렵다. 이에 생산함수에 확률경계(stochastic frontier)의 개념을 접목하여 확률프론티어분석에 대한 개념을 선구적으로 제시한 Aigner, D. J., C. A. K. Lovell and P. Schmidt(1977)의 논리를 기본적으로 전제하되, Battese, G. E. & T. J. Coelli(1992)에서 제시하고 있는 패널확률프론티어모형의 논리적 분석 구조를 적용한다. 특히 패널확률프론티어모형은 확률표본(random sample)의 확률적 오차(stochastic error)를 고려하고 있으며, 모수 추정치를 어떻게 얼마나 고려하고, 오차항의 분포를 어떻게 가정하느냐에 따라 효율성 정도가 다르게 나타난다는 특징이 있다(Battese & Coelli, 1992).

본 연구에서 적용되는 패널확률프론티어모형은 다음과 같은 식 1)로서 정리되며, 이에 대한 개별적 요소에 대한 설명은 다음과 같다. 먼저, 식 왼편의 항  $y_{it}$ 은 임상적 성과에 대한 각각의 산출물의 자연로그값이며,  $x_{jit}$ 는 각 모형 내 투입물의 자연로그값을 각각 뜻한다. 또한  $v_{it}$ 는 개체 특이성 오차를,  $u_{it}$ 는 생산함수의 기술적 비효율성을 반영하는 요소이자 시변 패널 수준의 효과를 반영하는 오차를 각각 뜻한다. 본 연구에서는 앞서 Battese, G. E. & T. J. Coelli(1992)이 제시한 바와 같이  $u_{it} \geq 0$ 인 절단된 정규분포(truncated normal distribution)를 가정하는데, 이는 적용 모형이 최대 효율을 갖는 확률 프론티어에서 기술적 비효율성  $u_{it}$ 를 제외하여 효율성을 결정하는 모형이므로  $u_{it}$ 를 비음 절단(non-negative truncation) 조건을 충족하도록 한다.<sup>3)</sup> 마지막으로, 아래첨자  $i$ 는 16개 개별 시도(개체)를,  $t$ 는 분석기간, 즉 2006년부터 2013년까지 시간(연도)을 각각 의미한다.

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jit} + v_{it} - su_{it} \quad \text{식 1)}$$

- $y_{it}$ : 산출물의 자연로그값
- $x_{jit}$ : 투입물의 자연로그값
- $v_{it}$ : 확률 오차(random error)의 표준편차
- $u_{it}$ : 각 지역별 의료자원 투입 생산함수에서의 시변 기술적 비효율성( $s=1^4$ )

추가적으로, 패널 자료 구조의 확률변경분석모형에서 나타나는 주요 특성으로서 기술적 비효율성을 뜻하는 오차항  $u_{it}$ 을 좀 더 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 일반적으로 시변(time-varying) 패널 효과를 뜻하는 오차항은 패널확률프론티어모형이 시변(time-varying)인지 시불변(time-invariant)인지의 여부에 따라 그 특성이 변화하며, 이에 따라 효율성을 추정하는 기본 방식도 달라진다. 본 모형에서의 시변(time-varying) 기술적 비효율성을 뜻하는 오차항  $u_{it}$ 은 모형 내 다른 공변량과 서로 독립적으로 분포하는 특징을 띤다. 식 1)에서 비효율성 오차항  $u_{it}$ 는 평균이  $\mu$ 이고 분산이  $\sigma^2$ 인 정규분포를 따르고, 확률  $v_{it}$ 는 평균이 0, 분산이  $\sigma_v^2$ 인 정규분포를 따르며, 두 확률변수(오차항) 모두 각각의 모수가 독립적이고 동일한 분포를 뜻하는 i.i.d(independently and identically distributed) 조건을 충족한다.

$$u_{it} \overset{iid}{\sim} N^+(\mu, \sigma^2), \mu = \mu_i \quad \text{식 2)}$$

$$v_{it} \overset{iid}{\sim} N(0, \sigma_v^2)$$

특히 본 연구는 패널자료의 특징을 고려하여 시변 마모 특징(time-varying decay specification)을 적용하는데, 시변 마모란 기간에 걸친 개별 개체의 기술적 효율성(본 연구에서는 개별 시도의 의료자원의 결합에 대한 임상적 성과 효율성)이 변화함을 의미한다. 이는 다음 수식에서의 마모 파라미터  $\eta_{it}$ 이  $u_{it}$ 를 변화시키는 가중치로 작용하는 것으로 설명할 수 있다. 좀 더 구체적으로  $u_{it}$ 에 시변 효과가 고려되어 시간에 따라 기술적 비효율성이 변화하므로, 최종적인 기술적 비효율성은 횡단면 자료의 확률프론티어모형의 기술적 비효율성을 뜻하는  $u_i$ 가 아닌  $u_{it}$ 으로 바뀌어야 함을 논리적으로 보여주고 있다.<sup>5)</sup>

$$u_{it} = \eta_{it} u_i = \exp\{-\eta(t-T)\} u_i \quad \text{식 3}$$

추가적으로 본 분석 결과를 바탕으로 의료자원 결합에 대한 기술적 효율성을 추정할 수 있는 바, 분석 기간 내 특정 연도  $t$ , 지역  $i$ 의 의료자원의 임상적 성과에 대한 기술적 효율성은 다음과 같은 수식을 바탕으로 계산된다.

$$\text{Technical Efficiency} = E[\exp(-su_{it}) | v_{it} - su_{it}] \quad \text{식 4}$$

위에서 기술한 기술적 효율성의 수식은 확률변경상에 있는 산출물 대비 각 지역별 의료자원의 성과 산출물(연령 표준화 사망률 역수의 증가분, 단위인구당 만성질환 내원일 수, 단위인구당 진료 실인원의 증가분)의 비율을 뜻한다. 확률변경상의 (가상의) 산출물 집합은 기술적 비효율성  $u_{it}$ 가 0인 산출물들의 집합을 의미하므로, 직관적으로 위 수식을 해석하면 성과 효율성(비효율성)이 높을수록(낮을수록) 1에 가깝고, 그 반대의 경우에는 0에 가까운 값을 가지게 된다.

한편, 기술적 효율성을 좀 더 수리적으로 접근하면, 확률변경상의 산출물이 주어졌을 때의 본 분석 결과의 산출물 기댓값에 대한 조건부 기대를 뜻하며, 이는 수식 5)로 표현된다.

$$E[\exp(-\eta_{it} u_i | e_i = e_i)] = \int_0^\infty \exp(-\eta_{it} u_i) f_{u_i | e_i} = e_i(u_i) du_i \quad \text{식 5}$$

여기서  $e_i = v_{it} - su_{it}$ ,  $u_i$ 의 주어진 값(given value)은 각각  $e_i, u_i$ .

따라서, 위 수식 5)를 풀면, 다음과 같은 수식 6)이 도출되는데, 이것은 위의 기술적 효율성의 수식 4)와 의미하는 바가 동일하며, 시변 마모 패널확률프론티어 모형에서의 핵심인 마모 파라미터  $\eta_{it}$ 와 생산/비용 함수 형태를 결정하는 파라미터  $s$ 로 다시 정리한 것 지나지 않는다.

$$E[\exp(-su_{it}) | e_{it}] = \left[ \frac{1 - \phi \{s \eta_{it} \tilde{\sigma}_i - (\mu_i / \tilde{\sigma}_i)\}}{1 - \phi(-\mu_i / \tilde{\sigma}_i)} \right] \exp(-s \eta_{it} \tilde{u}_i + \frac{1}{2} \eta_{it}^2 \tilde{\sigma}_i^2) \quad \text{식 6}$$

여기서  $\phi(\cdot)$ 는 표준정규분포 함수.

(2) 효율성 영향요인 패널모형

패널확률프론티어모형의 분석 결과를 바탕으로 각 모형별 기술적 효율성 수치를 도출한 바, 이들 기술적 효율성 수치와 시도별 인구구조 및 사회경제적 특성 간 연관성을 추가적으로 분석하고자 하였다. 이를 위해 패널자료에서 흔히 나타날 수 있는 오차항의 이분산과 자기상관을 고려한 모형을 적용하였으며, 각 모형에 대한 개괄적 설명은 다음과 같다.

① 오차항의 이분산을 고려한 일반화선형회귀모형

본 모형은 다음과 같은 일반적인 패널 회귀모형  $y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \gamma z_i + E_{it}$ 에서 각 패널의 오차항 분산 구조가 다를 수 있음을 가정한 모형이다. 즉, OLS의 오차항의 분산  $\Omega$ 의 정방행렬 구조에 대하여 대각선의 수치가 모두  $\sigma_m^2 I$ 로 동일한 반면, 본 모형은 패널 간 오차항의 이분산을 고려하여 대각선의 수치가, . . . . .로 모두 다르게 설정하였다는 점에서 그 특징을 찾을 수 있다. 두 모형의 오차항 분산은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

② 오차항의 이분산과 1차 자기상관을 고려한 일반화선형회귀모형

오차항이 연속적으로 상관되어 있는 경우(serially correlated), 모수를 추정하는 방법으로 Prais-Winsten 이 제시한 방법을 적용하였다. 이는 오차항의 자기상관에 의한 편의를 고려하여 효율적인 추정치를 도출하기 위한 일반화된 최소자승법(GLS: Generalized Least Square)으로 이해할 수 있다. 즉, 가장 일반적인 오차항 상관 과정인 1계 자기상관 과정을 고려하여 오차항의 공분산 행렬을 다르게 적용하여 일반화된 최소자승 추정치를 도출한다.<sup>6)</sup>

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma^2 I & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \sigma^2 I & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \sigma^2 I \end{bmatrix} \quad \text{〈OLS의 오차항의 분산 행렬 구조〉}$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma^2 I & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \sigma^2 I & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \sigma^2 I \end{pmatrix} \quad \langle \text{패널 간 오차항의 이분산을 고려하였을 경우, 오차항의 분산 행렬 구조} \rangle$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \cdot & \cdot & \cdot & \rho^{T-1} \\ \rho & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \rho^{T-2} \\ \rho^2 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \rho^{T-3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \rho^{T-1} & \rho^{T-2} & \rho^{T-3} & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{pmatrix} \quad \langle \text{패널 교정 표준오차(panel corrected standard error), 자기상관을 함께 고려하는 경우 오차항의 분산 행렬 구조} \rangle$$

### 4. 분석 결과

#### 1) 패널확률프론티어모형 분석 결과

〈표 3〉을 통해 연령 표준화 사망률로 표현되는 임상적 성과에 대한 의료자원의 수요/공급 측면의 영향력에 대한 분석 결과를 확인할 수 있다. 먼저, 모형의 분석 결과를 해석하기 이전에 다음의 두 가지를 전제적으로 설명하고자 하는데, 첫째 의료자원의 임상적 성과 모형에 대하여 각 인적 의료자원인 의사, 전문의는 계량적 측면에서의 다중공선성이 존재하여 이를 따로 구분하여 모형에 투입하였다(모형 1 모형 2로 각각 구분). 둘째, 앞서 〈표 1〉의 주)에서 간략하게 언급한 바와 같이, 투입물에 대한 산출물의 관계가 정(+)적 연관성을 보이고 있음을 상기하여 임상적 성과를 측정할 때 해석의 편의 및 모형의 적용에 대한 이론적 적합성을 위해 인구 1,000명당 사망자 수의 역수에 자연로그를 취한 값에 10,000을 곱한 수치를 산출물로 투입하였다.

인적 의료자원인 의사, 전문의는 각각의 세부 모형에서 공히 산출물을 증가시키는 것으로 나타남에 따라, ‘건강 향상’을 뜻하는 산출물인 연령 표준화 사망률 감소에 정적(+)인 영향을 보이고 있는 것으로 해석할 수 있다. 의사 및 전문의와 같은 인적 자원 투입요소와 산출물 간 유의한 정적 연관성은 인적 자원 투입요소와 산출물 간 생산함수의 이론적 맥락과 그 궤를 같이하고 있음을 보여주는 것이다. 좀 더 구체적으로 생산함수가 투입물의 결합에 의한 산출물의 관계를 설명하는 개념임을 고려할 때, 의료자원 투입 및 결합

이 건강 향상이라는 산출물을 생산하는 것으로 이해할 수 있기 때문이다. 각각의 인적 의료자원 투입변수를 제외한 나머지 물적 의료자원 투입변수와 통제변수를 동일하게 투입한 모형의 분석 결과는 전문의, 의사 모두 연령 표준화 사망률을 감소시키는 것으로 나타났다. 더욱 구체적으로 의사, 전문의가 각각 1%가 증가하면, 연령 표준화 사망률은 각각 6.13%, 7.04% 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 다만, 물적 의료자원으로서 고려한 수술, 의료기관은 연령 표준화 사망률에 미치는 유의한 정(+)적 연관성을 발견하지 못하였으며, 오히려 단위 인구당 상급종합병원 비율이 증가할수록 임상적 성과 산출물인 건강 수준의 향상은 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 의료의 질을 대리하는 상급종합병원 비율이 연령 표준화 사망률을 변화시키는 데 큰 영향력이 없으며, 좀 더 구체적으로는 의료의 질적 측면을 반영할 수 있는 산출물이 고려되어야 함을 시사한다. 지역의 단위 인구당 만성질환 진료 실인원이 많을수록 산출물이 증가(연령 표준화 사망률이 감소)하는 것으로 나타난 분석 결과는, 산출물 수준이 지역의 인구 특성이나 의료 자원 및 서비스 수요 특성과의 연관되어 있음을 나타낸다.

아울러 〈표 3〉 하단 통계량에서 확인할 수 있는 바와 같이, 비효율성을 뜻하는 파라미터인  $\mu$ 가 통계적 유의수준 1%에서 유의하다. 이는 본 모형에 대하여 비효율성이 존재하지 않는다( $H_0: \mu=0$ )는 귀무가설이 기각되어 비효율성이 모형에 포함되고 있음을 뜻한다. 따라서 모형 설정은 타당하다고 할 수 있다. 본 모형의 분석 결과가 기술적 (비)효율성을 측정하기 위한 전제적 측면의 결과임을 상기할 때, 이후 이를 바탕으로 각 지역별 의료자원의 기술적 결합에 대한 효율성 정도를 도출하는 데에는 계량적 측면에서 무리가 없을 것으로 판단된다.

다만, 사회과학을 비롯한 타 학문에서 종종 관찰되는 이른바 인과관계의 불분명성을 뜻하는, 이른바 닭과 달걀의 문제(chicken-egg problem)가 본 연구결과에서도 공히 적용될 수 있다. 좀 더 구체적으로 이는 연령 표준화 사망률이 높기 때문에(건강 수준이 나쁘

기 때문에), 만성질환 인원 수, 진료 실인원의 증가가 발생하는, 이른바 건강 수준이 의료자원의 공급을 견인한 것으로도 볼 수 있기 때문이다. 다만, 본 연구는 의료자원의 수요와 공급 간 연관성보다는 의료자원 투입에 대한 결과적 양상으로서의 임상적 성과에 주목하였으며, <표 3>의 분석 결과는 이러한 임상적 성과가 의료자원의 수요와도 밀접한 관련이 있을 수 있음을 보여주고 있다.

앞서 살펴본 바와 같이 각 의료자원의 임상적 성과에 미치는 영향에 대한 <표 3>의 각각의 분석 결과를 바탕으로 식 4)를 적용하여, 임상적 성과(산출물)에 대한 각 지역별 투입물의 기술적 효율성을 도출하고, 이의 시도별 추이를 관찰하고자 하였다. 먼저 기술적 효율성은 약 59~70%의 범위의 분포를 띠는 것으로 나타났다. 이는 연령 표준화 사망률을 감소시키는 데 있어 본 연구에서 고려한 물적, 인적 의료자원과 기타 통제 요인의 기술적 결합이 확률프론티어 위

에 존재하는 가상의 산출물 집합에 비해 약 30~41% 효율성이 낮음을 뜻하며, 바꾸어 말하면 비효율성이 30~41% 존재하고 있는 것으로 표현할 수 있다.

관찰기간 시작년도인 2006년을 기준으로 각 의료자원의 결합별 기술적 효율성의 정도는 서로 다르게 나타나고 있으나 모든 시도별 임상적 성과에 대한 투입물의 결합에 대한 기술적 효율성은 공히 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 증가의 양상을 비롯하여, 관찰 시작 시기인 2006년에서의 기술적 효율성 정도의 양상이 지역별로 각기 다른 이유는 기술적 결합의 구조에 기인한 차이로 이해된다. 특히 본 연구에서 도출된 지역별 종단적 양상이 역전 현상 등이 발생하지 않고 공히 지속적으로 미세한 증가 양상을 보이고 있는 것은 투입요소와 산출물 모두 분석기간인 2006년부터 2013년까지 지속적으로 미세하게 증가 추세를 보인 것에 기인한 것으로 판단된다. 추가적으로, 개체 간 종단적(longitudinal) 측면의 차이가 횡

<표 3> 패널확률프론티어모형 분석 결과

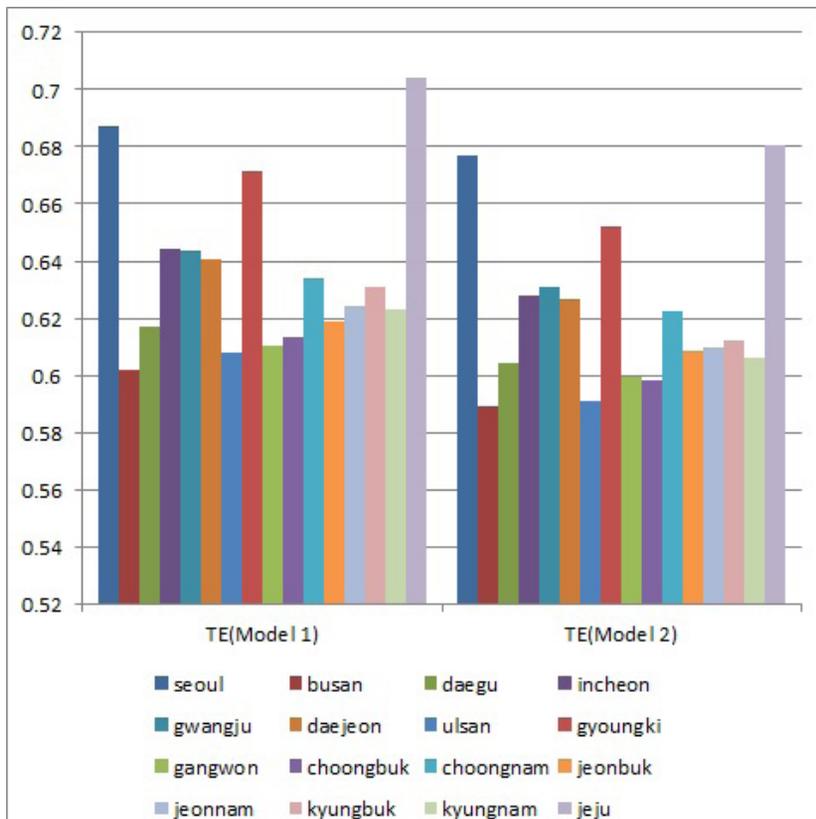
변수/모형 구분	임상적 성과	
	Model 1	Model 2
	$\beta$	$\beta$
ln(의사)	.1284**	-
ln(전문의)	-	.0943*
ln(수술)	.0111	.0102
ln(의료기관)	.0049	.0315
ln(상급종합병원 비율)	-.0537**	-.0505**
ln(만성질환 진료 실인원)	.2168**	.2191**
ln(만성질환 내원일 수)	-.1304*	-.1425*
상수항	3.8500***	3.9784***
$1/\mu$	.4537***	.4772***
$1/\eta$	.0484***	.0468***
$1/\ln\sigma^2$	-6.1355***	-6.1697***
$1/\ln\Gamma$	2.0015***	1.9272***
$\sigma^2$	.0021	.0020
$\gamma$	.8809	.8729
$\sigma_u^2$	.0019	.0018
$\sigma_v^2$	.0002	.0002
wald $\chi^2$	24.98***	20.82***

주 1: \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%에서 각각 통계적으로 유의함을 의미.  
 2: 투입요소 시변 마모 모형(time-varying decay model) 분석 결과임.

단적(cross-sectional) 측면의 차이보다 매우 작아 종단적 측면의 변화 정도는 주목할 만한 수준으로 보기는 어렵다.<sup>7)</sup> 이러한 양상은 <표 3>의 분석 결과에서 확인할 수 있는 바와 같이, 마모 파라미터(decay parameter)인  $\eta$ 가 통계적으로는 유의하나 그 계수 값이 .0484/.0468로 매우 작게 도출되었기 때문이다. 즉, 기술적 효율성 변화 수치가 매우 작은 것은 이를 종단적으로 도출하는 것이 큰 의미가 없음을 반증하는 것으로 해석할 수 있다. 이에 분석기간의 마지막 년도인 2013년의 기술적 효율성 수치를 모형별로 따로 도출하여 각 시도별로 제시하였다(<그림 1>).

<그림 1>에서 확인할 수 있는 바와 같이, 좀 더 구체적으로 분석기간의 마지막 년도인 2013년 의료자원의 임상적 성과에 대한 16개 시도별 기술적 효율성을 구체적으로 살펴보면, 서울(0.6873/0.6771), 부산(0.6021/0.5889), 대구(0.6169/0.6044), 인천(0.6443/0.6278), 광주(0.6433/0.6311), 대전(0.6403/0.6265),

울산(0.6082/0.5908), 경기(0.6712/0.6518), 강원(0.6101/0.5996), 충북(0.6134/0.5984), 충남(0.6338/0.6226), 전북(0.6186/0.6088), 전남(0.6245/0.6097), 경북(0.6312/0.6119), 경남(0.6231/0.6064), 제주(0.7042/0.6807)의 양상을 띠고 있으며, 경기, 서울, 제주, 인천 지역의 의료자원의 기술적 효율성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 제주를 제외하면, 수도권 지역에서 의료자원의 임상적 성과에 대한 기술적 효율성이 높은 특징이 나타나고 있다. 상대적으로 권역별 구분으로 일반적으로 이해되는, 특광역시 여부(metropolitan)나 지역별 인접성 등을 각각 고려하여 지역을 분류하여 이를 분류된 집단별로 살펴볼 경우 기술적 효율성에 대한 집단별 양상은 도 지역보다는 광역시 지역이, 비수도권 지역보다는 수도권 지역의 임상적 성과 측면의 기술적 효율성이 상대적으로 높은 것으로 나타났으나, 차이라고 할 만큼 뚜렷한 양상이 명확하게 드러나고 있다고 말하기는 어렵다고



<그림 1> 시도별 기술적 효율성 분포(2013년 기준)

하겠다. 다만, 이러한 양상은 단위 인구당 의사, 전문의 분포도가 상대적으로 높은 지역의 의료자원 분포 특성과 밀접한 관련되어 있는 것에 기인한 것으로 판단할 수 있다. 이를 확대 해석하면 지역별 임상적 성과의 기술적 효율성 차이가 뚜렷하다 할 수 없지만, 단위 인구 당 의사, 전문의 수가 상대적으로 수도권에 집중되어 비수도권 지역에서 인적 의료자원에 대한 미충족 의료 욕구가 발생함을 추론할 수 있다. 다만, 이러한 분석 결과는 투입물을 나타내는 투입(독립)변수뿐 아니라 산출물로서 어느 변수를 고려하느냐에 따라 기술적 효율성의 수치가 크게 달라질 개연성이 높으며, 기술적 효율성을 관찰함에 있어 모형 내에서 관찰되지 않은 지역 특성을 더욱 정교하게 통제하여야 함을 복합적으로 시사하고 있다.

## 2) 임상적 성과의 기술적 효율성 영향 요인 분석

〈표 4〉는 앞서 〈표 3〉의 각 패널확률프론티어모형의 분석 결과를 바탕으로 도출된 기술적 효율성과 시도별 인구, 사회경제적 특성 간 연관성을 보여주고 있다. 앞서 분석방법에서 언급한 바와 같이 패널자료에서 흔히 발견되는 오차항의 자기상관과 이분산을 고려하기 위한 모형을 적용하였으며, 분석모형을 적용하기 이전에 자기상관 과정 중 가장 일반적인 과정인 1계 자기상관 과정을 가정하여 자기상관과 이분산을

〈표 4〉 1계 자기상관 및 이분산 검정 결과

구분	1계 자기상관 검정	이분산 검정
$H_0$	1계 자기상관이 없음.	등분산
test statistic	28.109***	9.7e+06***
results	1계 자기상관이 존재	이분산 존재

주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%에서 각각 통계적으로 유의함을 의미

2) 1계 자기상관 검정은 울드리지 검정(Wooldridge test)을 적용함.

3) 이분산 검정은 고정효과 모형에 대한 Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity 검정을 적용함.

검정한 결과, 통계적 유의수준 1%에서 자기상관과 이분산이 존재하고 있음을 확인하였다(〈표 4〉).

〈표 4〉의 분석 결과에 따라 오차 간 이분산, 1계 자기상관, 패널 교정 표준오차(panel-corrected standard error)를 각각 고려하여 기술적 효율성 영향 요인을 분석한 바, 계량적 측면에서 의사와 전문의를 각각 투입한 모형 모두 오차 간 이분산, 오차 간 1계 자기상관, 패널 교정 표준오차를 공히 고려한 모형이 다른 모형에 비해 wald  $\chi^2$  통계량 수치가 크고 유의하며 개별 변수의 유의성도 모두 높으므로 이를 최종 모형으로 채택하였다(〈표 5〉).

먼저, 1인당 GRDP를 투입한 분석 결과는 의료자원에 대한 임상적 성과의 기술적 효율성에 지역의 경제적 측면이 크게 작용하고 있음을 시사한다. 즉, 지역

〈표 5〉 의료자원의 임상적 성과 효율성 영향 요인 분석 결과

구분	의사			전문의		
	model 1-1	model 1-2	model 1-3	model 2-1	model 2-2	model 2-3
실업률	.0248***	.0118*	.0073*	.0237***	.0119*	.0073*
고령인구비율	.0026*	.0016	.0044**	.0030**	.0020	.0046***
ln(1인당 GRDP)	.0561***	.0286**	.0844***	.0537***	.0290**	.0830***
종합병원비율 대비 상급종합병원 비율	.0105	-.0032	.0323	.0258	.0151	.0436
constant	.2963***	.4406***	.2416***	.2868***	.4176***	.2280***
오차 간 이분산	고려	고려	고려	고려	고려	고려
오차 간 1계 자기상관	미고려	미고려	고려	미고려	미고려	고려
패널 교정 표준오차	미고려	고려	고려	미고려	고려	고려
wald $\chi^2$	45.99***	7.52	60.27***	45.50***	7.85*	62.07***
관측치 수	128	128	128	128	128	128

주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%에서 각각 통계적으로 유의함을 의미

2) 음영은 효율성 영향요인에 대한 최종모형임.

의 경제력이 높을수록, 임상적 성과의 기술적 효율성이 높은 이른바 두 변수 간 정적(+) 연관성이 있다고 판단할 수 있다. 또한 고령인구비율 역시 기술적 효율성에 정적(+) 영향력이 유의하게 도출된 바, 이는 다른 연령층에 비해 고령인구의 의료자원 및 서비스 수요가 높음을 상기할 때, 임상적 성과의 기술적 효율성이 지역의 인구 구조 및 수요 특성과의 밀접한 관련이 있음을 반증하는 것으로 해석할 수 있다. 반면, 의료자원의 질적 측면을 고려하기 위하여 투입한 종합병원 대비 상급종합병원 비율의 통계적 유의성이 확보되지 못한 부분은 본 모형에서 의료자원의 질적 측면을 대리하는 변수가 연령 표준화 사망률이라는 특정 임상적 성과의 기술적 효율성을 증가시키는 데에 별다른 유의한 영향력이 보여주지 못한 것으로 판단된다. 마지막으로 기술적 효율성에 미치는 실업률의 유의한 정적 연관성은 실업률과 기술적 효율성 간 정적(+) 연관성을 보여주고 있다. 이러한 정적(+) 관계는 전통적으로 논의되어 온 실업률과 사망률의 부(-)의 관계(Ruhm, 2000; Miller et al, 2009)와 유사한 맥락을 공유하는 것으로 해석할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 지금까지 보건 의료 부문에서 거의 수행되지 않았던 의료자원 투입의 임상적 성과에 대한 효율성을 살펴보고자 하였다. 이를 위하여 우리나라 16개 시도의 2006~2013년 자료를 구축하여 Battese & Coelli(1992)이 제시한 패널확률프론티어모형을 적용하였다. 또한 생산함수의 기본적 형태를 토대로 임상적 성과를 판단할 수 있는 산출물로서 지역별 연령 표준화 사망률(의 역수)을, 인적 의료자원으로 의사, 전문의를, 물적 의료자원으로서 수술, 의료기관, 상급종합병원비율을, 수요 측면 및 통제변수로서 각각 고려하였다.

먼저 의료자원 투입의 임상적 성과 효율성과 관련된 분석 결과로서, 물적 의료자원으로서 투입한 수술, 의료기관이 연령 표준화 사망률에 미치는 유의한 영

향력을 확인하지 못하였으나 인적 의료자원을 각각 투입한 결과는 의사, 전문의는 연령 표준화 사망률을 공히 감소시키는 것으로 나타나, 인적 의료자원이 건강 수준을 향상시키는 차원의 임상적 성과를 가져오는 요인임을 확인하였다. 이러한 분석 결과를 토대로 도출한 지역별 임상적 성과에 대한 기술적 효율성은 제주, 서울, 경기, 인천 등의 지역에서 상대적으로 높게 도출되었으며, 기술적 효율성의 추이(2006~2013년)는 분석대상인 16개 시도 모두 미세하게 증가하는 것으로 나타났다. 권역별 구분에 따른 양상의 차이는 미세하지만 관찰 가능한 수준으로 나타난 바, 대체적으로 도 지역보다는 지방의 특광역시 지역의 성과 효율성이 높게 도출되었다. 이러한 양상의 차이는 의료자원의 수요 측면의 변인인 고령인구비율이 높을수록, 지역의 경제적 측면을 대리하는 변인인 1인당 GRDP가 높을수록 기술적 효율성이 높은 분석 결과와 밀접한 관련성이 있다. 보다 구체적으로 다른 연령층에 비해 고령인구의 의료자원 및 서비스 수요가 높음을 상기할 때, 임상적 성과의 기술적 효율성이 지역의 인구 구조 및 수요 특성과의 밀접한 관련이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다. 또한 이러한 결과는 효율성을 측정하기 위한 패널확률프론티어모형이 생산함수의 구조를 이론적 기반으로 하고 있으며, 산출물에 영향을 미치는 지역별 관찰되지 않은 속성의 차이가 효율성의 차이에 반영되고 있음을 시사한다. 효율성을 어떠한 방식으로 측정하며, 이를 위하여 어떠한 변수를 적용하는지에 따라 기술적 결합에 기인한 효율성의 차이는 다양하게 도출될 수 있으며, 관찰되지 않은 속성의 차이가 정교하게 반영되는지에 대한 여부가 효율성을 결정하는 데 중요한 역할을 수행할 개연성이 높다. 따라서 본 연구의 실증적 분석 결과는 사회 현상에 대한 통념적인 해석의 성격을 띠다가보다는 특정 사례로서 이해하는 것이 일반 타당할 것으로 판단된다. 다만, 정책적 함의 도출 측면에서 조금 더 논의를 이어가면, 보건 의료 부문의 효율성을 다양한 관점에서 측정하는 것은 추후 이와 관련된 기술적 결합이 공급과 수요 측면의 비용 효율성과도 밀접하게 맞물려 있으므로, 지역별 의료자원의 공급, 수요의

효율성을 바탕으로 보건 의료 부문의 재정적 지속 가능성을 판단할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다.

보건의료 부문 효율성에 대한 횡단면 접근에서 종단적 양상을 추가적으로 고려하여 패널확률프론티어 모형을 적용하였다는 점에서 연구의 차별성이 분명하게 존재하고 있음에도 불구하고, 본 연구는 확률프론티어 방법이 기본적으로 전제하고 있는 생산함수의 내생성 문제를 통제하지 못한 한계점이 존재한다. 이에 통제하지 못한 내생성이 효율성의 양상에 영향을 미쳤을 개연성 또한 높으므로, 정확한 효율성을 도출하였다고 보기는 어려운 한계점이 있다. 또한 의료자원의 수요 측면에 대하여 지역 간 이동성이 전혀 고려되지 못한 한계점이 있다. 이러한 부분은 지역 간 이동에 따른 의료자원 이용이 존재하고 있음을 생각하면, 다소 현실적인 설명력을 감소시키는 요인으로서 이해할 수 있다. 이러한 한계점은 추후 내생성을 통제할 수 있는 추가적인 방법(Olley and Pakes, 1996)이 제시한 바와 같이 시간에 따라 변하는 관측 불가능한 생산성의 대리 변수를 사용하는 방법 등을 적용하고, 의료자원 이용에 대한 이동성 측면을 나타내는 변수를 투입물로서 반영함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

비록 본 연구의 차별성을 부각시키고자 시도하였던 지역별 효율성의 종단적 양상은 지역별로 큰 차이를 보이지는 않았으며, 횡단적 양상에 비해서도 상대적으로 그 차이가 작은 것으로 나타났지만, 적어도 본 연구의 분석 결과는 지역별 각 효율성의 차이가 투입요소인 의료자원의 지역별 차이에 기인한 것임을 시사하고 있다. 분석 결과와 관련하여 좀 더 구체적으로, 임상적 측면의 기술적 효율성은 의료자원의 공급 편중과 수요의 접근성 차이에 기인한 바 클 개연성이 존재하고 있으며, 기술적 효율성 영향요인 분석 결과는 이러한 개연성을 일정 부분 지지하고 있다. 보건의료 부문의 효율성을 측정할 지금까지의 선행연구가 대체적으로 경제적 측면의 성과 효율성에 주목하고 있는 한계점을 보완하여, 임상적 성과라는 새로운 성과 측면을 고려하고 이의 종단적 양상을 실증적

으로 관찰하였다는 점은 본 연구의 차별성, 의의로서 제시할 수 있다. 즉, 지역별 각 효율성의 차이는 투입요소인 의료자원의 지역별 차이와 이의 결합과 지역의 인구사회학적, 사회경제적 특성 등에 기인한 것으로서, 지역별로 임상적 성과에 영향을 미치는 의료자원의 공급 편중과 수요의 접근성 차이, 인구구조와 경제적 차이가 복합적으로 작용함에 따른 기술적 효율성 차이가 다르게 나타나고 있음을 보였다는 점에 본 연구의 의의가 있다. 병원과 같은 의료자원 공급기관의 운영효율성은 재정적 지속가능성과 양질의 의료서비스를 도모할 수 있다는 점에서 의미가 있지만, 의료자원의 본래적 목적을 상기할 때 건강 수준의 향상과 같은 의료자원 투입의 임상적 성과를 살펴보는 것이 재정적 지속가능성과 양질의 의료서비스를 담보하고, 더욱 근본적인 관점에서 의료자원의 의미를 판단할 수 있다는 점에서 그 의미가 더욱 크다고 할 수 있다. 추가적으로, 본 연구는 우리나라 16개 시도를 분석의 공간적 범위로 설정하고 국가 통계청에서 제공하는 해당 집계자료를 구축하여 연구를 진행한 바, 공신력 있는 기관의 자료를 바탕으로 연구를 수행하였다는 점에서 분석 결과에 대한 신뢰성을 제고할 수 있는 특징이 존재한다. 다만, 추후 의료자원의 임상적 성과 분석이 좀 더 체계적이고 심도 있게 수행되기 위해서는 앞서 선행연구에서 살펴본 건강 조정 기대수명(HALE) 등 임상적 성과를 대리할 수 있는 다양한 통계가 지역별로 생산될 필요가 있다고 판단된다.

## 주

- 1) HALE(건강보정 기대수명: Health-Adjusted Life Expectancy)은 단일 건강수준 측정지표 중의 하나로서, 죽음(0)과 최고 건강수준(1) 사이의 건강 수준 범위를 설정하고, 건강관련 삶의 질 도구로 측정하여 도출한 건강 정도 측정 수치를 생명표로 구득한 기대여명에 적용한 수치를 뜻함(변용찬·이성국·박수지·이민경, 2011의 내용을 수정 인용).
- 2) 표준인구의 기준이 2005년 주민등록 연앙인구임.
- 3) 정규분포 이외에도 단측인(one-side) 다른 분포를 고려할 수도 있으나 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 단측 정규분포를 이용하며, 이에 대해 좀 더 자세한 설명은 Battese, G. E. & T. J. Coelli(1995), p.327을 참조.

- 4)  $s=-1$ 일 경우, 비용함수에서의 기술적 비효율성을 의미함.
- 5) Battese & Coelli(1992)에 따르면,  $\eta$ 가 0보다 큰 경우, (시변 마모 모형에 대한) 기술적 비효율성(오차항  $u_i$ )은 증가 속도가 감소하기는 하나 결과적으로는 효율성이 증가하는 형태가 나타나는 모형을, 반대로  $\eta$ 가 0보다 작은 경우에는 감소 속도가 증가하기는 하나 결과적으로는 효율성이 감소하는 형태가 나타나는 모형을,  $\eta$ 가 0인 경우 효율성이 변화하지 않는 시불변 모형(time-invariant model)을 각각 의미함.
- 6) 좀 더 자세한 논의는 Prais, S. J. and C. B. Winsten, 1954, Trend estimators and serial correlation, Working paper 383, Cowles Commission; Judge, G. G., W. E. Griffiths, R. C. Hill, H. Lütkepohl, and T.-C. Lee, 1985, 『The Theory and Practice of Econometrics』, 2nd ed., New York: Wiley를 참조하면 됨.
- 7) 단적으로 서울, 부산의 경우, 2012년과 2013년의 기술적 효율성은 각각 0.6746/0.6873, 0.5872/0.6021로 연도별 차이가 0.0126, 0.0168로 시도별 기술적 효율성의 차이에 비해 상대적으로 작은 수치를 보이고 있음. 다른 지역의 경우도 이와 유사한 양상을 보임.

### 참고문헌

- 김두섭·박효준, 2003. 사망률 수준의 시·군별 편차 및 그 변화 추이, 1990-2000, 『한국인구학』, 26(1), pp.1-30.
- 김순은·최선미, 2014. 공공의료기관과 일반의료기관의 성과비교분석, 『한국사회와 행정연구』, 24(4), pp.29-52.
- 김철민, 2009. 일차의료에서 보건경제학과 성과분석, 『Korean Journal of Family Medicine』, 30(8), pp.577-587.
- 박경애, 2003. 시도의 사망원인별 사망률, 『한국인구학』, 26(2), pp.1-32.
- 박성용·조은경·이광수, 2014. 지역 간 의료자원 이용의 효율성 분석, 『대한보건연구』, 40(4), pp.107-119.
- 박은옥, 2013. 시·군·구 단위 지역사회 심뇌혈관 질환 표준화 사망률과 관련 요인 분석, 『보건과 사회과학』, 34, pp.257-271.
- 변용찬·이성국·박수지·이민경, 2011. 『지역별 건강수명의 형평성 분석과 정책과제』, 한국보건사회연구원 연구 보고서 2011-28.
- 오영호, 2008. GINI계수에 의한 주요 보건의료인력의 지역 간 분포 변화, 한국보건사회연구원 『보건복지포럼』, 139, pp.98-110.
- 유금록, 2003. 보건소의 생산성 측정: 전라북도를 중심으로, 『한국행정학보』, 37(4), pp.261-280.
- 유금록, 2010. 공공의료서비스의 효율성 평가:지방 의료원에 대한 부트스트랩 자료포락분석모형의 적용, 『한국사회와 행정연구』, 212, pp.117-140.
- 이상규, 2012. 우리나라 고가 의료장비 현황과 정책대안: 정책의 수직적, 수평적 동기화, 『Journal of Korean Medical Association』, 55(1), pp.950-958.
- 이성용, 2003. 사망수준과 사망 원인관련 지표들 간의 관계에 대한 자료탐색 분석, 『한국인구학』, 26(1), pp.33-62.
- 장인수·권대영·김홍석, 2017. 지역별 의료 자원의 성과 효율성 분석, 『보건사회연구』, 37(4), pp.336-369.
- 정재명, 2015. 지방공공기관의 정태적, 동태적 효율성 및 생산성 분석: 경남 지방보건소를 중심으로, 『지방행정연구』, 29(3), pp.84-111.
- 조재영·이광수·정형선, 2014. 맘퀴스트 생산성 지수를 이용한 지역별 보건의료 생산성 추세 분석(2002-2011), 『보건경제와 정책연구』, 20(1), pp.63-86.
- 통계청, 2015. 2014년 사망원인통계 보도자료.
- Aigner, Lovell, Schmidt. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, 『Journal of Econometrics』, 6, pp.21-37.
- Battese, G. E. & T. J. Coelli. 1992. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India, 『Journal of Productivity Analysis』, 3, pp.153-169.
- Battese, G. E. & T. J. Coelli. 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data, 『Empirical Economics』, 20, pp.325-332.
- Chirikos, T. & Sear, A. 2000. Measuring hospital inefficiency: A comparison of two approaches, 『Health Services Research』, 34(February), pp.1389-1408.
- Dor, A. 1994. Non-minimum cost functions and the stochastic frontier: On applications to health care providers, 『Journal of Health Economics』, 13(3), pp.329-334.
- Greene, W. 2004. Distinguishing between heterogeneity

- and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization's panel data on national health care systems, 『Health economics』, 13(10), pp.959-980.
- Greene, W. 2005. Fixed and random effects in stochastic frontier models, 『Journal of productivity analysis』, 23(1), pp.7-32.
- Hollingsworth, B. 2008. The measurement of efficiency and productivity of health care delivery, 『Health economics』, 17(10), pp.1107-1128.
- Karpa, W., Leśniowska, J., 2014, Efficiency of Health Care Systems: Stochastic Frontier Analysis Including Innovation Component, 『Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Pragmata Tes Oikonomias』, 8, pp.159-167.
- Koop, G., Osiewalski, J., Steel, M. F. 2000. Modeling the sources of output growth in a panel of countries, 『Journal of Business & Economic Statistics』, 18(3), pp.284-299.
- Linna, M. 1998. Measuring hospital cost efficiency with panel data models, 『Health economics』, 7(5), pp.415-427.
- Li, T., Rosenman, R. 2001. Cost inefficiency in Washington hospitals: a stochastic frontier approach using panel data, 『Health care management science』, 42, pp.73-81.
- Miller, M. E. Page, A. H. Stevens, M. Filipski, 2009, Why Are Recessions Good for Your Health?, 『American Economic Review Papers & Proceedings』, 99(2), pp.122-127.
- Ogloblin, C. 2011. Health care efficiency across countries: a stochastic frontier analysis, 『Applied econometrics and international development』, 11(1), pp.5-14.
- Olley, S. and A. Pakes. 1996. The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry, 『Econometrica』, 64, pp.1263-1297.
- Rosko, M. D. 2001. Cost efficiency of US hospitals: a stochastic frontier approach, 『Health economics』, 10(6), pp.539-551.
- Rosko, M. D., Mutter, R. L. 2008. Stochastic frontier analysis of hospital inefficiency: a review of empirical issues and an assessment of robustness, 『Medical Care Research and Review』, 652, pp.131-166.
- Ruhm. C. J. 2000. Are recessions good for your health?, 『Quarterly Journal of Economics』, 115, pp.617-650.
- Skinner, J. 1994. What do stochastic frontier cost functions tell us about inefficiency?, 『Journal of Health Economics』, 13(3), pp.323-328.
- Tsionas, E. G. 2002. Stochastic frontier models with random coefficients, 『Journal of Applied Econometrics』, 172, pp.127-147.
- Vitaliano, D. F., Toren, M. 1994. Cost and efficiency in nursing homes: a stochastic frontier approach, 『Journal of Health economics』, 13(3), pp.281-300.
- Wagstaff, A., Lopez, G. 1996. Hospital costs in Catalonia: a stochastic frontier analysis, 『Applied Economics Letters』, 3(7), pp.471-474.
- Worthington, A. C. 2004. Frontier efficiency measurement in health care: a review of empirical techniques and selected applications, 『Medical care research and review』, 612, pp.135-170.
- Zuckerman, S., Hadley, J., Iezzoni, L. 1994. Measuring hospital efficiency with frontier cost functions, 『Journal of health economics』, 13(3), pp.255-280.
- 국가통계포털, <http://kosis.kr>

계재신청 2018.03.17.

심사일자 2018.03.20.

계재확정 2018.06.19.

주저자: 장인수, 교신저자: 김홍석