

DEA에 의한 병원 효율성 평가에서  
질적 측면 통합 모형에 관한 연구  
- 국립대학교병원에 대한 분석을 중심으로 -

신동욱, 신종각\*†, 정기택\*\*

국립암센터 국가암관리사업단, 한국고용정보원\*, 경희대학교 의료경영학과\*\*

<Abstract>

A Study on Quality-incorporating Models in Evaluation of  
Hospital Efficiency with Data Envelopment Analysis  
- An Analysis on National University Hospitals in Korea -

Dong Wook Shin, Chong Gak Shin\*, Kee Taig Jung\*\*

*National Cancer Control Research Institute, National Cancer Center*

*Korea Employment Information Service\**

*Dept. of Health Services Management, Kyung Hee University\*\**

Rising healthcare cost is a global phenomenon that justifies governments' introduction of 'incentive regulation' plan for the improvement of hospital efficiency. A number of previous studies tried to evaluate the efficiency of healthcare organization by using Data Envelopment Analysis(DEA), a common efficiency benchmarking method.

However, there is a concern that this kind of efficiency evaluation could induce

\* 투고일자 : 2008년 6월 30일, 수정일자 : 2008년 9월 5일, 게재확정일자 : 2008년 9월 8일

† 교신저자 : 신종각(02-2629-7350, cgshin88@work.go.kr.)

“quantity-quality trade-off”. Moreover, as quality aspect is especially important in terms of ‘effectiveness’ of health care, it should be considered in efficiency evaluation of healthcare organization.

A number of different models were tried so far to incorporate quality aspect into DEA, however, none is universally recognized as a standard. Thus, in this study, previous quality-incorporating DEA models were categorized into 6 types according to the way of incorporating quality aspect, and strengths and limitations of each type were reviewed with a set of artificial data as an example. Based on this review, a new quality-incorporating efficiency evaluation model, named Quality-adjusted output DEA(QAO-DEA), was suggested.

As an exploratory empirical analysis, technical efficiency of human resource were measured with different quality-incorporating DEA models, using 2004 data from National University Hospitals.

In conclusion, Quality-adjusted output DEA(QAO-DEA) model seems to be one of the most desirable alternatives to incorporate quality aspect in efficiency evaluation of hospital, and deserves the consideration as a policy tool to induce simultaneous improvement of both efficiency and quality.

*Key Words : Efficiency, Quality, Data Envelopment Analysis(DEA), Quality-adjusted output*

## I. 서 론

공공 서비스 부문은 그 독점적 성격으로 인하여 비효율적이 되기 쉽다. 여러 나라에서는 그 대책으로 공공 부문의 효율성의 증대를 유도하기 위한 유인 규제(incentive regulation)를 도입하고 있다(Majumdar, 1997; Jamasb, 2001; Giannakis, 2005). 그러나 현실적으로 공공 서비스 분야의 절대적 효율성을 측정하는 것이 유의미하지 않기 때문에 상대적 효율을 측정·비교하여 경쟁을 유발하고 규제의 도구로 삼게 되는데, 이러한 유인 규제를 잣대 규제(yardstick regulation 또는 benchmark regulation)이라고 한다.

Farrell(1957)에 의해 체계적으로 개념이 제시된 상대적 효율성 개념은 자료포락분석(Data Envelopment Analysis; Charnes 등, 1978)에 의하여 실증분석에 이용될 수 있도록 구체화되었다. 자료포락분석은 방법론적으로 측정 단위가 서로 다르고 시장 가격을 알 수 없는 다수의 투입 및 산출변수를 동시에 고려할 수 있을 뿐 아니라, 실제로 효율성이 뛰어난 준거집단(reference group)을 제시하여 구체적인 개선방안 도출에 유리하다는 점 등으로 인하여 벤치마킹을 위한 공공부문의 상대적 효율성 측정의 도구로 널리 사용되고 있다. 우리나라에서도 정윤수(1992), 남상요(1994), 박창제(1996), 정형선과 이기호(1996) 등이 DEA기법을 이용하여 효율성을 분석하기 시작한 이래로 광범위하게 적용되어왔다.

한편 양적 측면의 효율성만을 고려하는 유인 규제는 진정한 효율성의 증가보다는 서비스 질을 저하시킴으로써 비용을 절감하려는 동기를 부여할 것이라는 일각의 우려가 제기되고 있다(Lin, 2005; Estache, 2007). 실제로 노르웨이나 핀란드의 전력 공급부문에서 시행된 연구(Heggset, 2001; Langset, 2001; Jamasb, 2001)에서는 효율성 외에 서비스의 질적 측면도 고려하려는 시도가 있었으나 자료의 부족이나 측정 방법론의 문제로 인하여 보편적으로 시도되고 있지는 못한 실정이다(Giannakis, 2005).

보건 의료부문에서도 의료비의 전 세계적인 양등과 맞물려 효율성 유인 규제 도입이 활발히 논의되고 있다. 일례로 Athanassopoulos(2001)는 자료포락분석을 통해 그리스의 98개 공공 병원을 분석하여 인력 감축과 병원간 재배치를 통하여 전체 병원 지출의 10~18%를 절감할 수 있으며 효율성 격차를 해소할 수 있다고 하였다. 국내에서도 정기택과 이훈영(1999)이 자료포락분석으로 얻은 효율성 측정값을 병원에 대한 인력이나 금융지원의 기준으로 사용하는 방안을 내놓기도 하였다.

그러나 보건 의료의 질(quality)은 그 자체로서 효과성(Effectiveness)이라는 측면에서 매우 중요하므로 효율성의 측정과 동시에 반드시 고려되어야 할 요소이다(Prior, 2006). 그러나 Newhouse(1994)가 의료에서의 산출의 측정과 질에 대한 보정의 어려움을 지적한 바와 같이, 질적 측면을 효율성 분석에 접목하려는 다양한 시도들 중 보편적으로 받아들여지는 방법은 아직 없는 실정이다.

이 연구의 주요 목적은 자료포락분석에 질적 측면을 고려한 기존의 연구들을 고찰하여 자료포락분석에 질적 측면을 통합하는 바람직한 방법을 모색하고, 새로운 모델을 제시하는데 있으며, 국립대학교병원들의 자료에 대한 실증 분석을 통해 유용한 정책도구로서의 가능성을 검증하여 보았다.

## II. 표준 자료포락분석 모형의 한계점

표준 자료포락분석의 한계점은 효율성을 측정하기 위한 실제 자료를 분석하였을 때 분명하게 드러난다. 설명의 편의를 위하여 총 10개의 가상의 의사결정단위(DMU)가 각각 2개의 투입물과 1개의 산출물을 생산한다고 가정하고 질적 측면을 고려하지 않은 표준 자료포락분석 모형을 적용하여 효율성 측정치를 구하면 <표 1>, <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 의사결정단위 J와 B를 비교할 때 투입, 산출의 비율을 일정하게 유지하면서 규모만 2배이고 질적으로 동일하기 때문에 이론적으로 B와 동일한 효율성을 가져야 하므로 J는 J\*로 표시하여 B와 같은 지점에 나타내었다.

<표 1>과 <그림 1>이 나타내는 바는 의사결정단위 E, H, F, C는 가장 효율적인 집단으로서 경계(Frontier)가 되고, 이외의 의사결정단위 A, G, D, I, B, J\*는 상대적으로 비효율적인 의사결정단위로서 자원을 절감하거나 준거집단을 벤치마킹하여야 함을 의미한다.

그러나 <표 1>과 <그림 1>에서 질적 수준을 고려하면 다음과 같은 문제가 있을 수 있다. 첫째, 산출물의 질적 수준이 다른 A(100)와 G(60)의 효율성이 같다는 것이며, 둘째, 질적 수준이 높은 A(100), B(100)가 효율성은 조금 높지만 질적 수준이 매우 낮은 F(60)를 벤치마킹

<표 1> 표준 DEA 모형의 효율성 분석 예

DMU (질)	산출 및 투입			DEA 효율성	잠재적 자원 절약 가능성		DEA benchmark 준거집단			
	산출	투입 1	투입 2		투입 1	투입 2	준거 (질)	가중치	준거 (질)	가중치
A(100)	100	40	60	0.813	7.5	11.25	F(60)	0.625		0.375
B(100)	100	60	30	0.889	6.667	3.333	C(100)	0.333		0.667
C(100)	100	80	20	1					E(100)	
D(100)	100	40	40	0.929	2.857	2.857	F(60)	0.857	F(60)	0.143
E(100)	100	20	80	1					E(100)	
F(60)	100	40	30	1					E(100)	
G(60)	100	40	60	0.813	7.5	11.25	F(60)	0.625	E(100)	0.375
H(80)	100	20	80	1					F(60)	
I(80)	100	40	40	0.929	2.857	2.857	F(60)	0.857		0.143
J*(100)	200	120	60	0.889	13.33	6.667	C(100)	0.667		1.333

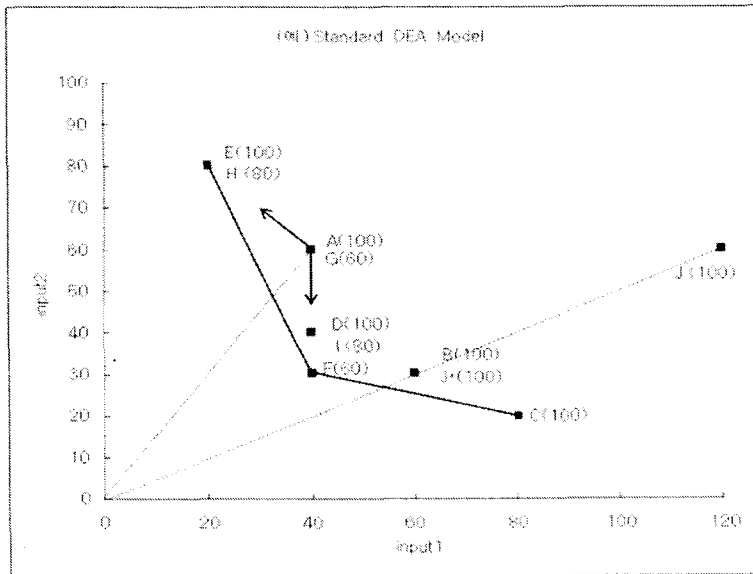


그림 1. 표준DEA 모형의 효율성 벤치마킹 예

하도록 요구받는다. 즉, 이와 같이 기존의 자료포락분석 방식에 의한 유인 규제는 질적 측면을 저하시키더라도 양적인 효율성을 높이는 조직을 ‘모범기준(best practice)’로 판정하도록 한다는 점에서 벤치마킹의 원래 취지에 위배되는 결과를 초래하고 있다. 이를 반영하여 기존의 많은 연구에서도 질적 측면을 고려하지 못한 것을 연구의 한계점으로 제시한 바 있다(윤경준, 1996; 김태일, 2000; 서수경; 권순만, 2000; 석영기, 2006).

### III. 질 보정 자료포락분석 선행연구의 유형별 분류

일반적으로 생산(Production)은 관찰된 투입과 산출의 양에 의해서 충분히 기술될 수 없는 경우가 많은데, 특히 자료포락분석을 이용하여 효율성을 분석할 경우에는 질적 측면이 통합된 확장된 개념의 자료포락분석이 필요하다(Olesen, 1995). 예를 들면, 어떤 의사결정단위가 투입자원을 사용하여 양보다 질을 우선으로 재화와 용역을 생산할 경우에 이 조직은 양적 기준(quantity criterion)으로는 비효율적이지만 질적 기준(quality criterion)으로는 효율적일 수도 있다.

이 연구에서는 선행연구를 고찰하여 자료포락분석에 질적 측면을 통합하는 대안적인 방법들을 <표 2>와 같이 유형화하고 유형별 특성을 설명하였다. 먼저 질적 지표가 자료포락분석 모형에 투입 또는 산출 변수로 삽입되는 여부에 따라 두 가지 유형으로 나누어볼 수 있고, 질적 지표가 변수로 삽입되는 유형은 다시 질적 지표의 변수 특성에 따라 질적 속성(Quality attribute)을 사용한 것과 질적 점수(Quality Score)를 사용한 것으로 나눌 수 있다.

<표 2> 질 보정 자료포락분석의 다양한 모형

<b>1. 질적 측면을 독립적 차원으로 고려한 모형</b>		
모형 I (Type I)	사분면상에 질적측면을 독립적 차원으로 나타낸 모형	문신용과 윤기찬(2004) 송건섭과 이곤수(2004)
모형 II (Type II)	독립된 차원의 질을 알고리즘에 이용하는 모형(Q-DEA)	Sherman and Zhu(2006)
<b>2. 질적 측면이 투입 또는 산출 변수에 포함되는 모형</b>		
<b>1) 질적 속성 지표를 사용하는 모형</b>		
모형 III (Type III)	좋은 질적 속성을 산출 변수로 추가하는 모형	Olesen et al.(1995) Thanassoulis et al.(1995) Lin(2005)
모형 IV (Type IV)	나쁜 질적 속성을 투입 변수로 추가하는 모형	Giannakis(2005); Prior(2006)
<b>2) 질적 점수 지표를 사용하는 모형</b>		
모형 V (Type V)	질적 점수지표만 산출변수로 이용하는 모형	Junoy(1997) Soterious and Zenios(1999) Soteriou and Stavrinides(2000)
모형 VI (Type VI)	질적 점수지표를 산출 변수에 추가하는 모형	Rouse(2002)
모형 VII (TypeVII)	질 보정 산출 자료포락분석 (Quality-adjusted output DEA)	신동욱 등(2007)

**1. 질적 측면을 독립적 차원으로 고려한 모형**

1) 사분면상에 질적 측면을 독립적 차원으로 나타낸 모형(Type I)

이 모형에서는 질과 효율성을 서로 독립적인 차원으로 간주하고 분석대상 의사결정단위를

질과 효율성을 각각 X축과 Y축으로 하는 사분면 위에 표시(mapping)할 수 있다. 이 때 임의적인 절삭수준을 지정하여 저질-고생산성(低質-高生産性, Low quality and high productivity(LQ-HP))에 해당하는 의사결정단위 F, H, I를 준거집단에서 제외함으로써 고질-고생산성(高質高生産性, High quality and high productivity; HQ-HP)에 해당하는 C, E, D만을 벤치마킹하도록 할 수 있다.

이 모형은 엄밀히 질을 효율성 평가에 통합했다기보다는 질평가와 효율성평가가 서로 상호보완적으로 사용되어야 한다는 것을 제시한 정도의 의의가 있을 수 있다. 또한 임의적인 절삭수준을 정해주어야 하고 개별 의사결정단위에 대해 개별적인 벤치마킹 대상을 제시해주지 못한 다는 한계가 있는 것으로 해석된다.

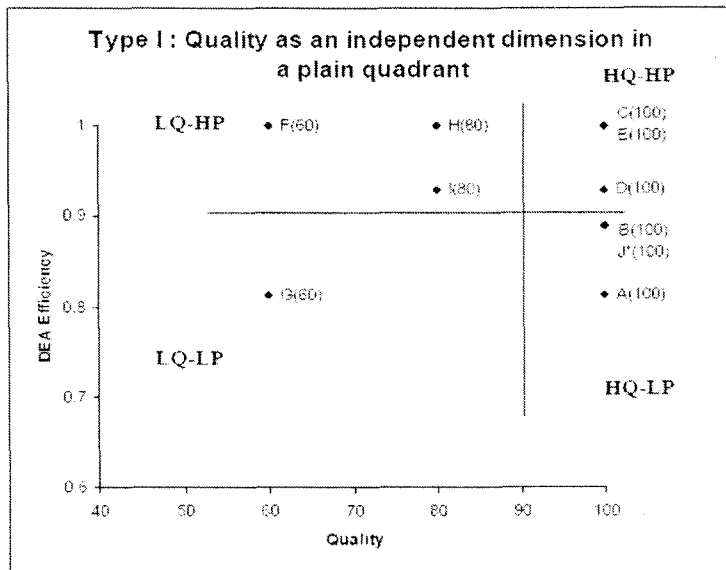


그림 2. 사분면상에 질적 측면을 독립적인 차원으로 나타낸 모형(Type I)

## 2) 독립된 차원의 질을 알고리즘에 이용하는 모형(Type II)

Sherman과 Zhu(2006)는 모형 I을 발전시킨 새로운 분석 방법론으로 Q-DEA (Quality-adjusted DEA)를 제안하였다. 이들은 모형 I에서 저질-고생산성(LQ-HP)의 의사결정단위(DMU)들이 효율성의 준거집단으로 포함됨에 따라 다른 의사결정단위(DMU)들의 효율성이 과소평가되고 이들이 효율적으로 변모하기 위한 자원 절약 정도를 과대평가하고 있음을 지적하였다. 이들은 저질-고생산성(LQ-HP)의 영향을 제거하기 위하여 다단계 자료포락분석

(Multi-stage DEA)를 제안하고 이를 Q-DEA (Quality-adjusted DEA)라고 칭하였는데, 그 알고리즘(Algorithm)은 다음과 같다.

단계 1(Step 1) : 표준자료포락분석을 시행하여 도식화(Mapping)한다.

단계 2(Step 2) : LQ-HP에 해당하는 의사결정단위가 존재하지 않을 때까지 HP-LQ에 속하는 의사결정단위들을 제거하고 나머지 의사결정단위들만으로 단계1을 다시 시행한다.

<표 1>에서 제시한 가상의 투입, 산출물 자료를 이 모델에 적용한 결과 저질-고생산성(LQ-HP)에 해당하는 F, H, I 는 2단계에서 제거되면서, D, B, J\*가 새로운 프론티어를 형성하게 되어 프론티어는 높은 질적 수준을 가진 의사결정단위들만으로 구성되었다. 그러나 비효율적으로 남은 A와 G의 효율성이 과소평가되는 문제점은 개선되었으나, 여전히 질적 수준이 높은 A와 질적 수준이 낮은 G가 최종적으로 같은 효율성 수치를 가지게 될 뿐 아니라 질적 수준이 낮은 G의 효율성수치가 오히려 높아진 것으로 나타난 것은 직관적으로 이해하기 어렵다. 또한 저질-고생산성(LQ-HP)에 속하는 의사결정단위들은 벤치마킹의 대상을 가질 수 없게 된 점도 이 모형의 한계라 할 수 있다.

<표 3> 표준DEA와 Q-DEA의 효율성 비교

DMU (질)	표준 DEA				Q-DEA			
	표준DEA 효율성	잠재적 자원 절약 가능성		준거 집단	Q-DEA 효율성	잠재적 자원 절약 가능성		준거 집단
		투입1	투입2			투입1	투입2	
A(100)	0.813	7.5	11.25	F, E	0.857	5.17	8.75	D, E
B(100)	0.889	6.667	3.333	C, F	1			
C(100)	1				1			
D(100)	0.929	2.857	2.857	F, E	1			
E(100)	1				1			
F(60)	1				Removed (HP-LQ)			
G(60)	0.813	7.5	11.25	F, E	0.857	5.17	8.75	D, E
H(80)	1				Removed (HP-LQ)			
I(80)	0.929	2.857	2.857	F, E	Removed (HP-LQ)			
J*(100)	0.889	13.33	6.667	C, F	1			



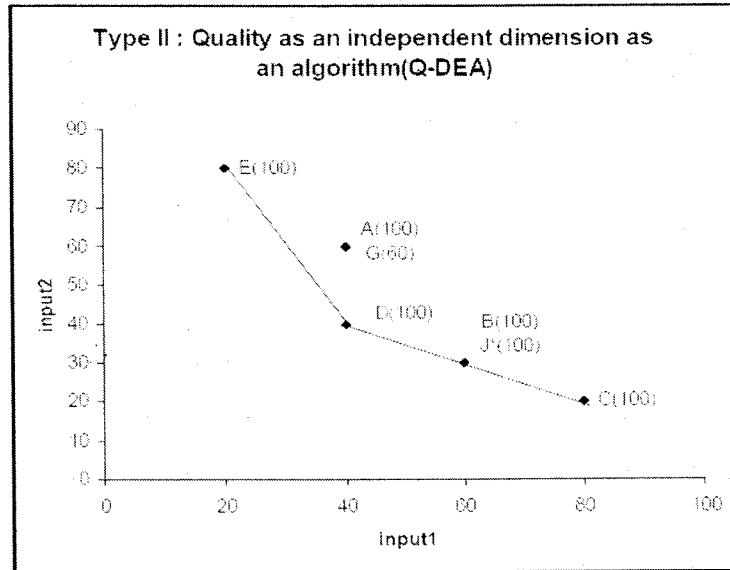


그림 3. Q-DEA 효율성 결과(Type II)

## 2. 질적 측면이 투입 또는 산출 변수에 포함되는 모형

### 1) 질적 속성 지표를 사용하는 모형

#### (1) 좋은 질적 속성을 산출 변수로 추가하는 모형(Type III)

이 모형은 바람직한 질적 산출물 특성(desirable output attribute)을 산출 변수로서 삽입하는 것으로 같은 투입과 산출 조건이라면 해당 질적 속성 지표의 산출이 높을수록 더 효율적인 의사결정단위로 보아야 한다는 논리를 가지고 있다. 이 모형의 예로서 Thanassoulis 등(1995)은 영국 주산기 의료에 대한 효율성 분석에서 '만족한 산모의 수'와 '생존한 고위험환아의 수'를 산출 변수에 추가하여 분석하였으며, Lin 등(2005)은 페루 수도 사업에 대한 연구에서 염소 검사의 양성 비율, 서비스의 지속성 등의 질적 지표를 부가적인 산출변수로 삼은 것 등을 들 수 있다.

이 모형의 주요 문제점은 다음과 같다. 먼저 다양한 질적 지표가 있는 다수의 산출물이 있는 상황에서 그 중 어느 질적 지표를 부가적인 산출 변수로 설정할 것인가 하는 문제인데 연구 대상마다 서로 다른 이론적 구성이 필요함을 의미한다. 다음으로 질적 지표를 적절히 선정한다고 하더라도 투입 및 산출 변수의 증가자체로 인한 전반적인 효율성 수치의 증가와

판별력 저하 문제를 들 수 있다. 또한 질적 지표의 특성에 따라 가중치의 제한이나 목표에 대한 선호도를 반영한 확장된 자료포락분석 모형이 요구되며(Thanassoulis, 1995), 점수화된 질적 지표를 사용하지 않음으로써 직관적 이해가 어렵다는 점도 문제점으로 지적될 수 있다.

## (2) 나쁜 질적 속성을 투입 변수로 추가하는 모형(Type IV)

이 모형은 좋은 질적 속성을 산출 변수로 추가하는 모형(Type III)과는 반대로 바람직하지 않은 산출 특성(undesirable output attributes)을 나타내는 질적 속성 지표가 작은 수치를 가질수록 해당 의사결정단위(DMU)는 효율적이라는 가정하에 이를 투입 변수로 포함을 시킨 모형이다. Giannakis 등(2005)은 영국의 송전망 시스템에 대한 연구에서 정전 횟수(number of interruption)와 정전으로 인해 버려진 고객의 시간 (customer time lost due to the interruption)을 나쁜 질을 나타내는 지표로서 투입 변수로 포함하였다. Prior 등(2006)은 스페인의 29개 종합병원을 대상으로 한 연구에서 원내 감염(nosocomial infection)을 바람직하지 않은 산출(undesirable output)으로 보아 투입변수에 부가하여 분석하였다.

이와 같은 방식은 모형 III과 유사한 분석상의 한계가 있는 것으로 판단된다. 구체적으로 살펴보면, 투입변수로 포함할 나쁜 질적 지표의 선정이 쉽지 않고 변수의 수의 증가에 따른 자료포락분석의 판별력 저하를 가져올 수 있다. 또한 연구 대상마다 새로운 이론적 구성을 해야 하고 직관적인 이해가 쉽지 않기 때문에 효율성 측정 도구로서의 실용성 및 활용성도 높지 않다고 판단된다.

## 2) 질적 점수 지표를 사용하는 모형

### (1) 질적 점수 지표만 산출 변수로 이용하는 모형(Type V)

이 모형은 질적 수준을 나타내는 점수를 단일한 산출 변수로 삼는 유형이다. Junoy 등(1997)은 스페인의 25개 중환자실에 대한 연구에서 중증도보정 생존율을 단일 산출 변수로 분석하였다. Soteriou와 Zenios(1999), Soteriou와 Stavrinides(2000)는 각각 은행 지점들에 대한 연구에서 내부 또는 외부고객이 인지한 서비스의 질을 단일 산출변수로 분석하였다.

이 모형은 개념적으로 중대한 오류를 가지고 있다. 투입 변수에는 양적인 개념이 들어가지만, 산출 변수에는 양적인 개념이 전혀 없다는 점이다. 이 모형에서 투입의 양은 의사결정단위의 규모에 따라 늘어날 수 있지만 산출은 규모와 무관하다. 따라서 규모가 큰 의사결정단위의 경우 규모에 반비례해서 효율성이 과소평가될 수 밖에 없다. 이는 가상의 투입·산출물

자료를 이 모형에 적용할 경우 의사결정단위 B와 산출의 질에는 차이가 없고 투입과 산출의 규모만 2배가 차이 나는 의사결정단위 J\*가 이론적으로 같은 효율성을 가져야 함에도 불구하고 효율성이 절반에 불과한 것으로 평가되어 이러한 현상을 확인할 수 있다.

〈표 4〉 질적 수준만을 산출변수로 하여 얻은 효율성 결과 (Type V)

DMU(질)	질(산출)	투입1	투입2	표준 DEA 모형	모형 V
TA(100)	100	40	60	0.813	0.857
B(100)	100	60	30	0.889	1
C(100)	100	80	20	1	1
D(100)	100	40	40	0.929	1
E(100)	100	20	80	1	1
F(60)	60	40	30	1	0.72
G(60)	60	40	60	0.813	0.514
H(80)	80	20	80	1	0.8
I(80)	80	40	40	0.929	0.8
J*(100)	100	120	60	0.889	0.5

따라서 이 모형은 의사결정단위(DMU)가 투입을 산출로 변환시키는 생산 단위라는 자료포락분석의 기본 가정을 정면으로 위배하고 서비스의 질적 측면을 보완하려고 하다가 오히려 기본적인 성과 지표인 양적 측면을 고려하지 못하는 결과를 초래하였다. 결국, 이 모형은 질적 수준을 단순 측정하는 것 이외에 부가적인 가치를 거의 제공해주지 못하는 것으로 해석된다.

(2) 질적 점수지표를 산출 변수에 추가하는 모형(Type VI)

이 방법은 질적 점수 지표가 높을수록 그 조직의 효율성이 높다는 가정하에 양적 산출 지표 이외에 질적 점수 지표를 부가적인 산출 변수로 삽입하는 모형이다. Rouse 등(2002)은 국제 항공사의 기술 서비스 부문에 대한 통합적 성과 측정에 대한 연구에서 양적인 산출을 나타내는 '비용청구 시간'이외에 질적 측면을 반영한 '수행성과(delivery performance)'를 산출 변수로 삽입하면서, 전체론적인(holistic)관점에서의 미세 조정(fine tuning)을 통해 조직의 성과에 대한 균형잡힌 시각을 이끌어낼 수 있다고 주장하였다.

가상의 자료를 이 모형에 적용해보면, 이론적으로 같은 효율성을 가져야 하는 의사결정단

위인 B와 J\*의 효율성이 다르게 나타난다는 이론적인 모순 이외에도, 부가적인 투입변수의 투입으로 인해 각 의사결정단위의 효율성 수치가 증가하고 이에 따라 F나 H같은 비효율적인 조직들이 여전히 벤치마킹의 대상으로 남는다는 실제적인 문제를 확인할 수 있다.

〈표 5〉 질적 수준을 산출변수에 추가하여 얻은 효율성 결과 (Type VI)

DMU(질)	산출	질	투입1	투입2	표준 DEA 모형	Type VI 모형
A(100)	100	100	40	60	0.813	0.857
B(100)	100	100	60	30	0.889	1
C(100)	100	100	80	20	1	1
D(100)	100	100	40	40	0.929	1
E(100)	100	100	20	80	1	1
F(60)	100	60	40	30	1	1
G(60)	100	60	40	60	0.813	0.813
H(80)	100	80	20	80	1	1
I(80)	100	80	40	40	0.929	0.958
J(100)	200	100	120	60	0.889	0.889

#### IV. 질 통합 효율성 분석의 새로운 모형

이 연구에서는 앞서 고찰한 다양한 질 보정 자료포락모형의 장점과 단점을 바탕으로 하여 ‘질 보정 산출 자료포락분석(Quality-adjusted Output DEA: QAO-DEA)’이라고 명명한 새로운 모형(Type VII; 질 보정 산출 자료포락분석)을 제시하고자 한다. 이는 보건 경제학 분야에서 신 의료기술의 평가에 널리 사용되고 있는 ‘질 보정 수명(Quality-adjusted Life Year, QALY)’의 개념을 원용한 것으로 양적 산출 수준(Quantity of Output)에 질적인 수준을 나타내는 인자(Quality factor) 곱한 값을 새로운 산출의 변수로 나타내는 방법이다. 즉,

질 보정 산출(Quality-adjusted Output)

= 산출의 양(Quaty of Output) × 질적 수준 인자(Quality Factor)

(단,  $0 \leq \text{Quality Factor} \leq 1$ )

질 수준을 나타내는 인자(Quality Factor)는 질적 수준을 측정한 점수 척도를 0~1사이의

수로 환산하여 구한다. 즉, 질적 수준이 높은 경우(Quality Score=100, Quality Factor =1) 산출물의 양은 모두 인정받는 반면, 질적 수준을 떨어뜨리면서 양적 효율성을 증가시키는 경우에는 이 모형에서는 효율성 점수의 개선으로 이어지지 않게 된다. <그림 4>는 '질 보정 산출 DEA모형'의 개념을 설명하고 있다. 이 모형에서는 질적 수준이 낮은 정도가 원점에서의 거리에 대해 반비례하여 선형적으로(linear) 반영된다. 예를 들어, 의사결정단위 A와 G는 양적인 측면에서는 같은 투입과 산출이지만, G의 질적 수준은 A에 비해 0.6에 불과하기 때문에 양적으로 A의 0.6만큼을 산출한 것으로 보아 원점으로부터의 거리가  $1/0.6 = 1.666$ 배로 멀어진다. 그 결과 질적 수준이 낮은 의사결정단위 F, H, I들은 경계(Frontier)에서 제외되는 반면, 의사결정단위 D, B, J\*와 같이 질적 수준도 높고 효율성도 높아 경계 근처에 있던 의사결정단위들은 새로이 벤치마킹의 대상으로 추가되었다. 낮은 질로 인해 벤치마킹의 대상으로 부적절하던 의사결정단위들이 제거되는 대신, 인접해 있던 의사결정단위들이 새로운 벤치마킹의 대상이 되는 것은 자료포락분석의 기본 취지에 부합하는 변화이다.

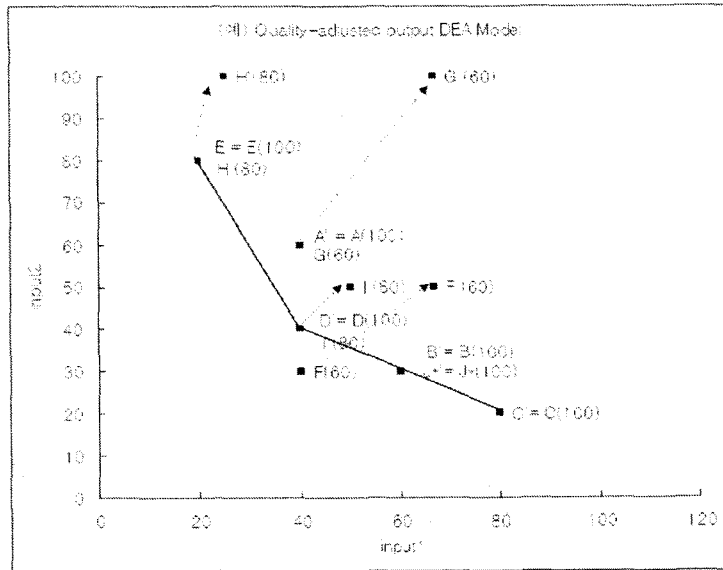


그림 4. 질 보정 산출 DEA모형의 개념(Type VIII)

<표 6>을 통해 표준 자료포락분석모형과 비교해보면 효율성이 낮고 질적 수준이 높은 의사결정단위들은 본 모델의 적용으로 인해 질 보정 효율성(QAO-Efficiency)이 증가며, 반면 질적 수준이 낮은 의사결정단위들은 질 보정 효율성 수치가 낮아짐을 볼 수 있다. 이에 따라

효율성에 대한 구분 능력이 향상되는데, 이는 투입 변수 또는 산출 변수를 부가하지 않았기 때문에 가능한 현상이다. 또한 B와 J\*도 이론에 부합하게 같은 효율성 수치를 가지게 되었다. 또 실제적인 의미에서 각 의사결정단위가 벤치마킹을 해야 하는 대상(준거집단)을 보아도 투입 산출 변수에 불필요한 변수를 추가하지 않기 때문에 기본적으로 표준자료포락분석과 동일한 패턴을 나타내게 된다. <그림 5>는 각 의사결정단위들이 양적 효율성 측면과 질적 효율성 측면에서 벤치마킹을 위한 방향을 제시해 준다. 예를 들면, G→A는 G가 질적 개선활동을 통해, A→Frontier는 의사결정단위 G가 양적 효율성 증대 노력을 성취할 수 있는 효율성의 정도를 나타낸다.

결론적으로 질 보정 산출 자료포락분석 모형(QAO-DEA Model)은 기존의 모델들과 대비하여 다음과 같은 몇 가지 특징을 가진다.

첫째, 이 모형은 질적 척도 자체를 양적으로 미리 선형적으로 환산한 후 표준 DEA 모형을 적용하였다는 점에서 질적 수준이 효율성에 어떤 영향을 미칠 것인지에 대해 사용자들의 직관적인 이해가 쉽고, 새로운 변수 선정이 필요하지 않아 다양한 분야에 간단하게 적용할 수 있다.

<표 6> 표준 DEA 모형과 질 보정 산출 DEA 모형의 효율성 비교

DMU (질)	표준 DEA 모형				질 보정 산출 DEA 모형					
	효율성	잠재적 자원 절약 가능성		준거집단 (가중치)	질 보정 효율성	잠재적 자원 절약 가능성		준거집단 (가중치)		
		투입1	투입2			투입1	투입2			
A(100)	0.813	7.5	11.3	F (0.625)	E (0.375)	0.857	5.71	8.57	D (0.714)	E (0.286)
B(100)	0.889	6.67	3.33	C (0.333)	F (0.667)	1				
C(100)	1					1				
D(100)	0.929	2.86	2.86	F (0.857)	E (0.143)	1				
E(100)	1					1				
F(60)	1					0.72	11.2	8.4	B, J* (0.12)	D (0.36)
G(60)	0.813	7.5	11.3	F (0.625)	E (0.375)	0.51	19.43	29.14	D (0.429)	E (0.171)
H(80)	1					0.8	4	16	E (0.8)	
I(80)	0.929	2.86	2.86	F (0.857)	E (0.143)	0.8	8	8	D (0.8)	
J(100)	0.889	13.3	6.67	C (0.667)	F (1.333)	1				

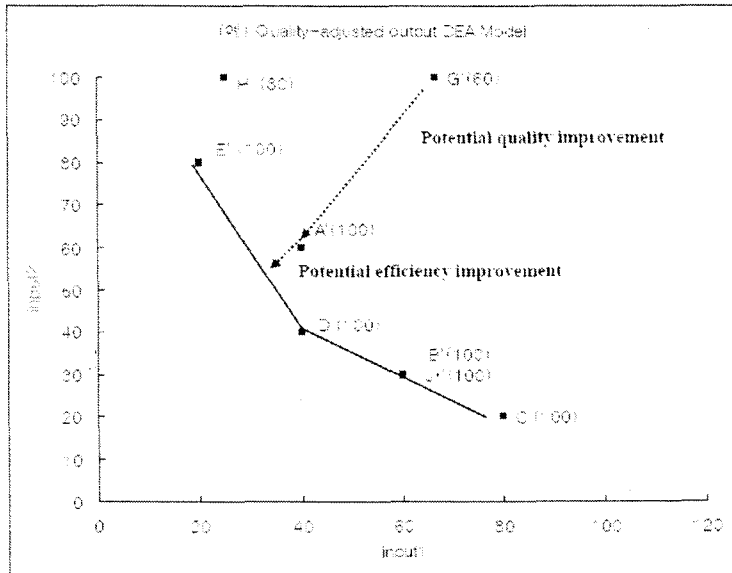


그림 5. 양적 효율성 개선과 질적 측면 개선의 도해 (Type VII)

둘째, 추가적인 투입 및 산출 변수의 증가를 요구하지 않기 때문에 질적 수준의 고저에 따라 질 보정 효율성(QAO-Efficiency)은 오히려 판별력이 커지고 효율성의 정도의 판별에 유용하다는 장점이 있다.

셋째, 결과 해석상의 측면에서 표준 자료포락분석의 형태를 기본적으로 유지하면서 질적인 측면에 대해 고려되게 되므로 벤치마킹의 목적에 유용하다. 즉 효율성 증대를 위해 노력해야 할 부분과 질적 향상을 위해 노력해야 할 부분을 한 도표 위에서 관찰할 수 있다.

넷째, 어느 정도 제한된 범위 내에서 효율성과 질의 교환 관계(Trade-off)를 허용하게 된다. 일반적으로 질적 수준을 높일수록 의사결정단위들의 질 보정 효율성이 높게 나타나게 되어 질을 향상시키는 방향으로의 변화를 유도하게 되지만, 효율성의 증가가 질적 저하에 비해 더 크게 나타날 경우 효율성의 증가가 질적 저하를 상쇄할 수 있는 여지가 있다. 이 경우 사회적 최적(Social optimum)을 위하여 허용가능한 교환 관계(Trade-off)의 수준이 문제가 될 수 있는데, 본 모형에서는 질적 수준을 나타내는 인자(Quality factor)를 부여할 때 의사결정단위간 질적 수준 차이의 크기를 조정함으로써 이 문제를 해결할 수 있다. 예를 들면 의료의 경우를 생각해 보면, 외래 환자당 시간을 약간 감소시키면서 외래 환자의 수를 늘리는 것은 차이를 작게 하며, 관상동맥 우회수술의 질적 수준을 떨어뜨리면서 수술건수를 늘리는 것은

차이를 크게 둘 수 있는 경우이다.

위와 같은 장점들로 인해서, 질 보정 산출 자료포락분석(QAO-DEA)은 기존의 대안적인 질 통합 자료포락분석 방법들에 비하여 보다 포괄적 정보를 제공하면서, 실용적인 방법이라고 할 수 있다.

## V. 질 통합 효율성 모형 실증 분석

### 1. 배경

이 연구에서는 국립대학교 병원들을 대상으로 위에서 제시한 여러 모형들에 대하여 실증 분석을 하였다. 최근 국립대학교병원들은 공공병원으로서의 공익성과 독립된 경영 주체로의 수익성을 동시에 요구받고 있는데, 이는 정부의 지원에도 불구하고 누적 적자폭이 감소할 기미를 보이고 있지 않기 때문이다. 근본적으로는 공익적인 의료 서비스를 수행함에 따라 불가피하게 발생하는 추가적인 비용뿐 아니라 효율성 증대 노력에 대한 아무런 보상도 따르지 않는 것도 원인 중 하나로 해석할 수 있다. 이해중(2003)의 연구에서는 국립대학교 병원의 총 비용 중 인건비의 비율은 점차 커지고 있으며 직원의 만족도는 전반적으로 높은 것으로 나타났는데, 이는 역설적으로 인력이 비효율적으로 사용되고 있다는 것을 시사한다고도 볼 수 있다.

이에 대한 대책으로 정부가 각 국립대학교병원의 효율성을 근거로 차등지원을 함으로써 경영의 효율성을 높이도록 해야 한다는 의견이 설득력을 얻고 있다. 이해중 등(2003)은 자료 포락분석을 이용하여 각 병원의 인력 투입 생산성 및 재무 투입 생산성을 측정한 바 있으며, 신종각(2006)은 이에 더하여 맘퀴스트 총생산성 지수(Malmquist productivity index)를 적용하여 국립대학교 병원들의 생산성의 시계열적인 변화를 제시하였다. 그러나 이들 연구에서는 투입물과 산출물의 질적 평가는 배제되었다는 한계가 있다.

이에 이 연구에서는 2004년 현재 11개 국립대학교병원 중 분석에 적합하다고 생각되는 8개 국립대학교 병원(치과병원인 강릉대병원 및 개원 초기의 제주대 및 강원대병원 제외)의 2004년 자료를 사용하여 위에서 고찰한 여러 질 통합 자료포락분석 모형들을 적용하여 보았다.



## 2. 자료 및 분석 방법

실증분석에서는 의료인력의 투입에 대한 기술적 효율성의 측정으로 한정하였다. 그 이유는 의료기관회계기준의 미비로 인해 수익성에 관한 믿을 만한 지표가 존재하지 않고 개별병원의 의료 인력의 직종별 1인당 인건비와 같은 비용자료를 얻을 수 없었기 때문이다.

효율성을 분석을 위한 의료인력 투입 및 산출의 양적 수준에 대한 자료원으로는 신종각(2006)의 선행연구에서도 사용된 개별 국립대학병원의 국회 정기회의 교육위원회 '주요업무 보고' 자료를 사용하였다. 질적 측면에 대한 자료원으로는 2004년 보건 산업 진흥원이 발표한 '의료기관 평가 결과 분석 보고서'를 이용하였는데, 이는 '의료의 질'의 다차원적 속성(Dona-bedian, 1980)에 대한 포괄적인 평가를 하고 있는 자료이기 때문이다. 본 연구에서는 입원과 외래에 대한 평가 결과를 사용하였고, 이들은 진료 환경, 환자 관리 서비스, 진료 충실성, 환자의 편의 수준 등 여러 항목에 대한 평가를 통해 각각 A(우수, 90이상), B(양호, 70~90미만), C(보통, 50~70미만), D(미흡, 50미만)로 구분되어 공개된다. 본 연구에서는 자료포락분석을 위하여 A는 1(100점), B는 0.8(80점), C는 0.6(60점), D는 0.4(40점)로 환산하여 모델에 적용하였다.

따라서 투입 변수로는 기존의 연구(신종각, 2006)와 마찬가지로 의사수와 간호사·일반직원 수의 2가지를 사용하였으며, 산출 변수로는 입원 환자수, 외래 환자수, 입원의 질적 수준, 외래의 질적 수준을 앞에서 제시된 모형에 따라 변화시켜가면서 사용하였다.

DEA분석에는 평가대상이 되는 모든 의사결정단위(DMU)가 최적 규모에서 운영되고 있다는 전제하에서 적용 가능한 '규모에 대한 수익불변 모형(CRSM; constant return to scale model)'을 선택하였다. 병원의 산출 지표인 외래환자수나 입원환자수는 쉽게 늘이거나 줄이기 어렵기 때문에 현 산출의 수준에서 감축이 가능한 인력의 정도를 알 수 있도록 '입력 지향적 모형(input-oriented model)'을 적용하였다.<sup>1)</sup>

## 3. 결과

앞서 검토한 모형들 중 실제 질 통합 모형이라고 할 수 없는 모형 (Type I)과 질적 속성의 지표를 이용하는 모형(Type III 및 Type IV)을 제외하고 분석하였다. 의사결정단위별

1) 프로그램은 Tim Coelli에 의해 개발된 프로그램인 DEAP Version 2.1을 이용하였다.

투입 및 산출 변수와 이에 대한 요약 통계는 <표 7>에 제시되어 있고 분석의 결과는 <표 8>과 <그림 6>에 제시되어 있다.

<표 7> 분석의 기초자료 및 간략 통계

DMU	입원환자수	입원진료의 질	외래환자수	외래진료의 질	의사수	간호사, 일반직원수
	명	점	명	점	명	명
DMU 1	151,943	100 (A)	370,189	80 (B)	234	529
DMU 2	239,567	80 (B)	400,204	80 (B)	285	715
DMU 3	253,171	100 (A)	839,554	60 (C)	545	987
DMU 4	313,365	80 (B)	680,478	60 (C)	446	836
DMU 5	304,778	80 (B)	544,959	80 (B)	409	863
DMU 6	329,487	100 (A)	763,730	80 (B)	537	954
DMU 7	416,699	100 (A)	922,154	80 (B)	695	1313
DMU 8	756,223	100 (A)	2,077,403	100 (A)	1335	3504
평균	345,654.1	92.5	824,833.9	77.5	560.8	1,212.6
표준편차	182,803.8	10.4	543,603.3	12.8	345.9	953.0

<표 8> 모형별 효율성 및 준거집단 비교

DMU	질적 수준		표준 DEA		모형 II		모형 V		모형 VI		모형 VII	
	입원	외래	효율성	준거 집단	효율성	효율성	준거 집단	효율성	준거 집단	효율성	준거 집단	
DMU 1	100	80	1		NA	1	1	1		1		
DMU 2	80	80	1		LQ-HP	0.821	1	1		1		
DMU 3	100	60	1		NA	0.536	1	1		0.800	6,8	
DMU 4	80	60	1		NA	0.506	1	1		0.904	6,2	
DMU 5	80	80	0.988	2,4	NA	0.613	1	0.998	4,2	0.931	2,6,1	
DMU 6	100	80	0.976	3,4	LQ-HP	0.555	1	1		1		
DMU 7	100	80	0.868	4,1,3	NA	0.403	1	0.868	4,2,3	0.963	6,2	
DMU 8	100	100	0.984	1	NA	0.219	1	0.984	1	1		

### Measured Efficiency by Different Models

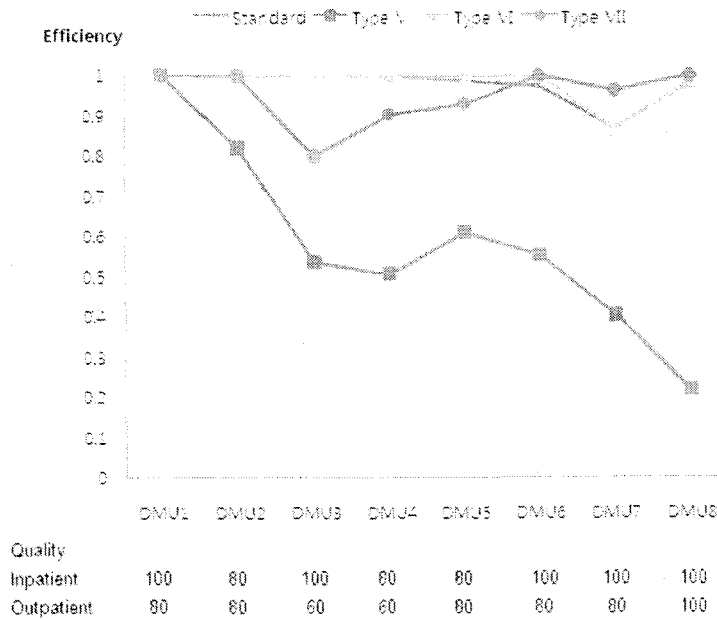


그림 6. 모형별 국립대학교병원들의 인적 효율성

<표 8>과 <그림 6>에서 나타내는 바를 분석하면 아래와 같이 요약된다. 첫째, 모형 II의 경우 효율성의 절삭 수준을 90점, 질적 수준의 절삭 수준을 외래와 입원의 질 모두가 80점 이상인 것으로 임의로 부여하였을 때, DMU 2와 DMU 6은 저질-고생산성(LQ-HP)으로 분류되어 제외되었다. 결국 나머지 의사결정단위들로 분석할 경우 의사결정단위의 숫자가 지나치게 작아 효율성 측정값을 얻을 수 없었다. 둘째, 모형 V는 표준 DEA 모형과 전혀 다른 추세를 보이는데, 이는 앞서 논의한대로 질적 수준과 무관하고 오히려 병상수에 반비례하기 때문임을 알 수 있다. 셋째, 모형 VI는 표준 표준 자료포락분석 모형과 유사한 양상을 보이면서 질적 수준에 대한 정보를 전혀 주고 있지 못하고 있을 뿐 아니라 산출변수 수의 증가로 인하여 효율성 수치가 조금씩 높아지고 판별력마저 저하된 결과를 보이고 있다. 넷째, 모형 VII는 질적 수준이 낮은 의사결정단위(DMU 3, 4)의 효율성을 낮게 평가함으로써 경계(frontier)에서 제외되도록 하는 반면, 질적 수준이 높은 의사결정단위(DMU 6, 8)의 효율성은 높게 평가하여 새로이 벤치마킹의 대상으로 평가시켰다. 따라서 질적 수준이 낮은 병원들은 추가적인 인력 감축을 요구받게 되는 반면, 질적 수준이 높은 병원들은 인력감축에 대한 요구도가 줄어들었다.

#### 4. 논의 및 고찰

국립대학교병원의 경영 효율화 방안에 대한 기존의 연구에서 이해중(2003)은 자료포락분석을 통해서 효율성을 측정시 DMU 2, DMU 3, DMU 4가 가장 효율적인 운영을 하고 있으며, DMU 1, DMU 5, DMU 6, DMU 8은 비효율적이라고 하였다. 분석 자료에 다소간의 시간적인 차이가 있으나 본 연구에서 표준 DEA 모형으로 측정시에는 이해중의 연구 결과와 거의 유사한 결과를 보이는 반면, Type VII(QAO-DEA)로 측정한 효율성 결과는 상당한 차이를 보이고 있다.

가장 대표적으로 선행 연구에서 비효율적인 병원으로 지적된 DMU 8의 경우 국가 중앙 병원으로서 가장 높은 수준의 인력과 첨단 시설을 가지고 있는데, 병원의 큰 규모로 인해 직원 1인당 환자수가 상대적으로 적어 양적인 효율성은 높지 않았으나 모형 VII을 적용시에는 효율적인 병원이 되었다. 반면 양적으로 측정시 효율적이라고 판명되었던 DMU 3는 낮은 진료의 질로 인하여 질 보정 산출 효율성은 높지 않았다. 이러한 결과는 질적 측면에 대해 고려하지 않는 것은 벤치마킹의 원래 의도에서 벗어나는 결과를 가져올 수 있으며(Lin, 2005), 양적인 면만 고려하는 유인 규제는 따라서 오히려 부적절한 동기 부여가 될 수 있음을 의미한다.

본 실증 분석은 투입 인력의 기술적 효율성에 대한 단면적 분석에 국한되었다는 분석 범위의 한계가 존재한다. 이와 함께 연구의 한계로 지적될 수 있는 사항으로는 분석 대상 의사 결정단위의 수가 적음으로 인한 회박 비뿔림의 문제(Banker, 1984, Boussofiane et al, 1991, Pedraja-Chaparro, 1999, 김태일, 2000), 투입 변수 선정 시의 상관성 문제(안태식, 1991, Pedraja-Chaparro, 1999), 산출변수 선정 시의 과정 변수(throughput variable) 및 증례믹스 조정(Casemix adjustment) 문제(Hofmarcher, 2002, Laine, 2005) 등이 발생할 수 있다는 것이다.<sup>2)</sup>

### VII. 요약 및 결론

의료와 같은 공공서비스 분야에서도 효율성 제고 노력은 자원의 효율적인 배분이라는 관

---

2) 이 연구의 주된 목적은 국립대병원의 효율성 평가보다는, 질 보정 산출 자료포락분석에 대한 실증분석에 있으므로 자세한 논의는 생략한다.

점에서 점점 중요성이 강조되고 있다. 이를 반영하여 자료포락분석은 상대적인 효율성 평가 및 벤치마킹의 도구로서 많이 사용되어 왔다. 그러나 효율성에 대한 올바른 측정 및 평가가 없이 시행되는 규제는 피평가자들의 저항만을 가져올 뿐이고 올바른 방향으로의 향상을 유인할 것으로 기대하기 힘들다.(석영기, 2004).

자료포락분석을 통하여 비록 효율적인 의사결정단위라고 정의되더라도 의료의 질이 낮다면 이는 ‘모범 기준(best practice)’의 적합한 정의는 아닐 것이다. 특히 의료에 있어서 ‘질’은 매우 중대한 차원이므로 질적 측면은 반드시 고려되어야 한다. 양적인 효율성만을 평가하는 근시안적인 시스템하에서 효율성의 제고 노력은 흔히 의료의 질 저하를 수반할 수 있으며, 이는 사회-경제학적 최적 상태(socio-economic optimum)에서 멀어지는 결과를 가져올 수도 있다. 따라서 효율성과 질의 개선을 함께 유도할 수 있는 유인 규제의 도구가 필요하다.

한편 질적 측면을 통합하는 자료포락 분석이 선행연구에서 다양한 유형으로 시도되었으나 이론적으로나 실용적으로 많은 제한점을 가지고 있었다. 따라서 이 연구에서는 산출물을 질적 수준으로 보정하여 효율성 분석을 하는 방법인 ‘질 보정 산출 자료포락분석(Quality-adjusted output DEA, QAO-DEA)을 제안하였다. 질 보정 산출 자료포락분석은 표준 자료포락분석모형과 기본적인 틀을 공유하고 있어 직관적인 이해가 쉬우면서도 질에 대한 정보를 제공해주고 있다. 기존의 다른 질 통합 모델들에 비하여 질적 수준에 의한 차이를 보다 잘 반영하고 판별력도 높이는 효과가 있다. 또한 실제로 국립대학교 병원의 2004년 자료를 이용하여 인력의 기술적 효율성 분석에 적용해 본 결과, 표준적인 자료포락분석 및 기존의 질 통합 자료포락분석 모형들보다 더 타당한 효율성 평가 및 유인 규제의 도구가 될 수 있는 가능성을 확인하였다.

‘의료의 질’을 자료포락분석에 의한 효율성 분석에 통합하는 것의 중요한 과제는 재정 지향성 인센티브와 질 지향성 유인(financial and quality-oriented incentive) 사이의 균형을 유지하는 것이다. 전통적인 관점에서는 효율성과 질은 교환관계(Trade-off)로 파악되었으나(Newhouse, 1970), 전사적 질 관리(TQM: Total Quality Management)의 관점에서는 질적 개선은 오히려 생산성의 개선의 방법이 될 수 있을 것(Crosby, 1979, Gaucher & Coffey, 1993)이라고 분석한다.

효율성과 질이라는 두 마리 토끼를 다 잡게 하기 위한 유인 규제의 개념 및 방법론은 아직 상대적으로 새로운 분야인바, 향후 연구에서는 실제적인 적용을 위해서 보다 정교하게 발전되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김태일(2001). 자료 포락분석기법에 의한 자치단체 행정의 생산성 평가에 관한 비판적 논의, 정책분석평가학회보, 10(1):185-207
- 남상요(1994). 기술효율 및 배분효율의 평가를 통한 병원자원의 효율성 향상에 관한 연구, 고신보건과학연구소보, 4:7-20
- 박창제(1996). 자료포락분석을 이용한 효율성 측정, 보건행정학회지, 6(2):91-113
- 보건복지부, 한국보건산업진흥원(2005), 의료기관 평가 결과 분석보고서
- 서수경, 권순만(2000). DEA를 이용한 의료기관의 효율성 벤치마킹, 병원경영학회지, 5(1): 84-104
- 석영기(2004). DEA를 이용한 지방자치단체의 성과평가, 산학경영연구, 17(2):185-202
- 신종각(2006). 국립대학교병원의 효율성 및 생산성 변화 분석, 사회보장연구, 22(4):49-78
- 안태식(1991). 은행영업점의 성과 평가방법으로서의 DEA : 테스트와 비교, 경영학연구, 21(1): 71-103
- 정윤수(1992). 미국 Teaching 병원의 효율성에 관한 연구:자료포위 분석을 사용하여, 현대사회와 행정, 3:217-234
- 정형선, 이기호(1996). 공공병원의 효율성과 사회적 역할, 한국 보건행정학회지, 6(2):1-16
- 엘렌 가우처, 리처드 카피(1997). 질 중심의 병원 경영, 조우현, 손명세 역, 학연사
- 윤경준(1996). DEA를 통한 보건소의 효율성 측정, 한국정책학회보, 5(1):80-109
- 이해종 등(2003). 국립대병원 경영 효율화 방안 연구, 교육정책연구
- 정기택, 이훈영(1999). 병원도산분석에 기초한 효율적인 병원지원방안에 관한 연구, 병원경영학회지, 4(2):219-241
- Athanassopoulos A(1997). Service Quality and Operating Efficiency Synergies for Management Control in the Provision of Financial Services : Evidence from Greek Bank Branches. European Journal of Operational Research, 98(2):300-313
- Athanassopoulos A, Gounaris C(2001). Assessing the technical and allocative efficiency of hospital operation in Greece and its resource allocation implications. European Journal of Operational Research, 133:416-431
- Banker RD, Charnes A., Cooper WW(1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30:

1078-1092

- Banker RD et al(1989). An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. *Research in Government and Nonprofit Accounting*, 5:125-163
- Boussofiane A., Dyson RC, Thanassoulis E(1991). *Applied Data Envelopment Analysis*. *European Journal of Operational Research*, 32:1-15
- Charnes A, Cooper WW and Rhodes E(1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6):429-444
- Charnes A., Cooper WW, Lewin AY, Seiford LM(1993). *Data Envelopment Analysis: Theory Methodology, and Applications*. Boston(MA), Kluwer Academic Publisher
- Coelli TJ. *A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. Centre for Efficiency and Productivity Analysis(CEPA) Working Papers
- Crosby PB(1979). *Quality is Free : The Art of Making Quality Certain*. New York , McGraw-Hill
- Donabedian A(1980). *The Definition of Quality and Approaches to its Assessment*. Ann Arbor(MI), The Regents of the University of Michigan
- Estache A, Perelman S, Trujillo L(2007). Measuring Quantity-Quality Trade-off in Regulation : The Brazillian Freight Railway Case. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 78(1):1-20
- Farrell MJ(1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 120:253-281.
- Giannakis D, Jamasb T, Pollitt M(2005). Benchmarking and incentive regulation of quality of service : an application to the UK electricity distribution network. *Energy Policy*, 33:2256-2271
- Heggest J, Kjølle GH, Trengereid F, Ween F(2001). Quality of supply in the deregulated Norwegian power system. *IEEE Porto Powertech 2001*, Porto, September 2001.
- Hofmarcher MM, Paterson I, Riedel M(2002). Measuring Hospital Efficiency in Austria-A DEA Approach. *Health Care Management Science*, 5:7-14
- Jamasb T, Pollitt M(2001). Benchmarking and regulation: international electricity experience. *Utility Policy*, 9:107-130
- Junoy JP(1997). Measuring technical efficiency of output quality in intensive care units.

- International Journal of Health Care Quality Assurance, 10(3):117-124
- Majumdar S(1997). Incentive Regulation and Productive Efficiency in U.S. Telecommunication Industry. *Journal of Business*, 70(4):547-576
- Newhouse JP(1970). Toward a theory of nonprofit institutions :an economic model of a hospital. *Am Econ Rev*, 60:64-74
- Newhouse JP(1994). Frontier Estimation : How useful a Tool for Health Economics? *Journal of Health Economics*, 13:317-322
- Langset T, Trengeried F, Samdal K, Heggset J(2001). Quality dependent revenue caps- a model for quality of supply. *CIREQ 2001, Amsterdam, June 2001*
- Laine J, Finne-Soveri UH, Björkgren M, Linna M, Noro A, Hakkinen U(2005). The Association between quality of care and technical efficiency in long-term care. *International Journal for Quality in Health Care*, 17(3):259-267
- Lin C(2005). Incorporating Service Quality into Yardstick Regulation : An Application to the Peru Water Sector.
- Olesen OB, Peterson NC(1995). Incorporating quality into data envelopment analysis : a stochastic dominance approach. *International Journal of Production Economics*, 39:117-135
- Pedraja-Chaparro F, Salinas-Jimenez J, and Smith P(1999). On the quality of the data envelopment analysis model. *Journal of the Operational Research Society*, 50:636-644
- Prior D(2006). Efficiency and total quality management in healthcare organization: A dynamic frontier approach. *Annals of Operational Research*, 145:281-299
- Rouse P, Puterill M, Ryan D(2002). Integrated Performance Measurement Design : Insights from an Application in Aircraft Maintenance. *Management Accounting Research*, 13(2):229-248
- Sherman HD, Zhu J(2006). Benchmarking with quality-adjusted DEA(Q-DEA) to seek lower cost high quality service : Evidence from U.S. bank application. *Annals of Operational Research*, 145:310-319
- Soteriou AC, Zenios SA(1999). Operations, Quality, and Profitability in the Provision of Banking Services. *Management Science*, 45(9):1221-1238
- Soteriou AC, Stavrinides Y(2000). An internal customer service quality data envelopment



신종각 외 : DEA에 의한 병원 효율성 평가에서 질적 측면 통합 모형에 관한 연구

analysis model for bank branches. *International Journal of Bank Marketing*,  
18(5):246-252

Thanassoulis E, Boussofiane A, Dyson RG(1995). Exploring output quality targets in the provision of perinatal care in England using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 80: 588-607