

관상동맥우회로술 환자의 위험도에 따른 수술량과 병원내 사망의 관련성

이광수, 이상일¹⁾

을지의과대학교 병원경영학과, 울산대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾

Does a Higher Coronary Artery Bypass Graft Surgery Volume Always have a Low In-hospital Mortality Rate in Korea?

Kwang-Soo Lee, Sang-Il Lee¹⁾

Department of Hospital Management, College of Medicine, Eulji University;
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, University of Ulsan¹⁾

Objectives : To propose a risk-adjustment model with using insurance claims data and to analyze whether or not the outcomes of non-emergent and isolated coronary artery bypass graft surgery (CABG) differed between the low- and high-volume hospitals for the patients who are at different levels of surgical risk.

Methods : This is a cross-sectional study that used the 2002 data of the national health insurance claims. The study data set included the patient level data as well as all the ICD-10 diagnosis and procedure codes that were recorded in the claims. The patient's biological, admission and comorbidity information were used in the risk-adjustment model. The risk factors were adjusted with the logistic regression model. The subjects were classified into five groups based on the predicted surgical risk: minimal (<0.5%), low (0.5% to 2%), moderate (2% to 5%), high (5% to 20%), and severe (=20%). The differences between the low- and high-volume hospitals were assessed in each of the five risk groups.

Results : The final risk-adjustment model consisted of ten risk factors and these factors were found to have

statistically significant effects on patient mortality. The C-statistic (0.83) and Hosmer-Lemeshow test ($\chi^2=6.92$, $p=0.55$) showed that the model's performance was good. A total of 30 low-volume hospitals (971patients) and 4 high-volume hospitals (1,087patients) were identified. Significant differences for the in-hospital mortality were found between the low- and high-volume hospitals for the high (21.6% vs. 7.2%, $p=0.00$) and severe (44.4% vs. 11.8%, $p=0.00$) risk patient groups.

Conclusions : Good model performance showed that insurance claims data can be used for comparing hospital mortality after adjusting for the patients' risk. Negative correlation was existed between surgery volume and in-hospital mortality. However, only patients in high and severe risk groups had such a relationship.

J Prev Med Public Health 2006;39(1):13-20

Key words : Coronary artery bypass graft, Risk adjustment, In-hospital mortality

서론

기존의 외국 연구들에서 의료기관의 수술건수에 따라 진료결과에 차이가 있다는 사실이 알려져 있다 [1-5]. 관상동맥우회로술(Coronary Artery Bypass Graft, CABG)에서도 의료기관의 CABG 수술량과 환자의 병원내사망률 간에 통계학적으로 유의한 음의 관계가 존재하고 있다는 사실이 보고된 바 있다 [4,6-10]. CABG 수술을 많이 시행하는 의료기관이 다른 의료기관에 비

교하여 통계학적으로 유의하게 낮은 사망률을 보이는 것으로 알려져 있다.

최근 들어 우리나라에서도 관상동맥질환의 발생이 급속하게 증가하고 있다. 노인층뿐 아니라 젊은층에서도 관상동맥질환이 크게 증가하고 있는데, 30~40대 중 관상동맥질환을 가지고 있는 환자가 지난 10년간 54%가 증가하였다고 한다 [11]. 서구화되고 있는 생활양식 등을 고려할 때 이러한 양상은 앞으로도 지속될 것으로 예상되며, 이에 따라 의료기관의 CABG 시술

건수 또한 증가할 것으로 전망된다. 우리나라에서 CABG 수술은 건당 수술비용의 규모 및 변이가 매우 크며 [12], 연간 30회 이상 시술하는 6개 병원을 대상으로 조사한 결과 사망률에도 상당한 변이가 나타난 바 있다 [13,14]. 2001년 건강보험 진료비 청구자료를 이용한 분석 결과에서도 의료기관의 CABG 수술건수와 병원내사망률에 변이가 있었다 [15]. 이러한 이유 때문에 CABG 수술건수와 진료결과 사이의 관계가 중요 연구의 대상이 되어 왔다. 그러나 아직까지 국내에서는 전국적인 데이터를 이용하여 CABG 수술량과 진료결

과의 관계를 분석한 연구 결과가 없다.

CABG 수술건수와 진료결과와의 관련성에 대한 연구에서 수술의 위험도가 다른 모든 CABG 환자에게서 동일한 관련성이 존재하지 않을 수 있으며, 환자의 차이에 따라 수술량과 진료결과와의 관련성이 일정하지 않은 것으로 보고되었다 [16]. 예를 들어 환자의 수술 위험도가 낮을 경우에는 수술을 많이 시행하는 기관과 그렇지 않은 기관간에 환자의 진료결과에 차이가 없을 수 있고, 반면에 환자의 수술 위험도가 높을 경우에는 의료기관의 수술량에 따라 진료결과에 차이가 발생할 것으로 가정할 수 있다.

이 연구의 목적은 CABG 수술건수의 차이에 따라 환자 진료결과에 차이가 있는지를 규명하고자 하며, 그리고 이러한 관계가 CABG 환자의 수술위험도에 상관없이 일정하게 유지되고 있는지 또는 특정 위험그룹에서 다른 관계를 보이는지를 분석하고자 한다.

연구 방법

1. 조사 대상

이 연구에서는 2002년 1월부터 2003년 6월까지 전국의 종합전문요양기관에서 청구된 입원요양급여 명세서 자료를 이용하여 2002년에 시술된 CABG 수술을 파악하였다. CABG 입원환자의 파악과 환자의 임상적인 상태 차이를 보정하기 위하여 명세서에 ICD(International Classification of Disease)-10 분류에 따라 기록된 상병 코드와 심사평가원 수가코드를 이용하였다.

정확한 임상 정보를 확보하기 위해서는 모든 주, 부상병 코드 및 수가코드를 사용할 필요가 있다. 이를 위하여 이 연구에서는 종합전문요양기관 중 EDI(Electronic Data Interchange)로 청구를 하는 34개 기관만을 대상으로 자료를 분석하였다. 요양급여 명세서 자료를 이용한 분석에서 발생할 수 있는 문제점으로 동일 입원환자에 대한 분리청구의 문제가 발생할 수 있다. 정확한 분석을 위해서 동일 환자의 입원에 대한 청구 건을 환자의 주민등록번호, 의료기관번호, 진료개시일자, 내원일수 변수를 사용하여 입원 건으로 다시 정

리하여 분석에 사용하였다. 분리청구 건에 대한 작업결과 분석에 사용된 2002년 종합전문요양기관 총 입원건수는 1,081,955건이며, EDI로 청구된 건은 91.7%인 991,693건이었다.

요양급여 명세서에 기록된 변수 중 의료기관번호, 연령, 성별, 명세서에 기록된 모든 ICD-10 상병 및 심사평가원 처치분류코드, 보험자코드와 진료결과 구분 변수를 분석에 사용하였다.

2. CABG 및 병원내사망의 정의

1) CABG의 정의

CABG의 정의를 위하여 미국 AHRQ(Agency for Healthcare Research and Quality)가 사용한 지표의 정의를 참고하였다 [15,17]. 이 연구에서 사용한 CABG의 조작적 정의는 다음과 같다. 40세 이상 입원환자 중 건강보험심사평가원 CABG 관련 수가코드(O1641, O1642, O1647, OA641, OA642, OA647)를 가지고 있는 환자를 연구 대상으로 포함하였다. 이 중 다른 단기요양병원으로 이송되었거나, 한국형 진단명기준 환자군(Korean Diagnosis Related Group) 분류에서 MDC(Major Diagnostic Categories)가 14(Pregnancy, Childbirth, and Puerperium) 또는 15(Newborns, Neonates)인 환자 및 CABG 수술과 동시에 판막수술을 받은 환자는 분석 대상에서 제외하였다 [13,16].

CABG 수술의 응급 여부는 환자의 진료결과에 큰 영향을 주는 요인이기 때문에 이 요인에 대한 통제가 필요하다 [16]. 응급 CABG 수술은 일반적으로 PTCA 시술도중 관상동맥의 파열 등에 의하여 수술을 하는 경우에 해당한다. 현재의 청구명세서 자료만으로는 응급 수술 여부를 정확하게 구분하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 동일 재원 기간 중 PTCA와 CABG를 시행한 환자의 경우 응급 CABG일 가능성이 높은 것으로 판단하여 분석에서 제외하였다. 종합전문요양기관의 EDI 명세서에서 총 2,291건의 CABG 수술이 파악되었고, 위에서 언급한 포함 및 제외 기준을 적용한 결과 2,058건의 CABG가 이 기준을 만족시키는 것으로 나타났다.

2) 병원내사망의 정의

CABG 환자의 병원내사망을 파악하기 위하여 이 연구에서는 요양급여 명세서에 기록된 진료결과구분 변수를 사용하였다. 진료결과구분 변수는 요양급여 명세서상 최종 진료일의 환자상태를 기록한 것으로 “계속, 이송, 회송, 사망, 기타”로 구분되어 있으며 이 중 “사망”으로 기록된 건을 병원내사망으로 간주하였다. 요양급여 명세서의 진료 결과 변수를 사용한 병원내사망 정의의 정확도를 높이기 위하여 통계청의 2002년 사망원인통계자료를 이용하여 CABG 환자의 사망 여부를 보완하였다.

이 연구에서 최종적으로 사용한 병원내사망의 정의는 (1) 요양급여 명세서의 진료결과구분에 “사망”으로 기재된 경우이거나 (2) 요양급여 명세서의 진료결과구분에 “사망”으로 기록되어 있지 않더라도 환자의 입원최종날짜와 통계청 사망 자료의 사망날짜가 동일하면서 사망 자료에 기록된 사망 장소가 병원일 경우이었다. 입원최종날짜와 사망날짜가 동일하더라도 사망 장소가 병원외의 장소일수도 있기 때문에 분석의 정확도를 높이기 위하여 사망 장소를 병원으로 한정하였다.

3. CABG 병원내사망의 위험요인 선정

사망과 같은 환자의 진료결과변수를 이용하여 의료기관이 제공하는 진료의 질을 평가할 때 환자의 중증도 차이를 보정하지 않으면 왜곡된 결과가 산출될 수 있다. 따라서 이 연구에서는 CABG 수술 환자의 사망 여부에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 위험요인을 이용하여 환자의 위험도를 보정하였다.

기존에 발표된 연구논문 [6,16-26]을 이용하여 CABG 사망에 영향을 미치는 환자의 각종 임상적 위험요인을 파악하였다. 학술 문헌을 참고로 하여 위험요인 목록의 초안을 만든 후, 전문가의 자문을 받아 요양급여 명세서에 기록된 상병 및 수가 코드로 파악이 가능한 위험요인의 목록을 작성하였다 (Table 1).

목록에는 다음과 같은 총 18개의 위험요인이 포함되었다: (1) 환자의 생물학적 변수인 성, 연령, (2) 환자의 진료특성 변수인

입원경로, 입원형태, (3) 환자의 상병명 중 당뇨병, 고혈압, 관상동맥질환, 울혈성심부전, 뇌졸중, 만성폐쇄성폐질환, 급성심근경색증, 신장질환, 부정맥, 말초혈관질환 (4) 수술/처치명 중 경피적관상동맥성형술, 심도자술, 대동맥내풍선펌프.

4. 자료 분석

1) 위험도 보정 모델

로지스틱 회귀분석을 사용하여 CABG 환자의 위험요인 존재 여부와 병원내사망과의 관계를 파악하였다. 위험도 보정모델은 개별 환자를 분석 단위로 하였다. 보정모델 분석에서는 병원내사망 여부(생존: 0, 사망: 1)를 종속변수로 사용하였으며, CABG에 영향을 미치는 환자의 위험요인을 독립변수로 사용하였다. 명세서의 코드를 재분류하여 위험요인의 존재 여부에 따라 각 위험요인 변수별로 '1' 또는 '0'으로 코딩하였다. 보정모델에서는 환자가 가지고 있는 위험요인과 병원내 사망 사이에 양의 관계를 가정하고 있다.

CABG 환자의 위험도 보정모델의 평가를 위하여 보정모델의 판별능력을 평가하는 C 통계량과 모델의 적합정도를 평가하는 Hosmer-Lemeshow 카이제곱 통계량을 이용하였다 [27].

2) 수술량과 사망률 사이의 관계 분석

수술량 분류 기준은 CABG 수술량과 진료 결과의 관계를 연구한 기존의 연구 [16,28,29]와 연구에 사용된 자료에서 확인된 병원별 CABG 수술건수를 고려하여 후 결정하였다. 기존 연구들에서는 의료기관의 연간 CABG 수술건수를 기준으로 하여 군을 분류하여 진료 결과를 비교하고 있는데, 분류에 사용한 수술 건수의 기준은 다양하였다.

이 연구에 사용한 자료에서 요양기관별 CABG 수술 건수의 평균은 60건이었고, 분석에 포함된 34개 기관 중에서 4개 기관의 수술 건수는 100건 이상으로(연간 200건 이상 3개소) 나머지 30개 기관(연간 50건 이하 23개소)에 비하여 월등히 많은 수술을 시행한 것으로 파악되었다. 이 연구에서는 의료기관별 수술 건수 분포를 고려하여 기관별 연간 CABG 수술건수 100건을 기준으로 하여 저빈도 수술 병원과 고빈도 수술 병원으로 분류한 후 위험도 보정 전·후의 사망률을 비교하였다.

CABG 환자의 위험도가 반영된 보정사망률(adjusted mortality rate)을 계산하기 위하여 보정 모델에서 계산된 환자별 사망 확률의 예측값을 사용하였다. 저빈도 수

술 병원 환자군과 고빈도 수술 병원 환자군별 실제 CABG 사망 건수를 로지스틱 회귀분석 모델을 이용하여 계산한 환자별 예측 사망 확률값을 그룹별로 합산한 값으로 나눈 값에 연구 대상자 전체의 CABG 조사망률(crude rates)을 곱한 값으로 정의하였다.

$$\text{Adjusted Mortality Rate} = \frac{\text{Actual Number of Deaths}}{\text{Predicted Number of Deaths}} \times \text{Overall Mortality Rate}$$

CABG 수술에서 진료량-결과 관계가 환자의 중증도에 따라 어떻게 나타나는지를 파악하기 위하여 보정모델에서 계산한 환자의 예측 사망확률을 바탕으로 하여 5개의 그룹으로 환자를 구분한 뒤, 수술량-사망률 관계를 분석하였다. 기존의 연구를 참고로 하여 환자 예측 사망률의 크기를 0.5%, 2%, 5%와 20%의 기준을 이용하여 5개 군으로 분류하였다 [16].

결 과

1. 위험 요인의 분석

분석에 사용한 총 2,058명의 환자 중 74명이 병원에서 사망하여 CABG 수술 환자의 병원내 조사망률은 약 3.6%였다 (Table 2). 수술 후 병원에서 사망한 환자의 연령과 그렇지 않은 환자의 연령 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 입원특성을 나타내는 변수인 입원경로와 입원형태는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 위험도 분석 모델에서 제외하였다. 성별 변수는 통계학적으로 유의하지 않았지만 환자의 진료결과에 큰 영향을 미치는 생물학적 변수이기 때문에 통계적 유의성이 적더라도 보정모델에 일반적으로 사용되고 있는 변수라는 점을 고려하여 연령과 성은 보정 모델에 독립변수로 포함시켰다.

임상적 위험요인의 경우에는 울혈성심부전, 뇌졸중, 신장질환, 부정맥, 말초혈관질환, 급성심근경색 및 대동맥내풍선펌프에서 사망환자의 위험요인 보유율이 그렇지 않은 환자에 비해 높았으며 또한 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 고혈압과 관상동맥질환에서도 두 군간 사망률에 통

Table 1. Definition of independent variables in risk-adjustment model

Risk Factors	Codes
Sex	0: Male, 1: Female
Age	Year
Admission source	0: Others(excluding emergency medical services), 1: Referral
Admission type	0: Outpatient, 1: Emergency room
Diabetes	E10, E11, E13, E14*
Hypertension	I10, I11, I12, I13, I15*
Coronary artery disease	I20, I21, I22, I23, I24, I25*
CHF	I50, I110, I130, I132*
Stroke	I60, I61, I62, I63, I64, I65, I66, I67, I68, I69, G46*
COPD	J41, J42, J43, J44, J68, J84, J98*
AMI	I21*
PTCA**	M6551, M6552, M6561, M6562, M6563, M6564, M6571, M6572**
Cardiac catheterization	E7221, E7222, E7223, HA610, HA611, HA612, HA613, HA670, HA680*
Intra-aortic balloon pump	O1921, O1922**
Renal disease	N18, N19*
Arhythmia	O7020, O7061, O7062, O7071, O7072, O7073, O7074, O7075, O7080** I44, I45, I46, I47, I48, I49*
Peripheral vascular disease	O2001, O2002, O2003, O2004, O2005, O2006, O2007** I70, I71, I72, I73, I74, I77, I78, I79, I80, I81, I82, I83* O2031, O2032, O2033, O2034, O2035, O2036, O2037, O2038, O2045, O2051, O2052, O2053, O2054, O2055, O2056, O2057, O2058, O2059, O2063, O2064, O2065, OA631, OA632, OA633, OA634, OA635, OA636, OA637, OA638, OA639, O1635, M6597, M6605, M6620, M6632, M6633, M6650, M6612, M6613, O1643, O1644, O1645, O1646**

* ICD-10 Codes, ** Procedure Codes of Health Insurance Review Agency, *** PTCA is not included in risk-adjustment model. PTCA(Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty), CHF(Congestive Heart Failure), COPD(Chronic Obstructive Pulmonary Disease), AMI(Acute Myocardial Infarction)

Table 2. General characteristics of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery

Risk Factors		Live(%)	Death(%)	p-value
N of patients		1,984(96.4)	74(3.6)	
Mean age(Std.)		63.1(8.6)	67(8.3)	<0.01
Sex	Male: 0	1,365(96.7)	46(3.3)	0.23
	Female: 1	619(95.7)	28(4.3)	
Admission source	Others: 0	1,830(96.3)	70(3.7)	0.45
	Referral: 1	154(97.5)	4(2.5)	
Admission type	Outpatient: 0	1,284(96.6)	45(3.4)	0.45
	Emergency: 1	700(96.0)	29(4.0)	
Diabetes	Yes	1,036(96.0)	43(4.0)	0.32
	No	948(96.8)	31(3.2)	
Hypertension	Yes	1,675(97.0)	51(3.0)	<0.01
	No	309(93.1)	23(6.9)	
Coronary heart disease	Yes	1,983(96.4)	73(3.6)	<0.01
	No	1(50.0)	1(50.0)	
CHF	Yes	448(94.1)	28(5.9)	<0.01
	No	1,536(97.1)	46(2.9)	
Stroke	Yes	235(92.2)	20(7.8)	<0.01
	No	1,749(97.0)	54(3.0)	
COPD	Yes	234(97.5)	6(2.5)	0.33
	No	1,750(96.3)	68(3.7)	
Renal disease	Yes	91(79.1)	24(20.9)	<0.01
	No	1,893(97.4)	50(2.6)	
Arrhythmia	Yes	694(94.3)	42(5.7)	<0.01
	No	1,290(97.6)	32(2.4)	
Peripheral vascular disease	Yes	183(92.0)	16(8.0)	<0.01
	No	1,801(96.9)	58(3.1)	
AMI	Yes	466(93.6)	32(6.4)	<0.01
	No	1,518(97.3)	42(2.7)	
Cardiac catheterization	Yes	1,683(96.3)	64(3.7)	0.70
	No	301(96.8)	10(3.2)	
Intra-aortic balloon pump	Yes	113(77.9)	32(22.1)	<0.01
	No	1,871(97.8)	42(2.2)	

* Continuous variables were analyzed with t test, categorical variables were analyzed with χ^2 test. CHF(Congestive Heart Failure), COPD(Chronic Obstructive Pulmonary Disease), AMI(Acute Myocardial Infarction), STD=Standard Deviation

Table 3. Risk factors included in the risk-adjustment model

Variables	OR(95% CI)*	p-value
Age	1.04(1.01- 1.08)	0.02
Sex	1.15(0.67- 1.99)	0.61
Diabetes	0.80(0.47- 1.36)	0.42
CHF	0.86(0.48- 1.52)	0.60
Stroke	2.41(1.32- 4.40)	0.00
Renal disease	8.48(4.60-15.63)	<.001
Arrhythmia	1.68(1.00- 2.84)	0.05
Peripheral vascular disease	2.04(1.05- 3.97)	0.03
AMI	1.48(0.86- 2.54)	0.16
Intra-aortic balloon pump	9.65(5.46-17.05)	<.001
R ²	0.07	
C-statistic	0.83	
Hosmer-lemeshow test, χ^2 (p-value)	6.92(0.55)	

* OR: Odds Ratio. † CI: Confidence Interval. CHF(Congestive Heart Failure), AMI(Acute Myocardial Infarction)

계적으로 유의한 차이가 있었지만 사망하지 않은 환자의 위험 요인 보유율이 사망 환자의 위험 요인 보유율보다 높았다. 이것은 사망한 환자가 그렇지 않은 환자에 비해 위험요인을 더 많이 가지고 있을 것이라는 이 연구의 가정에 반대되는 결과이다. 만성폐쇄성폐질환과 심도자술에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 임

상적 위험요인에 대한 분석 결과 통계적으로 유의하지 않거나 연구 가정에 반대되는 결과를 가진 4가지 요인은 보정 모델에 포함시키지 않았다. 당뇨병은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 당뇨병 환자의 사망률이 당뇨병이 없는 환자의 사망률보다 높았기 때문에 모델에 포함시켰다. 청구명세서 자료를 이용한 단변량 분석 결과를 고려한 위험도 보정 모델은 Table 3과 같이 10개의 독립변수로 구성되었다.

2. 위험도 보정 모델 개발

단변량 분석에서 선정된 10개 위험요인을 이용하여 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였다 (Table 3). 위험요인 변수간의 교호작용(statistical interaction)을 분석한 결과 교호작용이 발견되지 않아 변수 간 교호작용을 통제하는 변수는 포함시키지 않았다. 독립변수들 중에서 병원내 사망과의 관련성은 대동맥내풍선펌프가 가장 높았고 (OR=9.65, 95% CI=5.46-17.05), 다음으

로는 신장질환 (OR=8.48, 95% CI=4.60-15.63), 뇌졸중 (OR=2.41, CI=1.32-4.40)의 순이었다. 연령, 뇌졸중, 신장질환, 부정맥, 대동맥내풍선펌프와 말초혈관질환과 CABG 환자의 병원내사망과의 관련성의 정도가 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하였다. 위험요인 10개 변수 모두를 분석에서 사용하였을 때의 c 통계량은 0.83로 보정 모델의 판별능력이 양호한 편이었으며, Hosmer-Lemeshow 카이제곱 통계량은 6.92 (p=0.55)로 통계적으로 유의하지 않았으므로 모델의 적합도에 별 문제는 없는 것으로 판단하였다.

3. 수술량과 사망률 관계 분석

Table 4는 의료기관의 수술건수를 이용하여 만들어진 각 그룹에서의 CABG 수술 건수와 조사망률을 나타내고 있다. 34개 기관 중 50건 이하의 수술건수를 가지는 의료기관은 23개 기관이었으며, 반면에 이들 기관의 수술건수는 연구에 포함된 2,058건의 23.8% (500건)으로 낮았다.

연간 100건 이상의 CABG 수술을 시술하는 4개 의료기관의 총 수술은 1,087건으로, 상위 4개 병원의 수술건수가 연구대상 전체 수술의 반 이상 (52.8%)을 차지하고 있었다.

조사망률의 경우 수술건수가 25건 이하인 기관에서 가장 높았으며, 51건 이상 75건 이하 그리고 76건 이상 100건 이하의 수술을 시행한 의료기관들의 순으로 사망률이 낮았다. 수술건수 상위 4개 기관의 사망률은 1.8%로서 가장 낮은 것으로 나타났다.

환자의 위험도 보정 전·후의 의료기관별 CABG 수술량과 사망률 사이의 관계를 파악하였다 (Table 5). 전체 34개 병원 중에서 4개 고빈도 수술 병원 환자들의 사망률 (1.8%)과 나머지 30개 저빈도 수술 병원 환자들의 사망률 (5.6%)에 차이가 있었다. 두 군의 병원내사망률은 환자의 위험도를 보정한 후에도 여전히 차이가 있었다.

위험도 보정 모델에서 산출된 CABG 환자의 예측 사망률을 이용하여 정의한 환자의 중증도에 따른 수술량-결과 관계를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 환자의 중증도가 증가할수록 고빈도 수술 병원 환

Table 4. CABG volume and crude mortality rates

Hospital group by annual surgical volume	N of hospitals	CABG volumes	Crude mortality rates
~ 25	15	181	8.8%
26 ~ 50	8	319	3.8%
51 ~ 75	5	304	6.3%
76 ~ 100	2	167	4.2%
101 ~	4	1,087	1.8%

* ICD-10 Codes, ** Procedure Codes of Health Insurance Review Agency, *** PTCA is not included in risk-adjustment model. PTCA(Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty), CHF(Congestive Heart Failure), COPD(Chronic Obstructive Pulmonary Disease), AMI(Acute Myocardial Infarction)

Table 5. In-hospital mortality rates of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery at high-volume(>100 cases/yr) and low-volume(<=100 cases/yr)

Variables	Low-volume* hospitals(n=30)	High-volume hospitals(n=4)	Total
N of patients	971	1,087	2,058
Total N of in-hospital patient death	54	20	74
Crude in-hospital mortality rates(%)	5.6	1.8	3.6
Risk-adjusted in-hospital mortality rates(%)	5.3	1.9	NA**

* Low-volume hospitals are defined as facilities with <100 cases of Coronary artery bypass graft. ** NA: Not applicable. For the entire sample, the risk-adjusted mortality rates equal the actual mortality rate.

Table 6. Observed in-hospital CABG mortality rates at low- and high-volume hospitals across risk groups*

Risk group (Predicted risk of in-hospital death)	Low-volume hospitals			High-volume hospitals			OR(95% CI)	P value
	No. of survived(%)	No. of death(%)	Total(%)	No. of survived(%)	No. of death(%)	Total(%)		
Minimal(<0.5%)	30(96.8)	1(3.2)	31(100)	42(97.7)	1(2.3)	43(100)	1.39(0.09-21.33)	0.82
Low(0.5% to 2%)	626(98.4)	10(1.6)	636(100)	701(99.3)	5(0.7)	706(100)	2.22(0.76- 6.46)	0.13
Moderate(2% to 5%)	161(97.0)	5(3.0)	166(100)	191(99.0)	2(1.0)	193(100)	2.91(0.57-14.79)	0.18
High(5% to 20%)	80(78.4)	22(21.6)	102(100)	103(92.8)	8(7.2)	111(100)	2.99(1.40- 6.42)	0.00
Severe(>=20%)	20(55.6)	16(44.4)	36(100)	30(88.2)	4(11.8)	34(100)	3.78(1.40-10.17)	0.00

* Low-volume hospitals are defined as facilities with <100 cases of Coronary artery bypass graft, risk groups are based on predicted risk of death during hospitalization for CABG, The odds ratio corresponds to the odds of the in-hospital death for subjects undergoing CABG at low-volume hospitals in comparison with subjects at high-volume hospitals, p values are for hypothesis test that the OR is equal to 1
CI: Confidence interval, OR: Odds ratio, NA: Not applicable, CABG(Coronary Artery Bypass Graft).

자들에 비하여 저빈도 수술 병원 환자들의 사망률이 증가하는 경향이 있었다. 또한 예측 사망확률 5~20%인 군과 20% 이상인 군, 즉 고위험군에서 저빈도 수술 병원 환자들과 고빈도 수술 병원 환자들의 사망률에 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다 (high group: 21.6% vs. 7.2%, severe group: 44.4% vs. 11.8%).

고 찰

1. 연구 자료 및 방법에 대한 고찰

이 연구는 종합전문요양기관에서 EDI 전산매체를 통해 청구된 건강보험 요양급여 명세서를 분석 대상으로 이용하였으며, 서면을 통해 청구된 건은 제외하였다. 그러나 서면청구의 누락으로 인한 연구결과의 영향은 크지 않을 것으로 생각된다. 연구에 포함된 34개 종합전문요양기관의

2002년 청구형태별 청구건수를 보면, 서면이 약 3.2%고, EDI를 통한 청구가 전체의 96.5%를 차지하고 있다. 대부분의 청구가 전산청구를 통하여 청구되고 있기 때문에 서면청구건의 누락이 연구결과에 미친 영향은 그리 크지 않을 것으로 판단된다.

이 연구에서는 명세서의 EDI 자료에 포함된 모든 주상병, 부상병 및 수가 코드를 이용하여 위험도 보정에 사용할 위험요인을 정의하였다. CABG 환자의 위험요인을 정의하는데 사용된 코드를 가지고 있는 경우 해당 위험요인을 동반하고 있는 것으로 간주하였기 때문에 코드 누락으로 인한 정보의 손실은 그리 크지 않았을 것으로 생각된다. 그러나 행정데이터를 이용할 경우 의료기관간 코드 기록의 충실성에 차이에 따른 영향이 있을 수 있고, 건강보험 청구면세서 자료만으로는 응급수

술 여부, 기존의 수술경험 등을 파악할 수 없었다. 이러한 문제점은 청구명세서와 같은 행정자료를 이용하는 연구에서 발생할 수 있는 것으로서 이 연구의 제한점으로 생각된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 CABG 환자를 등록하여 추적 조사를 하는 시스템의 도입이 필요하다고 판단된다.

이 연구에서는 응급 CABG 수술의 영향을 통제하기 위하여, 입원 기간 중에 CABG 수술과 PTCA를 모두 시행한 환자는 응급 CABG로 간주하여 분석에서 제외하였다. 이 연구에서 사용한 자료에서 CABG 수술 환자 중에서 PTCA를 시행한 환자의 사망률 (6.8%)이 그렇지 않은 환자의 사망률 (1.9%) 보다 높은 것으로 보아, 연구진의 가정에 큰 문제가 없다고 판단하였다.

환자의 임상적 상태를 청구명세서에 기록된 상병 및 수가코드가 얼마나 정확히 기록하고 있는가는 연구 결과의 적용가능성을 결정하는 중요 요소이다. 의무기록 조사를 통하여 확보한 임상 정보를 이용한 위험도 보정 방법이 상세한 임상적인 정보를 제공할 수 있는 장점이 있지만 [25], 의료기관에서 시술된 수많은 건을 대상으로 의무기록지를 조사하는 것은 시간과 비용이 너무 많이 소요된다. 이러한 자료 수집의 제한점으로 인해 외국에서는 진료의 질적 수준을 평가하고 문제가 있는 부분을 파악하는 사업에 명세서 자료와 같은 행정 자료를 이용하고 있다 [30].

코드 기록의 충실도를 파악하기 위해서는 청구명세서에 기록된 상병 및 수가코드를 환자의 의무기록과 대조하는 작업이 필요하다. 의무기록을 이용하여 CABG 환자의 위험도를 보정한 기존의 연구 결과 [26]를 보면 가장 설명력이 높은 위험도 보정 도구인 Medisgroups을 이용할 경우 c 통계값 (0.82), R²값 (0.068) 그리고 Hosmer-Lemeshow 값 (X²=10.29, p=0.25)이었다. 이 연구 결과가 보이는 모델의 타당도 지표값도 이와 비슷한 수준으로, 이러한 결과만을 두고 본다면 행정데이터를 이용한 위험도 보정작업 후의 모델의 판별능력과 타당성에서 의무기록을 이용한 연구에 비

하여 크게 뒤떨어지지 않는 결과를 보이고 있다고 해석될 수 있다. 그러나 두 연구 사이에 존재하고 있는 방법론 및 데이터 특성에 따른 연구 결과 해석의 제한점이 있기 때문에 행정데이터를 이용한 환자의 위험도 보유 여부 파악의 정확성에 대하여 단정적인 판단은 내릴 수는 없다고 판단된다. 보다 정확한 평가를 위해서는 CABG 환자의 명세서 코드와 의무기록 정보의 일치도에 대한 연구가 필요할 것이다. 이 연구에서는 환자의 사망을 파악하기 위하여 일차적으로 요양급여 명세서에 기록된 진료결과 변수를 사용하였다. 병원내사망의 정의가 연구 결과에 미치는 영향이 크며, 명세서의 진료결과 변수의 정확성에 대해 논란의 여지가 있을 수 있다. 이 연구에서는 사망의 정확한 정의를 내리기 위하여 통계청에서 발표하고 있는 사망원인통계자료를 이용하여 CABG 환자의 사망 여부를 보완하였다. 통계청 사망자료를 이용하여 병원내사망에 대한 정의를 보완한 결과 사망으로 정의된 환자수가 64명에서 74명으로 증가하여, 전체 사망률이 약 0.5% 정도 증가하였다. 명세서 상의 진료결과변수만을 이용하여 환자의 사망 여부를 판단할 경우 사망 환자수가 실제 사망 환자수보다 과소 추계될 가능성이 있음을 알 수 있었다.

2. 연구 결과에 대한 고찰

분석에 사용된 2,058건의 CABG 수술에서 발생한 병원내사망은 총 74건으로 전반적인 사망률은 3.6%였다. 이것은 Park 등 [13]의 연구의 사망률 7.1%와 Kwon 등 [14]의 연구에서의 사망률 6.7% 보다는 낮은 수준이다. 이러한 사망률의 차이는 연구에 사용된 방법론의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 기존의 연구 [13,14]는 의무기록자료를 이용한 연구로 병원에서 사망한 환자와 더불어 의무기록상(경과기록지와 퇴원요약지)에 가망 없는 퇴원 환자까지를 사망한 환자로 정의하였다. 이 연구에서는 사망의 정의를 병원내사망으로 국한하였기 때문에 기존의 두 연구에 비하여 사망률이 낮게 나타난 것으로 보인다. 이 연구에서의 사망률은 미국 전체 병

원 입원청구자료의 20%를 추출하여 분석된 CABG 사망률 3.68%와는 비슷한 수준이었다 [24].

이 연구에서 개발한 위험도 보정 모델은 병원간 환자의 위험도 분포의 차이에 기인한 사망률의 변이를 보정하는 능력이 양호한 것으로 판단된다. 환자별로 가지고 있는 위험요인의 개수를 보면 최종 보정 모델에 포함된 8개의 임상적요인(연령과 성은 제외) 중에서 가장 많은 요인을 가지는 환자는 7개의 위험요인을 가지고 있었으며(평균 약 1.7개), 전체 환자의 약 70%가 2개 이하의 위험요인을 보유하고 있었다. CABG 환자의 위험도 보정에 포함된 위험요인 수의 효과를 평가한 연구에서 [20] 6개의 위험요인을 이용한 분석결과 판별능력을 나타내는 Receiver Operating Characteristic(ROC) 곡선 아래의 면적값이 0.77였고, 이에 6개의 변수를 추가할 경우(총 12개의 변수), 그 값이 0.79로 크게 증가하지 않는 것으로 나타났다. 이 결과는 소수의 위험요인만으로도 위험도를 충분히 보정할 가능성이 있음을 시사하고 있다.

일부 연구에서는 [17,32,33] 보정 모델에 20개 이상의 위험요인을 이용하여 위험도를 보정하였다. 모델에 포함되는 위험요인의 수가 너무 많을 경우에는 자료에 대한 과적합 같은 통계적 문제를 발생시킬 수 있고, 이럴 경우 오히려 적은 수의 위험요인을 포함한 모델이 양호한 판별능력을 보일 수 있다 [34].

다른 문제점으로는 의료기관에서 환자의 상태를 upcoding하여 환자의 상태가 중한 것으로 표시할 경우 이러한 것이 위험도에 반영될 위험성이 있다 [35]. 향후에 위험도 보정에 사용되는 위험요인의 추가에 따른 모델의 설명력 변화 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

임상데이터와 행정데이터를 이용한 환자의 위험도 보정 효과의 차이를 분석한 연구 [31]에서 환자의 병원내사망 예측에 있어 임상데이터의 설명력이 더 높은 것으로 알려져 있다. 우리나라의 경우에는 CABG 환자 445명의 의무기록 자료를 이용하여 환자의 위험도를 보정한 연구 [24]에서 위험도 보정 도구로 Medisgroups을

이용한 경우 보정 모델의 c 통계값이 0.82, Hosmer-Lemeshow X^2 가 10.3 ($p=0.25$)였으며, 또 다른 연구 [14]에서는 Computerized Severity Index를 이용한 모델이 6 종류의 모델 중에서 가장 양호한 통계값 ($C=0.84$)을 보였다. CABG 환자 564명의 의무기록 자료에서 수집한 위험요인 자료를 이용한 연구 [13]에서는 보정 모델의 통계값은 $C=0.79$ 와 Hosmer-Lemeshow $X^2=10.3$ ($p=0.24$)이었다.

청구명세서를 이용한 연구의 보정결과는 기존의 의무기록 자료의 요약을 통한 연구결과[13,14,24]에 비교하여 통계값에 큰 차이가 존재하지 않고 있기 때문에 보정의 타당성 문제는 심각하지 않을 것으로 판단된다. 하지만 사용된 자료원의 특성으로 인한 제한점이 있다는 것을 고려하여 연구결과와 해석에 주의가 필요하다. 청구 자료가 진료비 심사에 직접 관련이 없는 자료에 대해서는 기록이 불완전할 가능성이 높기 때문에 기존 연구의 통계값과 직접 비교하기는 어렵다. 동일 환자를 대상으로 하여 실제 의무기록 자료를 이용한 위험도 보정 결과와 청구명세서를 이용한 위험도 보정 결과를 비교한 연구 결과가 있어야 위험도 보정 모델의 타당성을 정확하게 평가할 수 있을 것이다.

이 연구에서 자료를 분석한 결과 기존의 외국 연구 결과와 같이 우리나라에서도 기관별 CABG 수술량에 따른 환자의 병원내사망률의 차이가 존재하였다. 연간 수술건수가 100건 이상인 고빈도 수술 병원 환자들이 100건 이하인 저빈도 수술 병원 환자에게 비하여 병원내사망률이 통계적으로 유의하게 낮았다. 이러한 수술량-결과 관계는 환자의 중증도(예측 사망 확률)에 따라 환자를 5개 군으로 구분한 뒤에도 계속 존재하고 있었다.

의료기관의 수술량과 사망률의 관계는 통계적 유의성에서 일정하게 나타나지 않았으며, 환자가 가지는 위험의 크기에 따라 차이가 있었다. 환자의 사망의 위험확률이 5.0% 미만의 3개군에서는 저빈도 수술 병원 환자군과 고빈도 수술 환자군 사이에 병원내사망률에 유의한 차이가 존재하지 않은 반면, 환자의 사망의 위험확률

이 5.0% 이상인 2개 군에서는 수술량과 병원내사망 간에 통계적으로 유의한 관계를 확인할 수 있었다. 그러나 주목할 것은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았던 3개 군에서도 저빈도 수술 병원 환자군의 상대적 위험도를 나타내는 Odds Ratio(OR) 값은 1보다 커 저빈도 수술 병원 환자가 고빈도 수술 병원 환자에 비하여 환자가 사망할 확률이 큰 것으로 나타났다. 또한 환자의 위험이 증가할수록 OR값은 증가하여 CABG 수술량과 진료결과 사이에 일관된 용량-반응 관계(dose-response relationship) 가 있었다.

저빈도 수술 병원 환자의 약 86%와 고빈도 수술 병원 환자의 87%가 예측 사망 확률 5%미만의 위험도를 가진 환자였다. 이 환자군에서는 병원의 CABG 수술건수에 따라 환자의 사망확률에 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 기존의 연구 [15]에서도 환자의 위험이 낮은 그룹에서 수술량에 따른 사망률의 차이는 유의하지 않았다. 이러한 결과로 판단할 때 환자의 중증도가 낮은 환자들은 저빈도 수술 병원에서 고빈도 수술 병원으로 이송하여 수술을 받더라도 환자가 받을 수 있는 추가적인 효과는 중증도가 높은 환자에 비하여 상대적으로 크지 않은 것으로 생각된다.

반면에 예측 사망 확률이 5% 이상인 2개 군에 속하는 환자는 병원의 수술건수에 따라 사망률에 뚜렷한 차이가 있는 것으로 나타났다. 저빈도 수술 병원의 환자들 중 예측사망률이 5% 이상인 2개 군의 환자(138명)가 고빈도 수술 병원에서 CABG 수술을 받게 될 경우 사망자수가 38명에서 11명으로 감소할 것으로 추정된다. 또한 저빈도 수술 병원의 모든 환자(1,087명)들이 고빈도 수술 병원에서 수술 받게 될 경우에는 사망자수가 54명에서 18명으로 감소할 것으로 예상된다. 이러한 결과는 CABG 수술과 같이 위험성이 높은 수술의 경우, 개별 병원들이 소수의 환자를 수술하는 것보다 지역별로 CABG 수술 센터를 집중적으로 육성하고 수술 결과가 좋은 병원들로 환자를 의뢰하여 수술을 받게 하면 전반적인 환자의 진료 결과를 크게 개선시킬 수 있음을 실증적으로 보여주고 있다.

환자의 예측 사망 확률 5%미만인 3개 군에서 수술량과 진료결과의 관계가 유의하지 않았는데 가능한 이유로는 첫째, 위험도 보정 방법의 영향을 들 수 있다. 청구명세서에 기록된 코드를 이용하여 환자의 위험도를 보정하였기 때문에 자료가 가지는 제한점으로 인해 수술전 환자의 위험요인을 정확히 반영하지 못하여 저빈도 수술 병원과 고빈도 수술 병원 사이에 실제로 존재하고 있을 차이를 희석시키는 작용을 하였을 가능성이 있다. 둘째, 예측 사망 확률을 구분하는 기준점에 따라 영향을 받을 가능성이 있다. 실제로 최하위 군의 정의에 사용한 예측 위험도를 0.5%가 아닌 1%로 바꾸고, 위험도가 2번째로 낮은 군의 기준을 1%~2%로 변경하여 분석할 경우 위험도가 2번째로 낮은 군에서 저빈도 수술 병원 환자와 고빈도 수술 병원 환자의 사망률에 통계적으로 유의한 ($p=0.052$) 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과가 두 번째 가능성을 뒷받침하고 있는 것으로 판단된다.

수술량에 따른 사망률의 차이에 대한 설명으로는 “practice-makes-perfect”와 “selective-referral pattern”의 두 가지가 있다. “Practice-makes-perfect” 가설은 많은 수의 환자를 수술함으로써 수술을 담당하는 의사와 보조 인력들의 기술이 향상되어 진료결과가 향상된다는 것이다.

“Selective-referral pattern” 가설은 진료결과가 좋은 의사와 병원은 더 많은 환자를 유인한다는 것이다 [4]. Flood의 연구 [36,37]는 수술량의 증가에 따른 학습효과를 이유로 제시한 반면, Farley와 Luft의 연구 [4,38]에서는 환자들의 선택의 차이로 이유로 들고 있다. 이 연구에서는 CABG 수술에서 진료량-결과 관계를 확인하였을 뿐, 이러한 관계가 어떠한 기전에 의한 것인지를 판단할 수 없었다. 진료량-결과 관계의 발생 기전을 규명하기 위해서는 별도의 연구가 필요하다. 이 연구는 2002년 한해의 자료만을 이용한 연구이기 때문에 수술량에 따른 사망률 차이의 원인에 대한 객관적인 설명을 하는데 어려움이 있다. 명확한 설명을 위해서는 기관별 수술량 및 사망률의 변화를 측정할 수 있는 자

료가 필요하다. 향후 여러 해의 자료를 이용한 세부적인 분석을 하면, 진료량-결과 관계에 대한 보다 명확한 설명이 가능할 것이다.

연구에 포함된 종합전문요양기관의 EDI 청구건은 총 청구의 96%이상을 차지하고 있다. 이러한 자료를 바탕으로 한 연구 결과는 우리나라 전체 의료기관에 대하여 일반화하기는 어려울 것이지만, 종합전문요양기관의 경우에는 어느 정도의 설명력이 있다고 판단된다. 하지만 이 연구가 행정자료를 이용하여 CABG 환자의 위험도를 보정하였기 때문에 결과의 해석에는 주의를 기울여야 한다.

결론

이 연구에서는 CABG 수술량과 진료결과 사이의 관계를 전국 종합전문요양기관의 요양급여 명세서 자료를 이용하여 분석하였다. 분석결과는 연간 CABG 수술량이 100건 이상인 종합전문요양기관에서 수술을 받은 환자는 그렇지 않은 환자들에 비해 사망률이 낮았으며, 두 그룹간의 차이는 특히 환자의 위험도가 높은 군에서 통계학적으로 유의하였다. 이러한 결과는 우리나라 종합전문요양기관에서 CABG 수술을 받은 환자에서 수술량-결과 관계가 존재하고 있으며, 다른 수술에서도 이러한 관계가 존재할 가능성을 시사하고 있다고 판단된다.

외국에서는 수술량과 진료결과와의 관계가 있는 수술의 경우에 수술량 지표를 진료의 질적 수준을 나타내는 대리 지표로 사용하기도 한다. 일례로 미국의 AHRQ (Agency for Healthcare Research and Quality)는 CABG 수술량 지표를 의료기관의 질적 수준을 나타내는 지표의 하나로 사용하고 있다. 그러나 수술량 지표는 진료의 질적 수준을 직접적으로 측정하는 것이 아니기 때문에, 독립적으로 쓰기보다는 다른 유형의 사망률 지표와 같이 사용하기를 권장하고 있다. 따라서 진료의 질 평가시 수술량 지표의 사용을 완전히 배제하기 보다는 다른 형태의 질 지표와 함께 보조 지표로 사용하는 것이 바람직할 것으로 판

단된다. 또한 이 연구에서는 병원의 수술 건수를 기준으로 수술량-결과 관계를 분석하였는데, 앞으로는 CABG 수술 의사를 대상으로 수술량-결과 관계의 존재 여부에 대한 연구를 수행하는 것도 의미가 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- Buanes T, Mjaland O, Waage A, Langeggen H, Holmboe J. A population-based survey of biliary surgery in Norway. relationship between patient volume and quality of surgical treatment. *Surg Endosc*. 1998; 12(6): 852-855
- Cebu, RD, Snow RJ, Pine R, Heath NR, Norris DG. Indications, outcomes, and provider volumes for carotid endarterectomy. *JAMA* 1998; 279(16): 1282-1287
- Khartz AJ, Pulido JS, Kuhn EM. Are the best coronary artery bypass surgeons identified by physician survey? *Am J Public Health* 1997; 87(10): 1645-1616
- Luft HS, Hunt SS, Maeki SC. The volume-outcome relationship: practice makes perfect or selective referral patterns? *Health Serv Res* 1987; 22: 157-182
- Phillips KA, Luft HS., Ritchie JL. The association of hospital volumes of percutaneous transluminal coronary angioplasty with adverse outcomes, length of stay, and charges in California. *Med Care* 1995; 33(5): 502-514
- Hannan EL, O'Donnell JF, Kilburn H Jr, Bernard HR, Yazici A. Investigation of the relationship between volume and mortality for surgical procedures performed in New York state. *JAMA* 1989; 7: 503-510
- Hughes RG, Hunt SS, Luft HS. Effects of surgeon volume and hospital volume on quality of care in hospitals. *Med Care* 1987; 25: 489-503
- Luft HS. The relations between surgical volume and mortality: an exploration of causal factors and alternative models. *Med Care* 1980; 18: 940-959
- Luft HS, Garnick DW, Mark DH, McPhee SJ. Hospital Volume, Physician Volume, and Patient Outcomes. Ann Arbor, Michigan, Health Administration Press 1990
- Showstack JA, Rosenfeld KE, Garnick DW, Luft HS, Schaffarzick RW, Fowles. Association of volume with outcome of coronary artery bypass graft surgery. *JAMA* 1987; 257: 785-289
- 정육성. 젊은층 관상동맥 질환자 10년새 54% 증가; 데일리메디, 2003
- Cho WH, Lee SH, Kang MK, Kang HY. A study on the performance indicator of health care services. Yonsei Univ; 2001 (Korean)
- Park HK, Ahn HS, Kwon YD, Shin YC, Lee JS, Kim HJ, Sohn MJ. Severity-adjusted mortality rates: The case of CABG surgery. *Korean J Prev Med* 2001; 34(1): 21-27 (Korean)
- Kwon YD, Ahn HS, Shin YS. Severity measurement methods and comparing hospital death rates. *Korean J Prev Med* 2001; 34(3): 244-252 (Korean)
- Lee KS, Lee SI. Developing inpatient quality indicator with health insurance claims data. *HIRA*; 2002 (Korean)
- AHRQ Quality Indicators-Guide to Inpatient Quality Indicators: Quality of Care in Hospitals-Volume, Mortality, and Utilization. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality, 2002. AHRQ Pub. No. 02-RO204
- Nallamothu BK, Saint S, Ramsey SD, Hofer TP, Vijan S, Eagle KS. The role of hospital volume in coronary artery bypass grafting: is more always better? *J Am Coll Cardio* 2001; 38(7): 1923-1930
- Peterson ED, Coombs LP, DeLong ER, Haan CK, Ferguson TB. Procedural volume as a market of quality for CABG surgery. *JAMA* 2004; 291(2): 195-201
- Hannan EL, Kilburn H, Bernard H, O'donnell JF, Lukacik G, Shields EP. Coronary artery bypass surgery: the relationship between inhospital mortality rate and surgical volume after controlling for clinical risk factors. *Med Care* 1991; 29(11): 1094-1107
- TU JV, Sykora K, Naylor CD. Assessing the outcomes of coronary artery bypass graft surgery: how many risk factors are enough? *J Am Coll Cardio* 1997; 30(5): 1317-1323
- Glance LG, Dick AW, Mukamel DB, Osler TM. Is the hospital volume-mortality relationship in coronary artery bypass surgery the same for low-risk versus high-risk patients? *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 1155-1162
- Pennsylvania Health Care Cost Containment. Coronary Artery Bypass Graft Surgery-1945-95 Data Research Methods and Results. 1998
- Rosenthal GE, Vaughan Sarrazin M, Hannan EL. In-hospital mortality following coronary artery bypass graft surgery in veterans health administration and private sector hospitals. *Med Care* 2003; 41(4): 522-535
- Rathore SS, Epstein AJ, Volpp KG, Krumholz HM. Hospital coronary artery bypass graft surgery volume and patient mortality, 1998-2000. *Ann Surg* 2004; 239(1): 110-117
- Vaughan-Sarrazin MS, Hannan EL, Gornley CJ, Rosenthal GE. Mortality in medicare beneficiaries following coronary artery bypass graft surgery in states with and without certificate of need. *JAMA* 2002; 288: 1859-1866
- Youn SJ, Ahn HS, Lee SI, Lee JY, Park HK, Seo HJ. A study on the severity adjustment method for patient outcomes HIRA; 2004 (Korean)
- Iezzoni LI. Risk Adjustment for Measuring Healthcare Outcomes, 2nd ed. Chicago, Illinois: Health Administration Press: 1997, 349
- Sowden AJ, Deeks JJ, Sheldon TA. Volume and outcome in coronary artery bypass graft surgery: true association or artefact? *BMJ* 1995; 311: 151-155
- William SV, Nash DB, Goldfarb N. Differences in mortality from coronary artery bypass graft surgery at five teaching hospitals. *JAMA* 1991; 266: 810-815
- Iezzoni LI. Assessing quality using administrative data. *Ann Intern Med* 1997; 127(8): 666-674
- Hannan EL, Kilburn H, Lindsey ML, Lewis R. Clinical versus administrative data bases for CABG surgery. *Med Care* 1992; 30(10): 892-907
- Edwards FH, Clark RE, Schwartz M. Coronary artery bypass grafting: the society of thoracic surgeons national database experience. *Ann Thorac Surg* 1994; 57: 12-19
- Magovern JA, Sakert T, Magovern GJ, Benckert DH, Burkholder JA, Liebler GA, Magovern GJ Sr. A model that predicts morbidity and mortality after coronary artery bypass surgery. *J Am Coll Cardio* 1996; 28: 1147-1153
- Harrell FE, Lee KL, Matchar DB, Reichert TA. Regression models for prognostic prediction: advantages, problems, and suggested solutions. *Cancer Treat Rep* 1985; 69: 1072-1077
- Green J, Wintfeld N. Report cards on cardiac surgeons: assessing New York state's approach. *N Eng J Med* 1995; 332: 1229-1232
- Flood AB, Scott WB, Ewy W. Does practice makes perfect? Part I: the relationship between hospital volume and outcomes for selected diagnostic categories. *Med Care* 1984; 22: 98
- Flood AB, Scott WB, Ewy W. Does practice makes perfect? Part II: the relationship between hospital volume and outcomes for selected diagnostic categories. *Med Care* 1984; 22:115
- Farley DE, Ozminkowski RJ. Volume-outcome relationships and inhospital mortality: the effect of changes in volume over time. *Med Care* 1992; 30(1): 77-94