

관상동맥우회술의 중증도 측정과 병원 사망률 비교에 관한 연구

권영대, 안형식¹⁾, 신영수²⁾

경희대학교 정경대학 의료경영학과, 고려대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾,
서울대학교 의과대학 의료관리학교실²⁾

Severity Measurement Methods and Comparing Hospital Death Rates for Coronary Artery Bypass Graft Surgery

Youngdae Kwon, Hyungsik Ahn¹⁾, Youngsoo Shin²⁾

Department of Health Services Management, Kyunghee University;
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Korea University¹⁾;
Department of Health Policy and Management, Seoul National University College of Medicine²⁾

Objective : Health insurers and policy makers are increasingly examining the hospital mortality rate as an indicator of hospital quality and performance. To be meaningful, a risk-adjustment of the death rates must be implemented. This study reviewed 5 severity measurement methods and applied them to the same data set to determine whether judgments regarding the severity-adjusted hospital mortality rates were sensitive to the specific severity measure.

Methods : The medical records of 584 patients who underwent coronary artery bypass graft surgery in 6 general hospitals during 1996 and 1997 were reviewed by trained nurses. The MedisGroups, Disease Staging, Computerized Severity Index, APACHE III and KDRG were used to quantify severity of the patients. The predictive probability of death was calculated for each patient in the sample from a multivariate logistic regression model including the severity score, age and sex to evaluate the hospitals' performance, the ratio of the observed number of deaths to the expected number for each hospital was calculated.

Results : The overall in-hospital mortality rate was 7.0%, ranging

from 2.7% to 15.7% depending on the particular hospital. After the severity adjustment, the mortality rates for each hospital showed little difference according to the severity measure. The 5 severity measurement methods varied in their statistical performance. All had a higher c statistic and R² than the model containing only age and sex. There was a little difference in the relative hospital performance evaluation by the severity measure.

Conclusion : These results suggest that judgments regarding a hospital's performance based on severity adjusted mortality can be sensitive to the severity measurement method. Although the 5 severity measures regarding hospital performance concurred, more often than would be expected by chance, the assessment of an individual hospital mortality rates varied by the different severity measurement method used.

Korean J Prev Med 2001;34(3):244-252

Key Words: Severity of illness index, Risk adjustment, Coronary artery bypass grafting, Inhospital mortality

서 론

의료의 질 평가를 위한 접근 방법 중 최근에는 결과(outcome) 평가가 선호되고 있는데, 이는 결과 평가가 진료의 효과를 직접적으로 평가하기에 적합하기 때문이다. 많이 사용하는 결과 평가 지표로는 사망률, 재입원율, 유병률, 합병증 발생

률, 재수술률 등이 있다 [1]. 이 중에서 사망률은 가장 널리 쓰이는 지표이며 특정 상황에서의 사망은 의료의 질을 측정하는 유용한 도구로 간주되고 있다. 수술과 관련된 사망률이 많이 이용되는데, 특히 개심술(open heart surgery)의 사망률에 관한 연구가 많다 [2-10]. 이는 개심술이 단일 수술 중에서는 가장 어렵고 위험도

가 높은 수술의 하나이며 사망률이 높기 때문이다. 개심술은 크게 판막수술, 관상동맥우회술과 기타 수술로 구분할 수 있는데, 관상동맥우회술의 경우 사망률이 상대적으로 낮지만 관상동맥질환의 발생률이 증가하면서 근래 시술 사례가 크게 증가하고 있다. 또한 수술비용이 전체 병원 의료비 중에서 차지하는 비중이 크기 때문에 보험자와 제공자가 많은 관심을 가지고 있다. 이에 따라 관상동맥우회술

의 사망률을 진료의 질 평가 지표로 사용하는 경우가 늘고 있다. 미국의 New York과 Pennsylvania주에서는 매년 각 병원의 관상동맥우회술 실적과 사망률을 집계하여 공식적으로 발표하고 있다 [11].

진료의 결과, 평가에 있어서 가장 중요한 과제는 위험요인의 보정이다. 결과 평가에 있어 위험요인 보정의 목적은 진료의 효과와 관련된 추론을 하기 전에 진료의 효과에 영향을 미칠 수 있는 환자의 특성을 고려하려는 것이다 [12]. 따라서 위험요인을 보정하지 않고 단순히 결과의 측정만으로는 의미 있는 비교와 해석을 하기 어렵다 [13-14]. 대상 진단명이나 시술에 따라 관련 위험요인의 종류와 요인별 기여도는 달라지지만 일반적으로 환자의 중증도(severity)가 가장 중요한 위험요인이 된다. 시술자, 병원 또는 지역 단위로 사망률을 비교하기 위해서는 중증도를 보정한 사망률의 산출이 필수적이다. 1986년에 미국 보건의료재정청(Health Care Financing Administration)이 병원별 사망률 결과를 발표한 적이 있다. 그 당시 발표된 병원별 사망률은 병원별 환자의 구성과 중증도의 차이 같은 의료기관별 특성을 전혀 고려하지 않아 결과적으로 소비자에게 잘못된 정보를 제공하였으며 이로 인해 많은 비판을 받았다 [12]. 이 사건은 위험요인 보정의 중요성을 인식시키는 계기가 되었다.

환자의 중증도를 보정한 사망률을 산출하기 위해서는 중증도의 측정이 선행되어야 한다. 환자의 중증도를 정량적으로 측정하는 데에는 여러 가지 도구들을 이용할 수 있다. 국내에서는 중증도 측정 도구들을 소개한 적이 드물지만 외국의 관련 연구에서는 많은 측정도구들이 사용되고 있다. 측정도구 중 상당수는 상업화되어 판매되는 도구들로서 각 도구별로 중증도를 산출해내는 구체적인 과정과 방법에 대해서는 정보를 얻기가 쉽지 않으며, 또 병원이나 지역별로 특정 도구만을 선정하여 사용하는 것이 일반적이기 때문에 도구별 특성과 차이에 대한 비교 연구를 하기가 어렵다. 도구별로 중증

도를 정의하는 방법과 사용하는 자료가 다른 경우가 대부분이기 때문에 도구의 선택에 따라서 결과가 다르게 나타날 수 있다. 따라서 사용 목적에 맞는 측정도구를 선정하는 것이 중요하다 [10].

우리 나라에서 최근 심혈관계 질환 그 중에서도 허혈성 심질환 환자가 크게 증가하고 있고, 이에 따라 관상동맥우회술의 시술 건수도 빠른 속도로 늘고 있다 [15]. 이 수술의 성적에 관한 국내 연구는 다수 있으나 [2-6, 15-17], 일개 병원을 대상으로 일정 기간 동안의 위험요인을 보정하지 않은 사망률을 산출한 경우가 대부분이다. 그 외의 수술이나 치료에 대해서도 특히 중증도 등의 위험요인으로 보정한 사망률을 가지고 제공자간의 진료 결과를 비교한 연구는 드물다.

본 연구에서는 관상동맥우회술을 받은 환자들을 대상으로 몇 가지 중증도 측정도구를 사용하여 중증도를 보정한 병원별 사망률을 산출하고, 그 결과를 비교하였다. 이를 위해 외국의 관련 연구 결과, 국내의 진료 현실과 연구 여건을 고려하여 여러 가지 중증도 측정도구들 중 APACHE(acute physiology and chronic health evaluation) III, MedisGroups, Disease Staging, Computerized Severity Index, KDRG(Korean diagnosis related groups)의 5가지를 선정하여 사용하였다. 이들을 적용하여 각 측정도구별로 중증도 보정 사망률을 산출하고, 그 결과를 서로 비교하여 측정도구별 차이와 장단점을 분석함으로써 향후 중증도 보정 사망률 연구에 유용한 기초자료를 제공하고자 하였다.

연구방법

1. 조사 대상

연간 30건 이상의 관상동맥우회술을 시행하는 종합병원 중 6개 병원을 대상으로 '96년-'97년 2년간 이 수술을 받은 환자들을 조사하였다. 관상동맥우회술만의 사망률을 조사하기 위해 동시에 관막수술 등 다른 개심술을 받은 환자는 제외하였고, 성인과는 위험요인이 많이 다른 18

세 이하의 소아도 조사 대상에서 제외하였다. 퇴원 후 추적 조사의 어려움을 감안하여 관상동맥우회술을 받은 단일 재원도중 병원 내에서 사망한 경우만을 수술로 인한 사망으로 정의하여 조사하였다.

2. 조사 방법

대상 병원별로 관상동맥우회술을 받은 환자 명단을 작성하고, 해당 환자의 의무기록을 후향적으로 검토하여 수술 전 중증도 평가에 필요한 자료와 수술 결과 평가에 필요한 자료들을 수집하였다. 임상 경력을 가진 간호사를 사전 교육시킨 후 조사원으로 활용하였다.

3. 조사 도구

중증도 측정 도구로는 MedisGroups, Disease Staging, Computerized Severity Index 및 APACHE III와 R-DRG의 한국 수정판인 KDRG를 사용하였다. MedisGroups, Disease Staging, Computerized Severity Index 및 APACHE III의 경우는 적용에 앞서 내과 및 흉부외과 전문의의 검토를 받아 실제 자료 조사가 어려운 일부 항목은 수정하거나 제외하였다.

1) MedisGroups

의무기록에서 얻어진 주요 임상 정보(key clinical findings)를 이용하여 중증도를 평가하는 도구이다. 입원 시점과 재원 중간 시점에서 환자의 병력, 신체검사, 병리검사, 방사선, 조직검사, 임상적 비정상을 나타내는 시술 결과 등을 이용하여 약 250개 이상의 주요 임상 정보를 찾아내고 중증도 점수를 산출한다. 입원 시점 평가에서는 모든 주요 임상 정보를 이용하지만 재원 중간 시점 평가에서는 일부만을 이용한다.

MedisGroups에는 초기판(original version)과 수정판(empirical version)이 있다. 초기판은 환자의 중증도를 0, 1, 2, 3, 4의 점수로 산출하였으나 수정판은 64개의 질병군별로 로짓회귀모형을 이용하여 각 환자의 병원 내 사망확률을 산출해낸다. 각 질병군에 대해 주요 임상 정보가 통계적으로 유의한 사망의 예측자일 때만 중증도 계산에 포함되며 그 회귀계수

도 질병에 따라 달라진다. 본 연구에서는 수정판을 이용하여 환자의 중증도를 평가하였다.

2) Computerized Severity Index

환자가 병원에 주는 질환의 총부담을 계량화하려는 도구로서 약 12,000개에 이르는 ICD-9-CM 진단명을 833개 질병군의 하나로 재분류한다. 각 질병군별로 4-50개의 측정 지표(활력징후, 진찰소견, 진단을 위한 검사 등)가 있는데, 특별한 예외를 제외하고는 중증도를 계산할 때 치료나 중재(intervention) 요인은 사용하지 않는다. 중증도 점수는 각 질병군의 각 지표별로 1부터 4까지로 표시한다. 1은 정상 또는 약간의 비정상상을 의미하며, 4는 위험한, 생명을 위협하는 징후나 증상을 나타낸다. 환자의 전반적인 중증도는 진단명간의 상호작용을 반영한 질병별 가중치 규정을 이용하여 환자가 가진 모든 진단명의 중증도를 결합해서 산출한다.

평가 시점에 따라 입원, 퇴원 및 최대(maximum) 평가로 구분할 수 있다. 입원과 퇴원 시점 평가는 통상적으로 입원 24시간 후와 퇴원 24시간 전에 시행하며, 최대 평가는 입원 기간 중 각 지표별로 가장 점수가 높았던 경우를 대상으로 하는 것이다.

3) Disease Staging

질병이 처음에는 한 부위에 국한되었다가 점차로 복잡해지고, 그 후 전신으로 퍼진다는 가정을 전제로 질병의 단계를

정한다. 질병의 단계가 진행하면 사망의 위험도 함께 커진다. 1단계는 합병증이 없거나 최소의 심각성을 가진 문제가 있는 정도, 2단계는 하나의 장기나 시스템에 문제가 국한된 경우, 3단계는 여러 부위나 전신이 관련된 경우이며, 4단계는 사망을 나타낸다. 각 단계는 몇 개의 하부 범주로 구분된다. 전산화된 퇴원요약기록의 진단명 코드를 이용하는 판(coded staging version)과 의무기록의 임상자료를 이용하는 판(clinical version)이 있다. 본 연구에서는 clinical version을 이용하였다.

4) APACHE III

생리적 측정값을 조사해서 중증도 점수를 산출해 내는 도구이다. 생리적 측정값은 혈청 알부민, 동맥혈 이산화탄소압, 동맥혈 산소압, 동맥혈 수소이온농도, 혈압, blood urea nitrogen(BUN), 심박동, hematocrit, 의식수준(Glasgow coma scale), 호흡수, 체온, 백혈구수, 혈당 등의 항목을 조사한다. 이와 같은 생리적 측정값은 신체 기능의 가장 일반적이고 기본적인 측정값으로 환자가 곧 사망할 위험이 있는지를 평가하고자 하는 것이다. 가장 핵심적인 생리적 기능을 평가하기 때문에 진단명과 무관하게 중환자실에 입원할 정도로 상태가 중한 모든 성인 환자에게 적용이 가능하다. 그러나 생리적 측정값만으로 사망률을 정확히 예측하기 어렵기 때문에 중증도 점수를 계산할 때

연령별 구분과 7가지의 동반 질환 유무도 평가한다.

5) KDRG

DRG 체계에서는 먼저 주진단명으로 해당 DRG를 구분하고, 그 다음 다른 동반질환(부진단명)의 종류에 따라 동일 DRG 내에서 중증도를 0, 1, 2로 구분한다. DRG 체계에서는 이를 동반질환 및 합병증 등급(comorbidity and complication class)으로 부른다. 본 연구의 대상자는 모두 관상동맥우회술을 받은 경우이므로 해당 DRG는 모두 동일하며, 부상병명들과 관상동맥우회술 외의 주요 처치 및 수술명을 모두 조사하여 중증도를 구분하였다. 본 연구에서는 포괄수가제 시범사업에 사용하고 있는 KDRG를 사용하였다 (Table 1).

4. 자료 분석

중증도 측정 도구의 점수 산출 방식에 따라 중증도 점수를 먼저 구하고, 중증도 점수와 연령, 성별을 독립변수로, 사망여부를 종속변수로 한 다변량 로짓회귀분석을 시행하여 각 환자별로 사망 확률을 구하고, 각 병원별 보정사망률을 산출하였다. PC-SAS 6.12 프로그램을 이용하여 단순사망률과 중증도 보정사망률을 산출하였다.

Table 1. Characteristics of severity measurement methods

name of method	definition of system	pertinent patient population	data requirements	timing of reviews	classification approach
APACHE III	in-hospital mortality, LOS	adults in ICU	values of acute physiologic parameters	admission score - first 24 hr.	integer scores from 0 to 299
Computerized Secerity Index	treatment difficulty	all hospitalized patients	disease-specific clinical factors	admission review - first 24 hr	scores for 1, 2, 3 or 4 for all diseases combined
Disease Staging	complexity, etiology, extent of organ system involvement	all hospitalized patients	disease-specific clinical factors	entire hospitalization	stages 1.0, 2.0 or 3.0
MedisGroups	in-hospital mortality, LOS	all hospitalized patients	key clinical findings	admission review - first 48 hr	probability from 0 to 1
KDRGs	total hospital charges, LOS	all hospitalized patients	computerized discharge abstract	entire hospitalization	three levels(0, 1, 2)

Table 2. Frequency distribution of study population by demographic and medical characteristics (unit: person, %)

Hospital		A	B	C	D	E	F	Total
Age(year)	< 40	4(5.3)	1(1.5)	1(0.8)	0(0.0)	2(2.9)	2(1.4)	10(1.7)
	40-49	9(12.2)	7(10.3)	17(13.4)	9(8.5)	7(10.0)	25(18.0)	74(12.7)
	50-59	27(36.5)	21(30.9)	47(37.0)	33(31.1)	20(28.6)	38(27.3)	186(31.8)
	60-69	27(36.5)	35(51.4)	50(39.3)	46(43.4)	27(38.5)	58(41.8)	243(41.6)
	≥ 70	7(9.5)	4(5.9)	12(9.5)	18(17.0)	14(20.0)	16(11.5)	71(12.2)
	mean age	57.4	59.1	59.1	61.4	60.6	58.9	59.5
Sex	male	54(73.0)	45(66.2)	97(76.4)	76(71.7)	43(61.4)	86(61.9)	401(68.7)
	female	20(27.0)	23(33.8)	30(23.6)	30(28.3)	27(38.6)	53(38.1)	183(31.3)
Operation type*	planned	71(98.6)	54(80.6)	113(89.7)	97(91.5)	32(45.7)	127(91.4)	494(85.2)
	emergency	1(1.4)	13(19.4)	13(10.3)	9(8.5)	38(54.3)	12(8.6)	86(14.8)
Mean LOS** (day)	total	23.8	23.4	32.7	24.2	24.2	32.2	27.8
	survivor	24.3	22.7	33.2	24.2	25.6	31.7	27.9
	pre-OP	8.9	10.1	14.0	10.1	6.9	13.4	10.9
	post-OP	14.9	13.3	18.7	14.1	17.3	20.8	16.9
Total		74(100.0)	68(100.0)	127(100.0)	106(100.0)	70(100.0)	139(100.0)	584(100.0)

* Two cases of 'A' Hospital, one of 'B' and one of 'C' were excluded because of omission of data.

** LOS: length of stay

Table 3. Unadjusted mortality by hospital and demographic characteristics (unit: %)

Hospital		A	B	C	D	E	F	Total
Unadjusted mortality		2.7	2.9	8.7	4.7	15.7	5.8	6.7
Sex	male	1.9	2.2	5.2	4.0	16.3	3.5	5.0
	female	5.0	4.4	20.0	6.7	14.8	9.4	10.4
Age(year)	< 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	40 - 49	11.1	0.0	5.9	11.1	28.6	0.0	6.8
	50 - 59	0.0	0.0	6.4	3.0	10.0	0.0	3.2
	60 - 69	3.7	5.7	14.0	4.4	14.8	10.3	9.1
	≥ 70	0.0	0.0	0.0	5.6	21.4	12.5	8.5

연구결과

1. 조사 대상자의 일반적 특성

대상자의 연령대별 구성은 병원간에 유의한 차이가 없었다. 병원별 평균 연령은 최소 57.4세(A병원), 최대 61.4세(D병원)였으며, 60세 이상 고연령자의 비율이 전체 평균(53.8%)보다 높은 병원은 B, D 및 E병원이었다. 대상자의 성별 구성은 남자가 401명(68.7%), 여자는 183명(31.3%)이었다. 여성의 구성 비율은 B, E와 F병원이 평균보다 높았다.

주요 임상적 특성을 보면, 예정된 수술을 받은 환자가 85.2%였으며 응급수술을 받은 환자가 14.8%였다. 병원별로 응급수술 환자의 비율이 크게 달랐는데 ($p < 0.005$), A병원은 1.4%로 가장 적었고 E병원은 54.3%로 가장 많았다. 조사 대상

자의 평균 재원기간은 27.8일($SD=13.6$, 최소 2, 최대 104)로 해당 병원 입원 환자 전체의 평균 재원기간보다 훨씬 길었다. 병원별로는 C병원(32.7일)과 F병원(32.2일)이 30일 이상으로 가장 길었고, 나머지 병원들은 비슷하였다 (Table 2).

2. 사망률

584명 중 수술 후 병원 내에서 사망한 사람은 39명으로 전체의 사망률은 6.7%였다. A병원이 2.7%로 가장 낮았고, C병원과 E병원은 각각 8.7%, 15.7%로 전체 평균보다 높았다. 남성의 사망률은 5.0%, 여성의 사망률은 10.4%로 여성의 사망률이 훨씬 높았다. E병원을 제외한 모든 병원에서 여성의 사망률이 높았는데, 특히 C병원의 경우 여성의 사망률이 남성에 비해 4배나 높았다. 연령대별로는 40세

미만은 사망자가 한 명도 없었고, 60대가 9.1%로 가장 높았으며 70세 이상이 8.5%, 40대가 6.8%였다. 병원별로는 사망자 수가 적어 대상자 전체와는 다르게 특정 연령대의 사망률만 높게 나오는 양상을 보였다 (Table 3).

3. 중증도 점수

다섯 가지 중증도 측정 도구를 사용하여 조사 대상자들을 평가한 결과는 다음의 Table 4와 같다. MeidsGroups의 경우, 사망 확률이 0.03 이상 0.04 미만이 8.2%로 가장 적었고, 0.01 이상 0.02 미만이 36.0%로 가장 많았다. 전체적으로 사망 확률이 낮은 즉, 중증도가 낮은 환자들이 많고, 중증도가 높은 환자들은 적었다. Computerized Severity Index의 경우 level 2가 70.0%로 대부분을 차지하였고,

Table 4. Severity score distribution by hospital

(unit: person, %)

Hospital		A	B	C	D	E	F	total
MedisGroups	<0.01	28(37.8)	22(32.4)	44(34.7)	26(24.5)	5(7.2)	48(34.5)	173(29.6)
	0.01 ≤ <0.02	28(37.8)	29(42.6)	47(37.0)	45(42.5)	15(21.4)	46(33.1)	210(36.0)
	0.02 ≤ <0.03	13(17.6)	11(16.2)	24(18.9)	17(16.0)	15(21.4)	22(10.8)	102(17.5)
	0.03 ≤ <0.04	3(4.1)	3(4.4)	6(4.7)	10(9.4)	11(15.7)	15(10.8)	48(8.2)
	0.04 ≤	2(2.7)	3(4.4)	6(4.7)	8(7.6)	24(34.3)	8(5.8)	51(8.7)
Computerized Severity Index	1	4(5.4)	3(4.4)	6(4.7)	7(6.6)	3(4.3)	64(46.0)	87(14.9)
	2	64(86.4)	56(82.4)	104(81.9)	63(59.5)	54(77.1)	68(48.9)	409(70.0)
	3	5(6.8)	3(6.8)	12(9.5)	36(33.0)	10(14.3)	7(5.1)	72(12.3)
	4	1(1.4)	6(1.4)	5(3.9)	1(0.9)	3(4.3)	0(0.0)	16(2.7)
Disease Staging	1.1	21(23.4)	21(30.9)	32(25.2)	13(12.3)	4(5.7)	63(45.3)	154(26.4)
	2.1-2.3	0(0.0)	1(1.5)	8(6.3)	5(4.7)	1(1.4)	7(5.0)	22(3.7)
	2.4	48(64.8)	38(55.8)	87(68.5)	87(82.1)	46(65.8)	67(48.2)	373(63.9)
	3.1-3.3	5(6.8)	8(11.8)	0(0.0)	1(0.9)	19(27.1)	2(1.4)	35(6.0)
APACHE III	<15	5(6.8)	4(5.9)	16(12.6)	11(10.4)	5(7.1)	38(27.3)	79(13.5)
	15 ≤ <30	26(35.1)	35(51.4)	83(65.3)	61(57.6)	20(28.6)	75(54.0)	300(51.4)
	30 ≤ <45	20(27.0)	24(35.3)	25(19.7)	24(22.6)	11(15.7)	23(16.6)	127(21.7)
	45 ≤ <60	13(17.6)	5(7.4)	2(1.6)	9(8.5)	12(17.1)	2(1.4)	43(7.4)
	60 ≤	10(13.5)	0(0.0)	1(0.8)	1(0.9)	22(31.5)	1(0.7)	35(6.0)
KDRG	0	61(82.4)	57(83.8)	119(93.7)	104(98.1)	45(64.3)	106(76.3)	492(84.3)
	1	11(14.9)	11(16.2)	8(6.3)	2(1.9)	22(31.4)	26(18.7)	80(13.7)
	2	2(2.7)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	3(4.3)	7(5.0)	12(2.1)

중증도가 높은 3과 4는 각각 12.3% 및 2.7%로 적었다. Disease Staging의 경우 대상자들의 중증도 점수가 1.1, 2.1, 2.2, 2.4, 3.1, 3.2 및 3.3에 해당하는 것으로 조사되었으나, 2.1, 2.3, 3.2, 3.3은 각각 5명 미만으로 매우 적었기 때문에 임상적으로 성격이 비슷한 2.2(2.1과 2.3의 경우)와 3.1(3.2와 3.3의 경우)에 합쳐서 분석하였다. 2.4(unstable angina or Prinzmetal's variant angina)가 373명(63.9%)으로 가장 많았으며, 그 다음 1.1(stable angina, old MI, coronary atherosclerosis, or chronic ischemic heart disease)이 26.4%였다. APACHE III의 경우는 중증도 점수의 전체 평균이 28.7점(SD=16.0, 최소 6, 최대 121)이었으며 15점 이상 30점 미만이 51.4%로 가장 많았고, 60점 이상이 6.0%로 가장 적었다. KDRG의 경우, 중증도 0이 84.3%로 대부분의 환자들이 주요 합병증으로 분류할만한 부상병을 가지고 있지 않은 것으로 나타났다. 중증도 1과 2는 각각 13.7%, 2.1%였다.

중증도 점수대별 분포는 병원간에 다른 양상을 보였다. MedisGroups 측정값의 경우 E병원이 다른 병원들에 비해 중

증도가 높은 환자들이 많았다. 중증도가 가장 높은 0.04 이상의 환자들이 전체의 34.3%로 2.7~7.6%인 다른 병원들에 훨씬 많았다. Computerized Severity Index로 평가한 중증도에서는 F병원이 다른 병원들에 비해 중증도가 가장 낮은 level 1 환자가 많았으며, 중증도가 가장 높은 level 4의 비중은 MedisGroups와 마찬가지로 E병원에서 4.3%로 가장 높았다. Disease Staging에 의한 중증도에서도 F병원은 다른 병원들에 비해 stage 1.1의 비중이 높게 나타나 중증도가 낮은 것으로 나타났다. E병원은 stage 3.1 이상이 27.1%로 다른 병원들에 비해 중증도가 높은 환자들이 많음을 알 수 있었다. APACHE III로 측정된 중증도는 E병원을 제외한 모든 병원에서 15~29점대의 환자들이 가장 많았고, 점수가 높아질수록 환자의 숫자는 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 E병원은 중증도가 가장 높은 60점 이상의 환자가 31.4%로 가장 많아 다른 병원들과 다른 양상을 보였으며, F병원은 중증도가 낮은 15점 미만의 환자들이 27.3%로 다른 병원들에 비해 많았다. KDRG에 의한 중증도는 E병원을 제외한

모든 병원에서 중증도가 가장 낮은 level 0에 속하는 환자들이 70% 이상이었으며, 1과 2는 30% 미만이었다. 그러나 E병원은 level 1과 2가 35.7%로 다른 병원들에 비해 환자들의 중증도가 높은 것으로 나타났다.

다섯 가지 측정도구를 이용하여 중증도를 평가한 결과, 모든 측정도구에서 병원간 환자의 중증도 분포에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 도구별로는 KDRG를 제외한 나머지 4개 도구의 중증도 측정 결과가 비슷한 양상을 보였다. E병원에서 중증도가 높은 환자들의 비중이 가장 컸고, F병원은 중증도가 낮은 환자들의 비중이 가장 컸다.

각 도구별로 측정된 중증도 점수대별로 사망률을 비교한 결과는 다음의 Table 5와 같다. 전체적으로 점수대 구간별로 사망률이 유의하게 달랐으며 일부를 제외하고는 중증도가 높아질수록 사망률이 높아지는 양상을 보였다.

4. 중증도 보정모형의 통계적 적합성

연령, 성과 측정도구별 중증도를 보정하는 모형을 만들고, c 통계량과 R² 값을

Table 5. Mortality by severity score

MedisGroups*		Computerized Severity Index*		Disease Staging*		APACHE III*		KDRG**	
severity	frequency(%)	severity	frequency(%)	severity	frequency(%)	severity	frequency(%)	severity	frequency(%)
<0.01	2.3					<15	5.0		
0.01 ≤ <0.02	3.3	1	3.4	1.1	2.0	15 ≤ <30	4.7	0	5.5
0.02 ≤ <0.03	11.7	2	3.4	2.1-2.3	9.1	30 ≤ <45	6.3	1	11.3
0.03 ≤ <0.04	10.4	3	18.1	2.4	6.7	45 ≤ <60	11.6	2	25.0
0.04 ≤	21.6	4	56.3	3.1-3.3	25.7	60 ≤	22.9		

* p < 0.005 ** p < 0.05

Table 6. Measures of model performance for predicting in-hospital death

	MedisGroups	Computerized Severity Index	Disease Staging	APACHE III	KDRG	age and sex (baseline model)
c-statistic	0.77(0.68)*	0.84(0.75)	0.75(0.66)	0.73(0.62)	0.70(0.60)	0.66(0.57)
R ²	0.18(0.20)	0.18(0.27)	0.07(0.09)	0.09(0.14)	0.04(0.07)	0.02(0.04)

* cross validated measures

Table 7. Mortality in the top two and bottom two deciles by severity measurement method (unit: percentage of patients who died)

decile rank based on predicted probability of death	MedisGroups	Computerized Severity Index	Disease Staging	APACHE III	KDRG
1	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7
2	0.0	1.7	0.0	1.7	3.5
9	6.9	13.8	15.5	10.3	12.1
10	27.1	28.8	17.0	18.6	15.3

Table 8. Severity adjusted inhospital mortality by hospital

(unit: %)

Hospital	A	B	C	D	E	F
MedisGroups	4.6 (1)*	5.5 (3)	4.8 (2)	5.8 (4)	16.1 (6)	6.0 (5)
Computerized Severity Index	4.6 (1)	8.5 (5)	6.7 (3)	8.6 (6)	8.1 (4)	4.7 (2)
Disease Staging	6.7 (4)	7.9 (5)	5.0 (1)	6.3 (3)	11.2 (6)	5.6 (2)
APACHE III	8.7 (5)	6.3 (4)	4.6 (1)	5.5 (3)	14.5 (6)	4.7 (2)
KDRG	6.3 (3)	6.9 (4)	5.3 (1)	5.7 (2)	8.4 (6)	7.9 (5)
unadjusted mortality	2.7 (1)	2.9 (2)	8.7 (5)	4.7 (3)	15.7 (6)	5.8 (4)

* rank of each hospital

구해 각 모형의 통계적 적합성을 평가한 결과는 Table 6과 같다. 전체적으로 c 통계량이 큰 모형이 R² 값도 큰 것으로 나타났다. 다섯 가지 모형 모두 연령과 성만을 포함한 모형에 비해 c 통계량과 R² 값이 더 커서 중증도를 포함한 모형들의 적합성이 더 좋은 것으로 나타났다. 다섯 가지 모형 중 Computerized Severity Index 모형의 c 통계량이 0.84, R²가 0.18로 가장 컸고, KDRG 모형이 c 통계량 0.70, R²는 0.04로 가장 작았다.

조사 대상자들을 숫자가 같게 둘로 나눈 뒤, 한 쪽의 대상자들을 근거로 보정모형을 만들고 이를 다른 쪽 대상자들에게

적용하여 적합성을 평가하는 교차타당검증(cross-validation) 방법으로 적합성을 평가한 결과, c 통계량은 모두 작아지고, R²값은 모두 커졌다. 모형간 적합성 비교에서는 순서에 변화가 없었다. Computerized Severity Index의 c 통계량이 0.75로 가장 컸고, KDRG가 0.60으로 가장 작았다.

각 도구별로 예측 사망률의 크기에 따라 조사대상자의 순위를 부여한 뒤 동일 규모의 10개의 소집단으로 구분하고, 상위 및 하위 2개 소집단의 실제 사망률을 비교함으로써 각 모형의 판별 능력을 검토하였다. 모든 도구에서 상위 10분위의

사망률은 4% 미만이었으며, 하위 10분위의 사망률은 10% 이상으로(MedisGroups는 제외) 상위 10분위의 측정사망률이 하위 10분위의 측정사망률보다 크게 낮아서 판별능력이 양호한 것으로 나타났다(Table 7).

5. 중증도 보정 사망률

도구별로 측정된 중증도 점수를 포함한 로짓회귀모형을 구축하여 환자별 사망 확률을 구하고, 이를 기초로 각 병원의 보정사망률을 구한 결과는 Table 8과 같다. 사망률이 2.7%로 대상 병원 중 가장 낮았던 A병원의 경우, MedisGroups와

Table 9. Mortality Performance Index by hospital

(unit: %)

Hospital	A	B	C	D	E	F
MedisGroups	59.3 (2)*	53.9 (1)	179.6 (6)	82.0 (3)	97.4 (5)	95.2 (4)
CSI**	58.4 (3)	34.7 (1)	128.9 (5)	55.2 (2)	193.4 (6)	122.6 (4)
Disease Staging	40.4 (2)	37.3 (1)	172.7 (6)	74.5 (3)	140.7 (5)	102.6 (4)
APACHE III	31.2 (1)	46.6 (2)	190.0 (6)	86.1 (3)	108.6 (4)	121.5 (5)
KDRG	42.8 (2)	42.4 (1)	162.5 (5)	83.3 (4)	187.7 (6)	72.9 (3)

* rank of each hospital ** Computerized Severity Index

Computerized Severity Index를 이용한 보정사망률은 4.6%로 대상 병원 중 가장 낮았으나 KDRG는 6.3%로 세 번째, Disease Staging은 6.7%로 네 번째, APACHE III는 8.7%로 다섯 번째였다. 그리고 보정한 사망률이 모두 실제 사망률보다 높았다. 사망률이 15.7%로 가장 높았던 E병원은 Computerized Severity Index를 제외한 나머지 도구를 이용한 보정사망률도 대상 병원 중 가장 높게 나타났다. 다섯 가지 도구 중 MedisGroups의 경우에만 보정사망률이 16.1%로 사망률보다 높았고, 나머지 도구에서는 8.1~14.5%로 사망률보다 더 낮았다. C병원은 모든 도구의 보정사망률 값이 사망률보다 낮았으며, B와 D병원은 보정사망률 값이 모두 사망률보다 높았다. F병원은 MedisGroups와 KDRG를 제외하고는 보정사망률이 사망률보다 낮았다. 도구별로는 MedisGroups의 경우 4.6~16.1%, CSI는 4.6~8.6%, Disease Staging은 5.0~11.2%, APACHE III는 4.6~14.5%, KDRG는 5.3~8.4%로 MedisGroups의 경우를 제외하고는 처음의 사망률 2.7~15.7%에 비해 최소값은 커지고, 최대값은 작아지고 범위가 줄어들었다.

6. 병원간 성과 비교

각 병원별 성과를 비교하기 위해서 실제 사망자수를 예측 사망자수로 나눈 MPI(Mortality Performance Index)값을 산출한 결과는 Table 9와 같다. A, B 및 D병원은 다섯 가지 도구 모두에서 MPI 값이 100보다 작았다. 이러한 결과로부터 이들 병원이 나머지 병원들에 비해 상대적으로 성과가 양호하다고 판단할 수 있다. 도구별로 MPI값의 크기에 따라 병원

의 순위를 매긴 결과에서도 B병원은 1위가 네 번, 2위가 한 번으로 가장 성적이 좋았다. 반면에 C와 E병원은 MPI 값이 모두 100 이상(E병원의 Medis Groups 제외)이었으며 순위도 가장 낮았다.

고 찰

본 연구에서 병원별 사망률은 2.7%에서 15.7%로 병원간에 차이가 크게 나타났다. 기존의 연구들에서도 병원간에 관상동맥우회술의 사망률 차이가 큰 것으로 알려져 있다 [10-11,18]. 국내에서 시행한 다른 연구들 [2-6, 15-17]의 결과를 보면, 1.1%에서 13.3%까지 병원과 연도에 따라 큰 차이를 보이고 있으나 점차로 사망률이 감소하는 경향을 보이고 있다. 미국의 경우 전국 단위의 조사에서는 4.1% [19], New York주의 경우 2.7%, 3.5% [20]로 우리 나라에 비해서 낮은 수준임을 알 수 있다. 중증도를 보정한 사망률은 비보정 사망률에 비해 병원간의 차이가 적은 것으로 나타났다. 사망률이 낮았던 병원은 보정사망률이 높아지고, 사망률이 높았던 병원은 보정사망률이 낮아져 병원간 차이가 줄어들었다. 이는 사망률의 병원간 변이 중 일부는 환자의 중증도 분포 차이에 기인하고 있음을 의미한다.

본 연구에서는 중증도 보정 모형의 적합성을 판정하기 위해 c 통계량과 R²를 사용하였다. 양분성 결과(dichotomous outcome)를 예측하는 모형의 성과를 측정하는 가장 적합한 방법에 대해서는 연구자들간에 통일된 결론을 내리기 어렵지만, c 통계량을 성과 측정치의 하나로 반드시 표시해야 한다는 데 대해서는 대

부분이 동의하고 있다 [21]. c 통계량은 ROC 곡선의 아래 면적과 같으며 모형이 생존자와 사망자를 판별할 수 있는 능력을 나타낸다 [22]. R²를 사망과 같은 양분성 결과를 예측하는 모형의 적합성을 평가하는데 사용할 경우, 연속성 결과에 비해 훨씬 그 값이 작게 나오기 때문에 유용성이 떨어진다고 볼 수 있다. 그러나 c 통계량이 비슷해도 R²가 다르게 나오는 경우들이 있어 이를 보조적 평가도구로 활용하였다. 본 연구에서 사용한 중증도 보정 모형의 c 통계량은 0.70~0.84로 기존의 관련 연구 결과와 비교할 때 양호한 수준으로 판단된다. 개심술 환자에 적합하게 만든 위험요인 보정 사망률 모형인 New York CABG 모형의 c 통계량이 0.787, R²는 0.08이었으며 [9,23], Northern New England Cardiovascular Disease Study Group에서 개발한 모형의 c 통계량은 0.76이었다[18]. Iezzoni 등이 여러 가지 중증도 측정 도구를 사용하여 관상동맥우회술 환자의 사망률을 보정한 모형들의 c 통계량은 0.70~0.85, R²는 0.02~0.08이었다 [11].

본 연구에서 사용한 중증도 보정 모형 중에서는 Computerized Severity Index와 MedisGroups 모형의 c 통계량이 가장 크게 나왔다. 이 두 가지 도구는 관상동맥우회술의 위험요인으로 알려진 요인들 중 일부를 중증도 측정 조사항목에 포함하고 있다는 점이 모형의 적합성이 양호하게 나온 이유의 하나로 판단된다. MedisGroups와 Computerized Severity Index는 둘 다 임상정보를 근거로 중증도를 측정하지만 그 중에서도 Computerized Severity Index의 자료 수집과 점수 산출 과정이 상대적으로 간단하고 노력

이 적게 든다.

APACHE III의 경우, 급성심근경색증 [24], 뇌졸중 [25], 폐렴 [26] 등 내과계 중환을 대상으로 연구에서는 모두 c 통계량이 0.80 이상이었으나 관상동맥우회술의 경우, 본 연구(0.73) 뿐만 아니라 Iezzoni 등의 연구에서도 0.72로 낮게 나왔다 [11]. 이는 APACHE III가 중환자실에 입원할 만큼 상태가 위중한 환자를 대상으로 개발된 도구이며 입원 초기(24~48시간)의 환자 상태를 평가한다는 특성 때문인 것으로 판단된다. 실제로 관상동맥우회술 수술을 받은 환자들은 응급수술을 받은 일부 환자들을 제외하고는 중환자실에 입원할 만큼 수술 전의 급성 생리 상태가 심하게 불안정한 환자들이 아니었다. 이러한 사실은 대상병원 중 응급수술 환자가 가장 많았던 E병원에서 APACHE III로 평가했을 때 중증도가 높은 환자들이 특히 많았다는 점에서도 입증된다. 따라서 중증도가 높은 환자에게 적합한 도구인 APACHE III를 관상동맥우회술 환자에게 적용하는 것은 적합하지 않은 것으로 판단된다.

KDRG의 c 통계량과 R² 값이 가장 작았는데, 이는 부상병명, 처치 및 수술명 조사의 어려움으로 인해 KDRG를 이용한 중증도 평가가 정확히 이루어지지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 병원별로 진단명이나 수술 및 처치명을 기재하는 방법과 태도에 큰 차이가 있어서 대부분의 환자가 두 개 이상의 부진단명을 가진 병원이 있는 반면에, 부상병명을 기재한 경우가 거의 없는 병원도 있었다. Iezzoni 등의 연구 [24]에서는 대상자들이 평균 5.9개의 진단명을 가지고 있는 것으로 조사되었으나, 본 연구에서는 2개 이상의 진단명이 기재된 경우는 전체의 23.6%에 불과하였다. 중증도 점수 분포에 있어서도 다른 도구들의 측정 결과에 비해 중증도가 낮은 환자들의 비율이 매우 높게 나왔다. 따라서 KDRG를 이용한 중증도 측정 결과는 실제보다 과소평가된 것으로 판단된다. KDRG는 다른 측정도구에 비해 자료수집이 용이한 장점이 있는 반면, 발생 시점과 무관하게 전체 재원기간 동

안 환자가 가지고 있던 질병이나 상태에 관한 자료를 근거로 평가하기 때문에 수술 후에 발생한, 환자의 중증도에 큰 영향을 미칠 수 있는 주요 사건들(심실세동, 심인성 속 등)까지 평가에 포함시킨다는 약점을 가지고 있다.

중증도 측정 도구의 적용과 효용성은 자료수집 방법과 비용 외에도 도구별로 중증도를 정의하는 방법과 밀접한 관련이 있다[25]. 도구별 특성의 차이에 주의를 기울이지 않고 그 도구에 적합하지 않은 용도에 활용하여 잘못된 결과를 초래하기도 한다. 실제로 사용한 중증도 측정 도구가 달라지면 보정 사망률이 크게 달라지기도 한다. 본 연구에서도 중증도 병원의 성과 비교에 있어 측정도구별로 지표의 값과 병원의 순서가 일부 다르게 나타났다. 중증도 측정 도구의 선택은 일차적으로 자료의 수집 방법에 의해 제한을 받지만 도구가 갖는 임상적 의미와 특성, 모형의 통계적 적합성 등을 함께 고려하여야 한다. 이러한 측면에서 볼 때 본 연구에서 사용한 다섯 가지 측정도구 중 관상동맥우회술 환자에게는 Computerized Severity Index나 MedisGroups가 더 적합한 도구로 판단된다. 그러나 이를 모든 상황에 일률적으로 적용하기는 어려우며 도구의 사용 목적과 여건을 고려하고, 도구의 특성이 이에 적합한지를 면밀히 검토하여 결정해야 할 것이다.

외국의 관련 연구들은 대부분 병원이 제공한 전산화된 자료를 이용하였으나, 우리의 경우 필요한 임상정보가 수록된 전산자료를 병원으로부터 획득하기가 어려워 의무기록 원본을 검토하여 자료를 수집할 수밖에 없었다. 따라서 자료 수집에 시간과 비용이 많이 들어 대상자의 숫자가 외국의 관련 연구에 비해 적었고, 특히 사망률이 낮은 관계로 사망자 숫자가 적어 통계 분석에서 일부 제한점이 있었으며 통계적 안정성을 충분히 확보하지 못하였다.

본 연구에서는 지금까지 개발되어 사용 중인 많은 중증도 측정 도구 중 일부만을 대상으로 하였으며, 관상동맥우회술이라는 특정 환자군만을 대상으로 하였

기에 여러 중증도 측정 도구들에 대한 충분한 비교 평가를 시행하기 어려웠다. 따라서 본 연구만으로 우리 의료 실정에 적합한 중증도 측정도구에 대한 비교연구가 충분하고 보기는 어렵다. 향후 다양한 환자군을 대상으로 여러 측정 도구들의 특성과 타당성을 검토하는 연구들이 필요할 것이다. 기존의 관련 연구 결과들을 참고하고 임상사의들의 충분한 자문을 얻어 관상동맥우회술 사망의 유의한 위험요인들을 추가한 모형을 개발한다면 모형의 적합성이 더 좋아질 수 있을 것이며, 진료의 질 평가와 의료기관의 성과 평가에 대한 관심과 참여를 높이는 데도 효과적일 것이다.

요약 및 결론

6개 병원에서 관상동맥우회술을 받은 환자 584명을 대상으로 사망률과 Medis Groups, Computerized Severity Index, Disease Staging, APACHE III, KDRG의 다섯 가지 중증도 측정도구를 이용한 중증도 보정사망률을 구하고, 병원간 성과를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

다섯 가지 도구를 이용하여 대상자들의 중증도를 평가한 결과, 병원간에 해당 환자들의 중증도 점수의 분포에 유의한 차이가 있었다. 중증도 점수 구간별 사망률을 비교한 결과, 모든 도구에서 점수 구간별로 사망률이 유의하게 달랐으며 중증도가 높아질수록 사망률이 높아지는 양상을 보여 측정 도구의 중증도 판별 능력이 양호하였다. 연령, 성과 중증도 점수를 포함한 사망률 예측 로짓회귀모형의 통계적 적합성을 평가한 결과, 모두 c 통계량이 0.7 이상이었으며 연령과 성만을 포함한 모형에 비해 c 통계량과 R² 값이 더 커서 중증도를 포함한 모형의 적합성이 더 좋은 것으로 나타났다. 다섯 가지 모형 중 Computerized Severity Index 모형의 c 통계량이 가장 컸으며 그 다음 MedisGroups, Disease Staging, APACHE III, KDRG의 순이었다. 중증도 점수를 포함한 로짓회귀모형을 구축하여 환자별 사망확률을 구하고, 이를 기초로 각

병원의 보정사망률을 구한 결과, 병원간 차이가 줄어들었으며 동일 병원에 대해서 측정 도구에 따라 보정사망률이 조금씩 다르게 나타났다. 실제 사망자 수와 예측 사망자 수의 비를 이용한 MPI 값을 산출하여 병원의 상대적인 성과를 평가한 결과, 중증도 측정도구의 종류와 상관 없이 성과가 양호한 병원과 그렇지 못한 병원의 구분이 가능하였다. 병원별 성과의 상대 순위는 중증도 보정 모형의 종류에 따라 조금씩 다르게 나타났다.

본 연구 결과를 통해 중증도 측정 도구 별로 병원별 보정사망률이 조금씩 다르게 나올 수 있으며, 이를 이용하여 의료기관의 성과를 평가하기 위해서는 자료 수집 및 분석의 비용과 편의성, 보정모형의 통계적 적합성, 임상적 의미와 기타 특성 등을 감안하여 가장 적합한 측정도구를 선택해야 한다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- Iezzoni LI. Risk adjustment for measuring health care outcomes, 2nd ed. Ann Arbor: Health Administrative Press: 1997. p. 1-41
- KIM HJ, Lee K, Hwang JJ, et al. The clinical analysis of 32 cases of coronary artery bypass graft. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1992; 25(11): 1369-1375(Korean)
- Kim HJ, Shin JS, Cho SJ, et al. The clinical analysis of 91 cases of coronary artery bypass graft. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1995; 28(5): 453-463(Korean)
- Cho KH, Shim JC, Cho KD, et al. Complications and mortality after coronary artery bypass graft surgery; collective review of 61 cases. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1993; 26(7): 526-531(Korean)
- Choi JB, Kim HK, Lim TK, et al. Early clinical result of coronary artery bypass surgery for ischemic heart disease. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1993; 26(4): 271-275(Korean)
- Park JH, Lee WY, Kim EJ, et al. Early Result of Coronary Artery Bypass Surgery. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1997; 30(2): 158-163(Korean)
- Showstack JA, Rosenfeld KE, Granick DW, Luft HS, Schaffarzick RE. Association of volume with outcome of coronary artery bypass graft surgery. *JAMA* 1987; 257: 785-789.
- Parsonnet V, Dean D, Bernstein AD. A method of uniform stratification of risk for evaluating the results of surgery in adult heart diseases. *Circulation* 1989; 79(suppl 1): I-3-I-12.
- Hannan EL, Kilburn H, O'Donnell JF, Lukacik G, Shields EP. Adult open heart surgery in New York State. *JAMA* 1990; 264: 2768-2774.
- Landon B, Iezzoni LI, Ash AS, Schwarz M, Daley J et al. Judging hospitals by severity-adjusted mortality rates: the case of CABG surgery. *Inquiry* 1996; 30: 155-166.
- Iezzoni LI, Ash AS, Shwartz M, Landon BE, Mackieman YD. Predicting in-hospital deaths from coronary artery bypass graft surgery - do different severity measures give different predictions? *Medical Care* 1998; 36(1): 28-39.
- DesHarnais SI, Forthman MT, Homa-Lowry JM, Wooster LD. Risk-adjusted quality outcome measures: indexes for benchmarking rates of mortality, complications, and readmissions. *Quality Management in Health Care* 1997; 5(2): 80-87.
- Selker HP. Systems for comparing actual and predicting mortality rates: characteristics to promote cooperation in improving hospital care. *Annals of Internal Medicine* 1993; 118(10): 820-822.
- Kassirer JP. The use and abuse of practice profiles. *New Eng J Med* 1994; 330(9): 634-636.
- Yoo KJ, Kang MS, Ko YH, et al. The clinical experiences and long term results with 369 cases of coronary artery bypass graft surgery. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1995; 28(6): 579-582(Korean)
- Kim BY, Park JH, Kang KH, et al. Surgical treatment of coronary artery occlusive disease. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1995; 28(11): 994-1000(Korean)
- Park CR, Lee EB, Chon SH, et al. Risk factors of morbidity and mortality after coronary artery bypass grafting. *Korean J Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1998; 31(12): 1159-1164(Korean)
- O'Connor GT, Plume SK, Olmstead EM, Coffin LH, Morton JR, et al. A regional prospective study of in-hospital mortality associated with coronary artery bypass grafting. The Northern New England Cardiovascular Disease Study Group. *JAMA* 1991; 266(6): 803-809.
- MediQual. National CABG profile. [cited 1997 Dec 15], Available from: URL: <http://www.mediquail.com/library/cabg/general.htm>
- Hannan EL. The decline of coronary artery bypass graft surgery mortality in New York State - the role of surgeon volume. *JAMA* 1995; 273: 209-213.
- Harrel FE, Lee KL, Califf RM, Pryor DB, Rosati RA. Regression modelling strategies for improved prognostic prediction. *Statistics in Medicine* 1984; 108(1): 65-67.
- Iezzoni LI. Risk adjustment for measuring health care outcomes, 2nd ed. Ann Arbor: Health Administrative Press: 1997. p. 432-446
- Green J, Wintfeld N. Report cards on cardiac surgeons: assessing New York State's approach. *New Eng J Med* 1995; 332: 1229-1232.
- Iezzoni LI, Ash AS, Shwartz M, Hughes JS, Daley J, et al. Judging hospitals by severity of adjusted mortality rates: the influence the severity-adjustment method. *Am J Public Health* 1996; 86(10): 1379-87.
- Iezzoni LI, Shwartz M, Ash JS, Hughes JS, Daley J, et al. Using severity-adjusted stroke mortality rates to judge hospitals. *International Journal for Quality in Health Care* 1995; 7(2): 81-94.
- Iezzooni LI, Shwartz M, Ash AS, Hughes JS, Daley J et al. Severity measurement methods and judging hospital death rates for pneumonia. *Medical Care* 1996; 34(1): 11-28.