

Charlson Comorbidity Index를 활용한 고관절치환술 환자의 건강결과 예측

최원호¹⁾, 윤석준²⁾, 안형식²⁾, 경민호²⁾, 김경훈¹⁾, 김경운^{3)†}

고려대학교 대학원 보건학협동과정¹⁾

고려대학교 의과대학 예방의학교실 · 고려대학교 보건대학원²⁾

꽃동네현도사회복지대학교 간호학과^{3)‡}

<Abstract>

The Prediction of Health care Outcome of Total Hip Replacement Arthroplasty Patients using Charlson Comorbidity Index

Won-ho Choi¹⁾, Seok-Jun Yoon²⁾, Hyeong-Sik Ahn²⁾,
Min-Ho Kyung²⁾, Kyung-Hun Kim¹⁾, Kyeong Uoon Kim^{3)‡}

Department of Public Health, The Graduate School of Korea University¹⁾

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Korea University · Graduate School of Public Health, Korea University²⁾

Department of Nursing, Kkottongnae Hyundo University of Social Welfare^{3)‡}

The objectives of the present study is to examine the validity of Charlson Comorbidity Index(CCI) based on medical record data; to utilize the index to determine outcome indexes such as mortality, length of stay and cost for the domestic patients whose have received total hip arthroplasty. Based on medical record date, 1-year Mortality was analyzed to be 0.664 of C statistic. The R² for the predictability for length of stay and the cost was about 0.0181, 0.1842. Fee of national health insurance and total cost

* 투고일자 : 2008년 12월 4일, 수정일자 : 2009년 2월 19일, 게재확정일자 : 2009년 2월 20일

‡ 교신저자 : 김경운(043-270-0172, dragon@kkot.ac.kr)

including the cost not covered by insurance, also had statistically significance above 3 points of Charlson point score($p=0.0290, 0.0472; p \leq 0.05$). The 1-year mortality index, length of stay and cost of the total hip arthroplasty patients which was obtained utilizing CCI have a limitative prediction power and therefore should be carefully analyzed for use.

key words : *Charlson Comorbidity Index(CCI), Total Hip Arthroplasty, Mortality, Length of Stay, Cost*

I. 서 론

동반상병(comorbidities)이 건강결과에 대한 중요한 예측인자로 검증되었으나(Charlson et al., 1987; Sundararaja et al., 2004), 국내의 선행연구들은 동반상병 등의 위험인자를 보정하지 않고 수행하였거나 연구자의 주관적 판단에 따라 동반상병의 유무정도로 측정하였다. 동반상병을 종합적이고 체계적으로 평가하기 위한 여러 방법으로 Charlson Comorbidity Index(CCI), Cumulative illness rating scale(CIRS), Index of Co-existent disease(ICED), Kaplan-Feinstein scale(KFS) 등이 널리 알려져 있다. 이 중 CCI는 의무기록자료에 근거하여 사망예측을 목적으로 개발되었으며 신뢰도와 타당도 또한 충분히 검증되어 의료의 질 평가 연구에서 널리 활용되고 있다(Newschaffer et al., 1997; Kieszak et al., 1999; Birim et al, 2003; Nagel et al, 2004; Yan et al, 2005; Klabunde et al, 2007; SooHoo et al, 2007).

따라서 이 연구는 의무기록자료를 바탕으로 CCI를 활용하여 국내의 고관절치환 수술을 시행 받은 환자의 재원일수, 사망률, 의료비용의 건강 결과지표를 측정하고자 하며, 이 지수(CCI)를 통해 측정된 환자의 동반상병이 얼마나 건강결과를 예측하는지 그 정도를 분석하고자 한다. 구체적 목적으로는 동반상병 측정 대상 자료인 의무기록자료에서 CCI점수에 따른 건강결과를 측정하고 건강결과 예측력을 파악하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 자료수집

2003년 1월부터 2006년 12월까지 이 기간 동안 A병원의 고관절치환 수술을 받은 환자를

대상으로 전수조사를 하였다. 고관절치환술을 받은 354명의 환자 중 재치환수술환자, 교통사고(자동차보험) 및 산업재해(산재보험)환자, 50세미만, 자료 불일치 등을 제외한 197명을 대상으로 하였다.

의무기록조사는 보험청구심사 15년 이상의 경력을 가진 간호사 및 의무기록사에 의해 조사되었고, 환자의 입원과 외래기록을 대상으로 하였다. 조사대상 1명당 평균 20분 정도의 시간이 소요되었다. 조사자와 연구자간에 의견 일치도를 높이기 위해 사전조사를 종료한 후 상호 의견교환을 통하여 연구자의 연구방향을 명확히 인지하도록 교육하였다.

병원내 사망여부는 의무기록조사를 통하여 확인하였고 퇴원 후 환자의 사망여부는 통계청 사망자료 정보를 이용하였다. 통계적 사망 자료에는 환자의 나이, 성별, 사망일자, 사망원인, 사망 장소, 사망진단자, 직업, 혼인, 교육정도 등이 포함되었으나 이 분석에서는 사망원인과 관계없이 사망여부로만 판단하였다.

2. 분석변수

1) 독립변수

독립변수는 의무기록자료에 근거하여 연구대상자 개인별 CCI점수를 0점, 1점, 2점, 3점 이상으로 범주화하여 선정하였고, 건강결과에 영향을 미칠 수 있는 변수 중 성별, 나이는 보정 변수로 하였다. 일반적 특성 중 거주지, 직업, 학력, 보험종류는 건강결과에 직접 영향이 적다는 점에서 제외하였고 음주여부, 흡연여부는 70세 전후의 노인층이어서 대부분 미미하거나 표본수가 부족하여 변수에서 제외하였다.

2) 종속변수

이 연구에서 결과변수는 사망여부, 재원기간, 진료비를 선정하였다. 재원기간은 의무기록자료에서 고관절치환수술일 부터 퇴원일 까지 재원일수로 계산하였다. 진료비는 A병원의 진료비 전산 데이터(OCS)를 이용하여 수술일 부터 퇴원일 까지 발생한 건강보험 급여와 본인 부담 비급여 진료비를 모두 조사하였다.

3. 분석방법

자료 구축 및 통계 분석은 SAS 9.13을 사용하였고, 유의수준 5%하에서 통계적 유의성을 검정하였다. Charlson 동반질환지수 점수는 Quan 등(2005)이 개발한 ICD-10 알고리즘을 사

용하여 측정하였다.

의무기록자료에 근거한 동반질환은 환자의 입원, 외래기록을 조사하여 입원결정 전까지의 과거병력을 관찰하였고, 동반질환을 합병증과 분리하기 위해 수술 이후의 상병은 고려하지 않았다. 관찰된 동반질환은 Charlson 등에 의해 정의된 점수를 질환별로 부여하고, 이 점수들의 합을 0점, 1점, 2점, 3점 이상으로 범주화시켜 분석하였다. 의무기록부 사전조사를 통하여 kappa 통계량으로 조사자간 신뢰도를 평가하고 1년 사망률, 입원일수, 진료비 등의 결과에 대한 예측력을 측정하기 위하여 성별, 나이, Charlson 동반질환점수를 보정한 다항로지스틱 회귀분석(Multiple logistic regression), 다중 회귀분석(Multiple regression)을 사용하였고, 예측력 분석을 위한 기준으로 C통계량 또는 R²를 측정하였다.

III. 연구결과

1. 일반적인 특성

2003년부터 2006년까지 A병원에서 고관절 수술을 받고, 의무기록조사를 완료한 50세 이상의 환자는 197명이었다. 환자의 평균 연령은 73.1세로 70대 환자가 37.1%를 차지하였고, 여성은 146명(74.1%)으로 남자보다 3배 정도 많았다. 고관절수술을 받은 환자의 평균 입원기간은 21.5일, 평균 진료비는 약 640만원이었다. 고관절수술을 받고 1년 내 사망한 환자는 21명(10.7%) 이었다<Table 1>.

<Table 1> The General Characteristics of the Patients

Variable	Category	N(%)
Age(yrs)		73.1±10.1*
	50-59	25(12.7)
	60-69	41(20.8)
	70-79	73(37.1)
	80-89	52(26.4)
	90-99	6(3.1)
Gender	female	146(74.1)
	male	51(25.9)
Length of stay(day)*		21.5±9.1
Cost(won)*		6,414,074 ± 2,014,862
No. of death	1-year	21(10.7)
Total		197

* Values are expressed as mean±std

2. 동반상병 유병률

의무기록자료에서 조사된 17개의 Charlson 동반상병 유병률을 분석하였다<Table 2>. 동반상병 중에서 합병증이 없는 당뇨병환자의 유병률이 18.8%로 가장 높았고 다음으로 뇌혈관질환 10.2%, 치매 8.6% 순으로 높게 측정되었다.

<Table 2> Prevalence of Charlson Comorbidities

Disease	N(%)
Myocardial Infarction	4(2.0)
Congestive heart failure	4(2.0)
Peripheral vascular disease	1(0.5)
Cerebrovascular disease	20(10.2)
Dementia	17(8.6)
Chronic pulmonary disease	2(1.0)
Rheumatologic disease	2(1.0)
Peptic ulcer disease	1(0.5)
Mild liver disease	3(1.5)
Diabetes without chronic complication	37(18.8)
Diabetes with chronic complication	2(1.0)
Hemiplegia or paraplegia	8(4.1)
Renal disease	1(0.5)
Any malignancy, including leukemia & lymphoma	1(0.5)
Moderate or severe liver disease	0(0.0)
Metastatic solid tumor	3(1.5)
AIDS/HIV	0(0.0)

3. 의무기록자료의 결과 예측력

성별과 연령, Charlson 동반질환점수를 보정한 사망, 재원기간, 진료비의 건강결과와 이에 대한 예측력을 비교하였다. 표 3의 CCI점수 분포에서 3점 이상 동반질환을 가진 사람은 24명 이었다.

<Table 3> Distribution of CCI score from medical record data sources

Medical record data(CCI score)						Total
0	1	2	3	4	≥5	
97	59	17	8	9	7	197

1) 사망

의무기록자료의 1년 사망에 대한 예측력을 측정하기 위해 Charlson 동반상병점수와 성별, 연령을 보정하였다.

동반상병점수가 증가할수록 1년 사망에 대한 Odds Ratio(OR)는 증가하는 경향을 보이지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 의무기록자료에서 사망에 대한 예측력 비교 기준값인 C 값이 0.664로 산출되었다<Table 4>.

<Table 4> Predictability for 1-year Mortality

Charlson score	Medical record data	
	OR*(95% CI)	C statistic
1-year mortality		
0	1.000	0.664
1	0.922(0.312-2.725)	
2	1.411(0.270-7.371)	
≥3	1.801(0.425-7.629)	

* Odds Ratio adjusted for age, gender

2) 재원기간

의무기록자료의 성별, 연령, Charlson 동반상병지수(CCI)를 보정한 상태에서 재원기간에 대한 예측력을 측정하였다. 재원기간은 오른쪽으로 치우친 분포를 가지므로 자연로그로 변환한 뒤 분석하였고, 추정된 회귀계수는 원래의 값으로 재변환하였다.

의무기록자료에서 동반질환지수가 1점, 2점, 3점 이상인 환자의 재원일수는 각각 1.05배, 1.04배, 1.16배 증가하지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 모형에서 고려한 성별, 나이,

Charlson 동반질환지수가 재원일수를 설명하는 정도를 나타내는 결정계수(R^2)는 0.0181로 비교적 설명력이 낮았다<Table 5>.

<Table 5> Predictability of Length of Stay (day)

Charlson score	Medical record data			
	Estimate*	s.e.†	Exp (estimate)‡	p-value
0	referent			
1	0.053	0.065	1.054	0.4130
2	0.042	0.102	1.043	0.6803
≥3	0.149	0.090	1.161	0.0984
R^2	0.0181			

* Multiple regression using log-transformed length of stay adjusted age, gender

† Re-transformed estimate

‡ s. e: Standard Error

3) 진료비

성별, 연령을 보정한 상태에서 CCI의 진료비에 대한 예측력을 측정하였다.

의무기록부에서 Charlson 동반상병지수가 증가할수록 1점, 2점, 3점 이상인 환자의 건강보

<Table 6>. Predictability of Cost (Fee of National Health Insurance) (won)

Charlson score	Medical record data			
	Estimate*	s.e.†	Exp (estimate)‡	p-value
0	referent			
1	0.033	0.040	103,325	0.4152
2	-0.035	0.064	96,585	0.5855
≥3	0.122	0.056	113,069	0.0290
R^2	0.1842			

* Multiple regression using log-transformed cost adjusted age, gender

† Re-transformed estimate

‡ s. e: Standard Error

험급여부분 진료비는 각각 103,325, 96,585, 113,069원 증가하였지만, Charlson 동반상병점수가 3점 이상인 경우에만 통계적으로 유의한 결과를 얻었다($p=0.0290$). 나이, 성별, Charlson 동반상병지수가 진료비를 설명하는 정도는 18.42%였다<Table 6>.

비급여를 포함한 총 진료비를 종속변수로 하는 경우 의무기록자료에서는 Charlson 동반질환지수가 1, 2, 3점 이상으로 증가함에 따라 각각 102,295, 103,913, 107,242원 증가하였고, Charlson 점수 3점 이상에서 통계적으로 유의하였다<Table 7>.

<Table 7> Influence of Comorbidity Grade on the Total of Cost with Medical Record Source

(won)				
Charlson score	Medical record data(Total of cost)			
	Estimate*	s.e.†	Exp (estimate)‡	p-value
0	referent			
1	0.023	0.012	102,295	0.1547
2	0.038	0.008	103,913	0.0674
≥3	0.070	0.010	107,242	0.0472
R ²	0.1160.			

* Multiple regression using log-transformed cost adjusted age, gender

† Re-transformed estimate

‡ s. e: Standard Error

IV. 고찰 및 제언

1. 연구방법론에 대한 고찰

동반상병의 측정은 의료서비스 연구에서 가장 일반적으로 평가되고 있는 의료결과로서의, 사망률, 재원일수, 비용, 원내감염, 치료계획 등을 예측하기 위해 발달되어 왔다(Charlson et al., 1987; Elixhauser et al., 1998; Extermann, 2000; Quan et al., 2005). 본 연구에서는 위험도 보정을 위한 동반상병의 측정 방법으로 CCI를 활용하였는데 이는 해외에서 위험도 측정에 가장 많이 활용되어 왔으며, 측정도구에 대한 타당도와 신뢰도가 검증되었다(Birim et al,

2003; Charlson et al., 1987; Kieszak et al., 1999; Klabunde et al., 2007; Nagel et al., 2004; Newschaffer et al., 1997; SooHoo et al., 2007; Yan et al., 2005). 또한 본 연구에서 동반상병을 식별하는 방법으로 동반상병을 보정하여 결과 측정을 시도하는 것이 기존의 연구와 대부분 일치 하였다(Birim et al., 2003; Cristopher et al., 2007; Elixhauser et al., 1998; Farley et al., 2006; Kieszak et al., 1999; Klabunde et al., 2007; Newschaffer et al., 1997; SooHoo et al., 2006; Yan Yan et al., 2005).

2. 연구결과에 대한 고찰

본 연구결과 CCI의 사망예측력이 비교적 낮게 나타난 것은 의무기록부 정리의 충실도와 관련되어 있는 것으로 사료된다. “의무기록과 의료보험 청구명세서의 진단코드 일치에 대한 연구(이건세, 1995)”에 의하면 의무기록보다 청구명세서에 기재된 진단코드의 개수가 많은 것(over-coding)의 비율이 56.2%, 진단코드 일치율은 58.0%(3단수의 제1진단 코드)로 의무기록 작성과정과 청구명세서 작성과정의 분리운영에 기인함을 보고 하였다. 따라서 이로 인한 동반상병의 누락이 발생할 가능성도 배제할 수 없다고 생각된다. 관련된 해외의 선행연구를 살펴보면, Yan 등(2005)의 연구에서 사망위험을 측정할 때 위험보정모형에서 고려한 동반질환 지수(Comorbidity Indices)의 종류에 따라 차이가 있지만 사망 예측력은 의무기록자료(C: 0.75)와 메디케어 청구자료(Medicare claims data)(C: 0.76~0.78)가 비슷하게 보고되었다.

Luithi 등(2007)의 연구와 비교하면 의무기록자료(C: 0.795)와 행정자료(C: 0.863)에서 C통계량은 본 연구에 비하여 다소 높았다. 다른 비교로는 행정자료에서 코딩알고리즘을 평가한 실험 Quan 등(2005)의 연구에서는 0.822~0.870의 예측력을 보였다. 이러한 연구 결과는 CCI의 사망예측력이 질환 종류와 측정대상, 측정방법에 따라서 차이가 있음을 보여 준다. 그리고 본 연구의 동반질환점수에 따른 생존율의 로그순위검정 결과인데, Charlson 점수의 증가에 따라 생존율이 감소하는 양상을 보이지만 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.9842$). 비교연구로 죽음에 임박한 암환자를 대상으로 동반상병의 영향을 분석한 연구의 Kaplan-Meier 생존곡선(Kaplan & Feinstein, 1974)은 CCI 점수증가에 따라 분명한 생존율 차이를 보여주는 데 이와 비교하면, 고관절치환환자가 비교적 만성질환이고, 수술을 받을 정도의 건강을 유지하는 특성을 갖고 있기 때문으로 판단된다.

동반질환이 재원일수에 영향을 주지 않았고, 건강급여 진료비와 비급여를 포함한 총 진료비는 Charlson 점수 3점 이상에서 통계적으로 유의하지만 건강보험급여와 비급여의 포함여부에 따라 신중한 해석이 필요하다. Elixhauser 등(1998)의 연구는 438명의 급성기 성인 입원

환자를 유방암 등 10개의 주진단 환자그룹으로 분류하여 Elixhauser 방법(30개 동반상병)으로 동반상병과 그에 따른 효과를 측정하였는데, 이 연구의 결과는 동반상병에 따라 차이가 있지만 재원일수, 진료비, 병원내 사망률에서 모두 동반상병과 관련이 있었다. 회귀분석에서 재원일수의 결정계수 R^2 는 0.06에서 0.13으로 2배 이상 높았고, 총 진료비에서는 R^2 가 0.18에서 0.26으로 44% 증가하였다. 30개 동반상병 각각에 따른 10개 주 진단그룹의 사망률은 유의하게 보고되었다. 본 연구의 결과와 이러한 차이는 질환의 종류에 따른 차이로 추정된다.

3. 연구의 제한점

1) 연구방법에 대한 제한점

CCI 도구가 가지는 한계점은 1986년 처음 개발할 때 유방암환자를 대상으로 하여 동반상병 환자의 1년 사망률에 대한 Hazard Ratio(HR)값을 산출하여 가중치 점수를 부여한 것에 기인한다. 여기에는 3개의 논의점이 있는데, 유방암환자를 대상으로 산출한 가중치 지표가 다른 질환을 가진 연구대상 환자에도 유효한가와 경과기간의 문제로서 개발한지 20년이 지난 현재에도 유효한가 그리고 1년 사망률에 기초로 하였다는 점이다.

실제로 몇몇의 연구에서는 연구대상의 인종과 상병의 종류에 따라 건강결과를 달리하는 연구가 보고되고 있다. 그리고 20년의 경과기간은 의료 기술의 발전과 유병률의 변화를 갖기에 충분한 기간이다. 다른 연구를 포함하여 본 연구에서도 사망률을 제외한 건강결과(비용, 재원기간 등)는 사망률의 예측력에 비하여 다소 떨어진다는 것을 시사하고 있다.

두 번째로 의무기록자료가 가지는 한계점은 원천자료의 누락과 오류이다. 아직 대다수의 의료기관에는 진단코드 일치율이 낮고, 행위별 수가제도에서의 삭감방지 코드기재, 의사들의 무관심 등으로 정보누락의 한계가 존재할 수 밖에 없는 구조이다(이건세, 1995). 따라서 이러한 한계점은 CCI를 이용한 건강결과의 예측력을 낮게 유도할 가능성이 있다.

세 번째로 연구접근방법에 관한 제한점으로 연구대상자의 수와 추적기간이다. 고관절치환의 질환 특성상 종적연구에 필요한 사망자의 수와 5년 사망률 지표를 평가하기 위해서는 연구대상자의 퇴원 후 추적기간이 5년 이상 확보하여야 했는데 연구대상자 수의 제한으로 1년 사망률로 평가 한 점이다.

네 번째로 자료접근의 제한으로 의료기관의 종별 결과평가와 환자의 특성별 평가를 하지 못하였다.

2) 연구결과에 대한 제한점

첫 번째로 대상자의 평균 연령이 73세이지만 질환의 특성상 고관절치환술을 받을 만큼의 건강한 노인인 점으로 볼 때 동반상병의 심각성을 가진 조건의 환자수가 상대적으로 적기 때문에 최종적이고 결정적인 연구로 보기는 어렵다. 동반상병의 조합과 점수의 크기에 따른 좀 더 분명한 결과평가를 하기 위해서는 더 많은 대상으로 평가가 이루어져야 한다.

두 번째로 의무기록부 조사와 코딩을 하였으나, 고관절수술환자의 CCI점수에 따른 기능평가를 하지 못하였다.

V. 결 론

본 연구의 결과 CCI는 사망 예측력($C=0.664$)을 가지고 있으며 재원일수와 진료비는 건강결과 평가지표로서 설명력이 낮았다. 따라서 고관절치환술환자의 건강결과를 평가하는 지표로서 CCI를 사용하는데 있어서 연구방법에 한계점을 고려하여 신중하게 해석 할 필요가 있다.

향후 CCI 도구의 활용을 위해 몇 가지 제언을 하면 첫째, 외국 선행연구의 예측력을 감안하여 5년 사망률 이상의 종적연구와 외과적 수술이나 다른 질환을 대상으로도 타당도를 검증하여야 그 결과의 예측력을 설명 할 수 있을 것이다. 둘째, 자료의 신뢰도와 타당도를 높이기 위해서는 자료원 및 자료수집 방법도 중요하지만 그 이전 단계에서 의무기록부의 충실도를 향상시키기 위한 노력이 매우 중요하다고 할 수 있다. 셋째, 동반이환이 주로 고령의 연령층에서 누적되기 때문에 종적연구에서는 나이에 따른 보정을 해주어야 한다. 우리나라의 고령화 추세와 노인요양병원의 질 평가 방향성이 제기되고 있는 시기에 CCI 도구를 활용한 결과평가를 위해서는 방법론적으로 추가적인 연구가 더 필요하다고 하겠다.

참고문헌

- 이건세(1995), 의무기록과 의료보험 청구명세서의 진단코드 일치에 대한 연구, 서울대학교 대학원, (박사논문).
- Birim O, Maat AP, Kappetein AP, van Meerbeeck JP, Damhuis RA, Bogers AJ(2003). Validation of the CCI in patients with operated primary non-small cell lung cancer. Eur J Cardiothorac Surg, 23(1): 30-34

- Charlson ME, Pompei P, Ales K, MacKenzie CR(1987). A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chron Dis*, 40(5): 373-383
- Christopher S. Hollenbeak, Brendan C. Stack, Jr, Stephen M. Daley, Jay F. Piccirillo(2007). Using comorbidity indexes to predict costs for head and neck cancer, *Arch Otolaryngol. Head Neck Surg*, 133(1): 24-27
- Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM(1998). Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care*, 36: 8-27
- Extermann M(2000), Measurement and impact of comorbidity in older cancer patients, *Crit Rev Oncol Hematol*
- Farley JF, Harley CR, Devine JW(2006). A comparison of comorbidity measurements to predict healthcare expenditures. *Am J Manag Care*, 12(2): 110-119
- Kaplan MH, Feinstein AR(1974). The importance of classifying initial co-morbidity in evaluating the outcome of diabetes mellitus. *J Chron Dis*, 27: 387-404
- Kieszak SM, Flanders WD, Kosinski AS, Shipp CC, Karp H(1999). A comparison of the CCI derived from medical record data and administrative billing data. *J Clin Epidemiol*, 52: 137-142
- Klabunde CN, Legler JM, Warren JL, Baldwin LM, Schrag D(2007). A refined comorbidity measurement algorithm for claims-based studies of breast, Prostate, Colorectal, and Lung Cancer Patients. *Ann Epidemiol*, 17(8): 584-590
- Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE(1985). APACHE II: A severity of disease classification system. *Crit Care Med*, 13(10): 818-829
- Luthi JC, Troillet N, Eisenring MC, Sax H, Burnand B, Quan H, Ghali W(2007). Administrative data outperformed single-day chart review for comorbidity measure, *Inter J Qual Health Care*, 19(4): 225 - 231
- Nagel, G. Wedding, U. Hoyer, H. Röhrig, B. Katenkamp, D(2004). The impact of comorbidity on the survival of postmenopausal women with breast cancer. *Res Clin Oncol*, 130(11): 664-670
- Newschaffer CJ, Bush TL, Penberthy LT(1997). Comorbidity measurement in lderly female breast cancer patients with administrative and medical records data. *J Clin Epidemiol*, 50(6): 725-733

- Quan H, Sundararajan V, Halfon P, Fong A, Burnand B, Luthi JC, Saunders LD, Beck CA, Feasby TE, Ghali WA(2005). Coding algorithms for defining comorbidities in icd-9-cm and icd-10 administrative data. *Med Care*, 43(11): 1130-1139
- SooHoo NF, Lieberman JR, et al(2007). Factors predicting complication rates following total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*, 88(3): 480-485
- Sundararajan V, Henderson T, Perry C, Muggivan A, Quan H, Ghali WA(2004). New icd-10 version of the CCI predicted in-hospital mortality. *J Clin Epidemiol*, 57(12): 1288-1294
- Yan Y, Deych EB, Radford MJ, Nilasena DS, Gage BF(2005). Comorbidity indices to predict mortality from medicare data: results from the national registry of atrial fibrillation. *Med Care*, 43(11): 1073-1077