

건강보험청구자료에서 동반질환 보정방법

김경훈

건강보험심사평가원

Comorbidity Adjustment in Health Insurance Claim Database

Kyoung Hoon Kim

Health Insurance Review and Assessment Service, Wonju, Korea

The value of using health insurance claim database is continuously rising in healthcare research. In studies where comorbidities act as a confounder, comorbidity adjustment holds importance. Yet researchers are faced with a myriad of options without sufficient information on how to appropriately adjust comorbidity. The purpose of this study is to assist in selecting an appropriate index, look back period, and data range for comorbidity adjustment. No consensus has been formed regarding the appropriate index, look back period and data range in comorbidity adjustment. This study recommends the Charlson comorbidity index be selected when predicting the outcome such as mortality, and the Elixhauser's comorbidity measures be selected when analyzing the relations between various comorbidities and outcomes. A longer look back period and inclusion of all diagnoses of both inpatient and outpatient data led to increased prevalence of comorbidities, but contributed little to model performance. Limited data range, such as the inclusion of primary diagnoses only, may complement limitations of the health insurance claim database, but could miss important comorbidities. This study suggests that all diagnoses of both inpatients and outpatients data, excluding rule-out diagnosis, be observed for at least 1 year look back period prior to the index date. The comorbidity index, look back period, and data range must be considered for comorbidity adjustment. To provide better guidance to researchers, follow-up studies should be conducted using the three factors based on specific diseases and surgeries.

Keywords: Health insurance claim database; Comorbidity adjustment; Comorbidity index; Look back period; Data range

서론

보건의로 연구에서 건강보험청구자료의 가치가 높아지고 있다. 건강보험청구자료와 같은 행정자료는 실제 보건의로 환경을 반영하고, 장기간 추적이 가능하다는 점에서 성과(outcome) 연구, 역학 연구, 약물감시 등 다양한 연구에서 활용되고 있다. 특히 국내에서 공공 데이터 개방정책이 확대됨에 따라 건강보험청구자료를 사용한 연구들이 활성화되고 있다.

건강보험청구자료를 자료원으로 하는 연구들은 대부분 관찰 연구로, 이들 연구에서는 선택 편향과 교란요인을 최소화하기 위한 중증도 보정은 필수과정이다[1]. 중증도 보정은 관심결과에 영향을 주는 요인들을 통제하는 과정으로, 건강보험청구자료에는 연령, 성

별, 수술 여부, 동반질환 등과 같은 후보 보정요인들이 포함되어 있다. 특히 동반질환은 주진단과는 관련이 없으나 합병증과 사망, 재원일수, 진료비 등을 증가시킨다는 점에서 중요한 중증도 보정변수이다. 또한 동반질환은 환자 식별자와 진단명 자료를 사용하여 쉽게 구축이 가능하다는 점에서 건강보험청구자료를 자료원으로 하는 연구에서 필수영역으로 다루어지고 있다.

국내 연구에서는 다양한 접근방법으로 동반질환을 보정하고 있다. 일반적으로 동반질환 보정방법은 기존에 발표된 연구결과를 근거로 임상적 견해 혹은 통계적 검정결과에 따라 유의한 질환만을 선택적으로 보정하는 방법(ad hoc selection)과 동반질환 측정도구를 사용하는 방법이 있다[2]. 전자는 동반질환에 대한 서로 다른 견해 또는 통계적 접근방법으로 연구들 간의 비교가능성이 낮다는

Correspondence to: Kyoung Hoon Kim

Health Insurance Review and Assessment Service, 60 Hyeoksinsin-ro, Wonju 26465, Korea

Tel: +82-33-739-1719, Fax: +82-33-811-7442, E-mail: rudgns112@hiramail.net

*본 연구내용은 건강보험심사평가원의 공식적인 견해가 아님을 밝힌다.

Received: February 2, 2016 / Revised: March 24, 2016 / Accepted after revision: March 25, 2016

© Korean Academy of Health Policy and Management

It is identical to the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permit unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

제한점이 있다[3]. 동반질환 보정에 대한 관심이 높아짐에 따라 Charlson 동반질환지수(Charlson comorbidity index, CCI)와 Elixhauser의 동반질환(Elixhauser's comorbidity measure, ECM)과 같이 동반질환을 종합적으로 평가하고, 다양한 질환에 적용할 수 있는 측정도구를 사용한 연구들이 보고되었다. Jang 등[4]은 골다공증 골절로 처음 의료이용을 한 시점을 기준으로 이전 1년을 추적하여 CCI를 산출하였다. 이 연구에서는 진단명의 정확성을 높이기 위하여 주진단으로 연간 3회 이상 외래를 방문하였거나 2일 이상 입원한 경우에만 동반질환으로 조작적으로 정의하였다. 반면에 Im 등[5]은 환자의 진단명 중 기타 진단만으로 제한하여 뇌졸중 환자의 CCI를 산출하였다. Seo와 Lee [6]는 경피적 관상동맥성형술 환자의 의료보장유형에 따른 입원 서비스 이용 차이를 분석하기 위하여 ECM 방법을 적용하였다. Cho 등[7]은 당뇨 환자의 의료이용 차이를 분석하기 위하여 처음 외래방문 시점을 기준으로 이전 1년간 외래, 입원자료를 사용하여 CCI와 ECM을 산출하였다. 그러나 이 연구들은 동일한 자료원임에도 연구들마다 다양한 접근방법을 사용하여 동반질환을 보정하였다.

건강보험청구자료에서 동반질환 보정방법을 비교한 연구들이 일부 보고되었으나, 동반질환 보정방법을 제한적으로 다루고 있다. Kim [8]은 CCI를 International Classification of Disease, 10th revision (ICD-10)으로 전환한 알고리즘을 비교한 결과, Quan 등[9]이 전환한 알고리즘이 예측력이 높았다고 보고하였다. Kim과 Ahn [2]은 입원시점을 기준으로 1년 동안 동반질환을 관찰하여 CCI를 산출하는 것이 ECM과 선택적 동반질환 보정방법에 비해 경피적 관상동맥 중재술 환자의 병원 내 사망 예측모형에 적절하다고 제시하였다.

동반질환을 보정하기 위해서는 기본적으로 건강보험청구자료의 구조를 이해할 필요가 있다. 즉 진단자료가 어떻게 구성되어 있는지, 진단명은 어떻게 분류되어 있는지, 주진단명과 부진단명을 구분하는 기준이 무엇인지 등을 우선적으로 이해해야 한다. 그리고 건강보험청구자료에 적용할 수 있는 동반질환 측정도구가 무엇인지, 동반질환을 스크린하기 위하여 이전 의료이용을 얼마나 추적할 것인지, 입원과(혹은) 외래내역을 사용할 것인지, 주진단과(혹은) 부진단을 사용할 것인지 등을 연구계획 단계에서 결정해야 한다. 그러나 동반질환 보정에는 다양한 선택사항이 존재하고 이러한 선택사항에 대한 장점과 제한점은 거의 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 동반질환 보정방법을 비교한 기존 연구들을 검토하여 동반질환 보정 시 사전에 고려해야 할 사항을 동반질환 측정도구, 관찰 기간, 자료범위 결정으로 구분하여 제시하였다.

동반질환 보정 시 사전 고려사항

1. 동반질환 측정도구 선정

동반질환 측정도구는 ICD를 토대로 하는 진단기준(diagnosis-

based) 방법과 약제처방 자료를 토대로 하는 처방기준(prescription-based) 방법으로 분류된다. Von Korff 등[10]은 약제처방 자료를 사용하여 동반질환을 산출하는 만성질환점수(chronic disease score, CDS)를 개발하였다. CDS는 약제 사용 정보를 토대로 전문가 논의를 거쳐 17개 질환을 선정하고, 각 질환별로 전문가 합의를 통하여 가중치를 결정하였다. CDS는 진단 과다 혹은 과소 입력 가능성이 있는 진단기준 방법보다 완전하고, 신뢰성이 보장된 도구이다[11]. 그러나 하나의 약제가 둘 이상의 질환에 처방될 가능성이 있고, 새로운 약제가 개발될 경우 매번 갱신해야 하는 제한점이 있다. 또한 처방내역으로부터 진단명으로 역코딩한다는 점에서 시간 소모적이어서 국내에서는 거의 적용되지 않고 있다. 건강보험청구 자료를 사용한 대부분의 국내 연구에서는 CCI [4,5,12-17]와 ECM [6,7,18,19] 같은 진단기준방법들을 적용하고 있어 본 연구에서는 두 측정도구를 비교·설명하였다.

1) Charlson 동반질환지수

CCI는 행정자료에서 가장 널리 사용되고 있는 동반질환 측정도구이다. Charlson 등[20]은 1984년 1개월 동안 뉴욕병원에 입원한 604명 환자의 의무기록을 토대로 1년 사망을 잘 예측하는 19개 질환을 선정하였다. 그리고 각 질환별 상대위험도를 근거로 1, 2, 3, 6 점의 가중치를 부여하였고, 이 가중치의 합이 CCI가 된다. 간질환, 당뇨, 악성 신생물(neoplasm)은 질환의 중증도에 따라 가중치가 다르게 적용된다. 예를 들어 경도의 간질환은 가중치가 1점이며, 중증 간질환은 3점이다. 개발된 CCI는 1962-1969년 코네티컷(Connecticut) 병원에 입원한 유방암 환자 685명 자료를 사용하여 타당도가 검증되었다. 이후 CCI는 다양한 질환과 수술에 적용되어 그 타당성이 입증되었다.

의무기록자료를 토대로 개발된 CCI는 행정자료에 적용하기 위하여 19개 질환을 ICD-9 혹은 ICD-10 코드로 전환하고, 이러한 전환 알고리즘을 비교한 연구들이 보고되었다. Sundararajan 등[21]은 Quan 등[9], Halfon 등[22], Sundararajan 등[23]이 개발한 ICD-10 전환 알고리즘 비교를 통하여 Quan 알고리즘이 결과 예측력이 월등함을 입증하였다. 심근경색증 입원 환자를 대상으로 위 세 알고리즘들을 비교한 Kim [8]의 연구에서도 Quan 알고리즘이 사망 예측력이 높았다. 건강보험청구자료를 사용한 연구들은 건강보험 청구자료의 진단명이 ICD-10 코드로 기록되어 있고 알고리즘 비교 연구결과를 토대로 대부분 Quan 알고리즘을 적용하였다. 반면에 Woo 등[12]은 Sundararajan 알고리즘을 적용하였으나, 그 이유는 명확히 제시되어 있지 않다. CCI를 개발할 당시에는 19개의 동반질환이 선정되었으나, Deyo 등[24]이 ICD-9 코드로 전환하면서 백혈병과 림프종을 비전이형 고형암에 포함시켜 17개 질환으로 축소되었다. 그 뒤 Quan 등[9]은 Deyo의 알고리즘을 토대로 ICD-10 코드로 전환하여 최종적으로 17개 질환을 제시하였다(Table 1). CCI의

Table 1. Lists of Charlson's comorbidities and these weight

Comorbidities	International Classification of Disease, 10th revision code	Original weight	Updated weight
Myocardial infarction	I21.x, I22.x, I25.2	1	0
Congestive heart failure	I09.9, I11.0, I13.0, I13.2, I25.5, I42.0, I42.5-I42.9, I43.x, I50.x, P29.0	1	2
Peripheral vascular disease	I70.x, I71.x, I73.1, I73.8, I73.9, I77.1, I79.0, I79.2, K55.1, K55.8, K55.9, Z95.8, Z95.9	1	0
Cerebrovascular disease	G45.x, G46.x, H34.0, I60.x-I69.x	1	0
Dementia	F00.x-F03.x, F05.1, G30.x, G31.1	1	2
Chronic pulmonary disease	I27.8, I27.9, J40.x-J47.x, J60.x-J67.x, J68.4, J70.1, J70.3	1	1
Rheumatologic disease	M05.x, M06.x, M31.5, M32.x-M34.x, M35.1, M35.3, M36.0	1	1
Peptic ulcer disease	K25.x-K28.x	1	0
Mild liver disease	B18.x, K70.0-K70.3, K70.9, K71.3-K71.5, K71.7, K73.x, K74.x, K76.0, K76.2-K76.4, K76.8, K76.9, Z94.4	1	2
Diabetes without chronic complication	E10.0, E10.1, E10.6, E10.8, E10.9, E11.0, E11.1, E11.6, E11.8, E11.9, E12.0, E12.1, E12.6, E12.8, E12.9, E13.0, E13.1, E13.6, E13.8, E13.9, E14.0, E14.1, E14.6, E14.8, E14.9	1	0
Diabetes with chronic complication	E10.2-E10.5, E10.7, E11.2-E11.5, E11.7, E12.2-E12.5, E12.7, E13.2-E13.5, E13.7, E14.2-E14.5, E14.7	2	1
Hemiplegia or paraplegia	G04.1, G11.4, G80.1, G80.2, G81.x, G82.x, G83.0-G83.4, G83.9	2	2
Renal disease	I12.0, I13.1, N03.2-N03.7, N05.2-N05.7, N18.x, N19.x, N25.0, Z49.0-Z49.2, Z94.0, Z99.2	2	1
Any malignancy including leukemia and lymphoma	C00.x-C26.x, C30.x-C34.x, C37.x-C41.x, C43.x, C45.x-C58.x, C60.x-C76.x, C81.x-C85.x, C88.x, C90.x-C97.x	2	2
Moderate or severe liver disease	I85.0, I85.9, I86.4, I98.2, K70.4, K71.1, K72.1, K72.9, K76.5, K76.6, K76.7	3	4
Metastatic solid tumor	C77.x-C80.x	6	6
Acquired immune deficiency syndrome/ human immunodeficiency virus	B20.x-B22.x, B24.x	6	4

총 점수는 29점이며, 일반적으로 0점, 1점, 2점, 3점 이상으로 구분하여 범주형 변수로 사용되나 CCI 분포에 따라 범주를 구분하여 사용할 수 있다.

CCI가 개발된 이후 행정자료에서 CCI를 적용하는 방법들이 비교되었으며, 특히 가중치 결정에 대한 연구들이 수행되었다. Romano 등[25]은 Charlson 등이 제시한 가중치를 그대로 사용하기 보다는 연구대상 집단에서 재추정한 가중치를 사용하는 것을 추천하였다. 이 방법은 과다추정의 가능성이 있지만, 기존(original) 가중치를 사용할 때보다 예측력이 높다고 보고되었다. Quan 등[26]은 만성질환 관리, 치료와 의료기술의 향상으로 30여 년 전에 개발된 가중치를 갱신할 필요성을 제기하였다. 이들은 캐나다, 프랑스 등 6개국의 자료를 사용하여 1년 사망률 예측을 위한 CCI의 가중치를 갱신하였다(Table 1). 갱신된 지수는 심근경색, 말초혈관 질환, 뇌혈관질환, 소화궤양, 합병증없는 당뇨를 제외한 12개 질환을 포함하고, 1, 2, 4, 6점의 가중치를 부여하여 최대 24점을 가진다.

2) Elixhauser 동반질환

Elixhauser 등[27]은 행정자료를 사용하여 재원기간, 진료비, 병원 내 사망 등을 잘 예측하는 30개 동반질환을 선정하고, 각 질환 별로 ICD-9 코드를 제시하였다(Table 2). 30개 동반질환은 합병증을 동반한 고혈압과 합병증을 동반하지 않는 고혈압을 통합한 개수로, 이를 분리하면 31개 동반질환이 된다. ECM은 1992년 캘리포니아의 438개 급성기 병원에 입원한 환자를 대상으로 개발되었다. ECM은 CCI와 같이 하나의 지수로 환산하지 않고, 각각의 동반질

환을 이분형(binary) 형태로 사용한다. 이후 ECM을 하나의 점수로 환산하는 연구들이 보고되었는데, Dominick 등[28]은 30개 질환에 각각 1점을 부여한 후 합산하는 방법을 제시하였다. Van Walraven 등[29]은 병원 내 사망을 예측하는 다중 로지스틱회귀모형에서 얻은 회귀계수를 사용하여 점수 시스템을 개발하였다(Table 2). 이 시스템은 30개 질환에 부여된 -7점에서 12점까지의 가중치를 합산하여 산출된다. ECM은 Quan 등[9]에 의해 ICD-10 코드로 전환되었다.

3) Charlson 동반질환지수와 Elixhauser의 동반질환 비교

동반질환 측정도구를 비교한 연구들이 보고되고 있으나, 측정도구 선택에 대한 명확한 가이드라인은 없는 상황이다. 모형의 예측력 측면에서 ECM과 CCI를 비교한 대부분의 연구들은 ECM이 결과 예측력이 높다[9,29-36]고 보고하였으나, 일부 연구에서는 차이가 없거나[37-39], CCI가 더 높다[40]고 보고한 연구도 있다. Kim과 Ahn [2]은 경피적 관상동맥중재술 환자를 대상으로 CCI, ECM, 선택적 동반질환 선택방법을 비교한 결과, 세 방법 간에 모형 예측력은 큰 차이가 없고, CCI는 동반질환의 중증도를 반영한다는 점에서 CCI 사용을 추천하였다. 그러나 경피적 관상동맥중재술 환자만을 대상으로 하여 이 결과를 다른 질환과 수술로 확대 적용하기에는 제한이 있다. 건강보험청구자료를 자료원으로 하는 연구들은 ECM보다 CCI를 많이 사용하고 있다. CCI는 정신질환 중에서 치매만을 포함하지만, ECM은 알코올 남용, 약물 남용, 우울증, 정신병과 같은 정신질환을 포괄적으로 포함한다. 그러나 ECM은 자료

Table 2. Lists of Elixhauser's comorbidities and these weight

Comorbidities	International Classification of Disease, 10th revision code	Weight
Congestive heart failure	I09.9, I11.0, I13.0, I13.2, I25.5, I42.0, I42.5-I42.9, I43.x, I50.x, P29.0	7
Cardiac arrhythmias	I44.1-I44.3, I45.6, I45.9, I47.x-I49.x, R00.0, R00.1, R00.8, T82.1, Z45.0, Z95.0	5
Valvular disease	A52.0, I05.x-I08.x, I09.1, I09.8, I34.x-I39.x, Q23.0-Q23.3, Z95.2-Z95.4	-1
Pulmonary circulation disorders	I26.x, I27.x, I28.0, I28.8, I28.9	4
Peripheral vascular disorders	I70.x, I71.x, I73.1, I73.8, I73.9, I77.1, I79.0, I79.2, K55.1, K55.8, K55.9, Z95.8, Z95.9	2
Hypertension, uncomplicated	I10.x	0
Hypertension, complicated	I11.x-I13.x, I15.x	0
Paralysis	G04.1, G11.4, G80.1, G80.2, G81.x, G82.x, G83.0-G83.4, G83.9	7
Neurodegenerative disorders	G10.x-G13.x, G20.x-G22.x, G25.4, G25.5, G31.2, G31.8, G31.9, G32.x, G35.x-G37.x, G40.x, G41.x, G93.1, G93.4, R47.0, R56.x	6
Chronic pulmonary disease	I27.8, I27.9, J40.x-J47.x, J60.x-J67.x, J68.4, J70.1, J70.3	3
Diabetes, uncomplicated	E10.0, E10.1, E10.9, E11.0, E11.1, E11.9, E12.0, E12.1, E12.9, E13.0, E13.1, E13.9, E14.0, E14.1, E14.9	0
Diabetes, complicated	E10.2-E10.8, E11.2-E11.8, E12.2-E12.8, E13.2-E13.8, E14.2-E14.8	0
Hypothyroidism	E00.x-E03.x, E89.0	0
Renal failure	I12.0, I13.1, N18.x, N19.x, N25.0, Z49.0-Z49.2, Z94.0, Z99.2	5
Liver disease	B18.x, I85.x, I86.4, I98.2, K70.x, K71.1, K71.3-K71.5, K71.7, K72.x-K74.x, K76.0, K76.2-K76.9, Z94.4	11
Peptic ulcer disease, no bleeding	K25.7, K25.9, K26.7, K26.9, K27.7, K27.9, K28.7, K28.9	0
Acquired immune deficiency syndrome/ human immunodeficiency virus	B20.x-B22.x, B24.x	0
Lymphoma	C81.x-C85.x, C88.x, C96.x, C90.0, C90.2	9
Metastatic cancer	C77.x-C80.x	12
Solid tumour without metastasis	C00.x-C26.x, C30.x-C34.x, C37.x-C41.x, C43.x, C45.x-C58.x, C60.x-C76.x, C97.x	4
Rheumatoid arthritis/ collagen vascular diseases	L94.0, L94.1, L94.3, M05.x, M06.x, M08.x, M12.0, M12.3, M30.x, M31.0-M31.3, M32.x-M35.x, M45.x, M46.1, M46.8, M46.9	0
Coagulopathy	D65-D68.x, D69.1, D69.3-D69.6	3
Obesity	E66.x	-4
Weight loss	E40.x-E46.x, R63.4, R64	6
Fluid and electrolyte disorders	E22.2, E86.x, E87.x	5
Blood loss anemia	D50.0	-2
Deficiency anemia	D50.8, D50.9, D51.x-D53.x	-2
Alcohol abuse	F10, E52, G62.1, I42.6, K29.2, K70.0, K70.3, K70.9, T51.x, Z50.2, Z71.4, Z72.1	0
Drug abuse	F11.x-F16.x, F18.x, F19.x, Z71.5, Z72.2	-7
Psychosis	F20.x, F22.x-F25.x, F28.x, F29.x, F30.2, F31.2, F31.5	0
Depression	F20.4, F31.3-F31.5, F32.x, F33.x, F34.1, F41.2, F43.2	-3

의 수가 적거나 동반질환 유병률이 낮은 경우 추정이 어려울 수 있고, 동반질환들은 환자 결과에 영향을 주는 정도가 다름에도 동일하다고 가정하게 되는 제한이 있다. 또한 진료비 심사를 목적으로 하는 건강보험청구자료 특성상 미만과 체중 감소 등은 과소 입력되는 경향이 있다. CCI를 선호하는 가장 큰 이유는 행정자료를 자료원으로 하는 연구에서 보편화된 방법이고, 이로 인해 연구 간에 동반질환 비교가 가능하다는 점이다.

2. 동반질환 관찰기간 결정

동반질환 보정에 있어 관찰기간(look back period) 결정 또한 중요한 부분을 차지한다. 동반질환 관찰기간은 환자의 이전 의료이용 내역을 추적하는 기간을 의미하며, 동반질환 유병률과 모형 예측력에 영향을 미친다[1]. 건강보험청구자료에는 환자 식별자가 포함되

어 있어 자료 접근범위 내에서 장기간 추적이 가능하지만, 대부분의 연구에서는 자료 접근성과 임상적 판단을 고려하여 입원 시점 혹은 이전 1년 정도 동반질환을 관찰하였다[4,6,13,14].

관찰기간이 길어질수록 동반질환을 관찰할 기회는 증가하지만 동반질환 보정효과가 감소하여 비용-효과적이지 않다[41]. 따라서 적절한 동반질환 관찰기간을 설정할 필요가 있으나, 아직까지 일치된 연구결과는 없다. Zhang 등[42]은 메디케어 입원 환자 1,387명을 대상으로 관찰기간에 따른 1년 사망 예측모형을 비교한 결과, 동반질환을 1년 동안 관찰한 모형에 비해 2년을 추적한 모형이 예측력이 더 높았다. Lee 등[43]도 동반질환 관찰기간이 길수록 모형 예측력이 높아진다는 것을 입증하였다. 반면에 Wang 등[44]은 3,994명의 유방암 입원환자를 대상으로 관찰기간에 따른 모형 예측력을 비교한 결과 입원시점을 기준으로 이전 6개월까지의 의료이용을

포함하더라도 1년 사망 예측 모형은 의미 있는 결과를 도출하지 못하였다. Chen 등[45]의 연구에서도 입실 중 출혈 환자의 동반질환을 5년까지 추적하더라도 예측력의 차이는 없었다. Dobbins 등[46]은 암 환자를 대상으로 0, 1, 2, 3년 동안의 동반질환 관찰기간을 비교한 결과, 30일 사망, 28일 내 응급입원과 같은 단기 결과 모형은 관찰기간에 따라 예측력의 차이가 없었다. Preen 등[41]은 관심 결과에 따른 적절한 관찰기간을 제시하였는데, 1년 사망 예측모형은 1년 관찰기간이 적절하고, 재입원은 관찰기간이 길수록 모형 예측력이 향상된다고 제시하였다. 동반질환 관찰기간에 따른 모형 예측력을 비교한 국내 연구에서는 관찰기간이 증가함에 따라 모형 예측력은 높아지지만, 이전 1년 동안 동반질환을 관찰한 모형과 비교에서 큰 차이가 없었다[2,8]. 관찰기간에 따른 모형 예측력을 비교한 기존 연구들은 1년을 기준 관찰기간으로 설정하였고, 기준 관찰기간과 관찰기간을 확대한 모형 간에는 예측력의 차이가 없었다. 따라서 모형 예측력을 측면에서 기준 시점(index date)을 기준으로 최소한 1년 이상 동반질환을 관찰하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3. 자료범위 결정

자료범위 결정은 환자의 이전 의료이용 중에서 입원과(혹은) 외래 자료를 대상으로 할 것인지, 주진단과(혹은) 부진단을 대상으로 할 것인지가 해당된다. 이를 결정하기 위해서는 건강보험청구자료의 진단자료를 먼저 이해할 필요가 있다.

건강보험청구자료는 환자의 일반적인 정보, 약제처방자료, 진단자료 등으로 세분화되어 관리되고 있다. 진단 정보는 환자의 일반적인 정보가 기록된 20테이블과 진단 정보만 별도로 기록된 40테이블에 포함되어 있다. 20테이블에는 주진단명과 제1부진단명이, 40테이블에는 주진단을 포함한 모든 진단명이 포함된다. 주진단은 진료기간 중 최종적으로 환자가 진단받은 병태로서 치료나 검사에 대한 요구가 가장 큰 병태로 정의된다[47]. 부진단은 진료기간 중 주진단과 함께 있었거나, 진료기간 중 발생되어 환자 진료에 영향을 준 병태를 의미한다. 건강보험심사평가원이 발간하는 요양급여비용 명세서 작성요령에서 부진단은 중요도 순으로 기재할 것을 제시하고 있으나, 요양기관이 이를 준수하는지는 명확하지 않다. 40테이블에는 상병분류유형코드 변수가 있는데, 주진단, 부진단, 배제 진단을 구분하는 변수이다. 배제 진단은 병태가 의심되어 검사 등을 수행하였으나, 최종 진단을 받지 않은 경우에 해당되므로 배제 진단을 제외하고 동반질환을 구축해야 한다. 청구명세서에 기록된 진단명의 수는 진료비 청구시스템에 따라 다르다. 요양기관에서 전자문서교환방식(electronic data interchange)을 통하여 진료비를 청구하는 경우에는 주진단 1개, 부진단과 배제 진단을 합하여 39개까지 입력이 가능하다. 2011년부터 적용된 포털(portal)로 청구한 경우에는 주진단 1개 외에 부진단과 배제 진단 입력 개수는 제한이 없다.

건강보험청구자료를 사용한 대부분의 연구에서는 입원과 외래 자료를 모두 사용하여 동반질환을 관찰하였다[4,7,12,14]. 반면에 Woo 등[12]은 비교적 진단의 정확성이 높은 입원자료만을 사용하여 동반질환을 관찰하였으나, 당뇨와 고혈압과 같은 외래 중심 질환을 관찰하지 못한다는 제한점이 있다. 자료범위에 따른 모형 예측력을 비교한 연구[32,40,48]에서는 입원과 외래 자료를 모두 사용하면 모형 예측력이 높아진다고 보고하였다. Kim [8]은 심근경색증 환자를 대상으로 자료범위에 따른 병원 내 사망 모형의 예측력을 비교한 결과, 입원자료만을 사용한 모형과 입원과 외래자료를 모두 사용한 모형의 예측력은 유의한 차이가 없었다. 그리고 주진단과 모든 진단을 사용한 모형 간에도 예측력의 차이가 없어 입원자료의 주진단명과 제1부진단명을 사용하여 동반질환을 관찰하는 것이 효율적임을 제시하였다. 건강보험청구자료를 사용한 기존 연구에서는 주진단과 부진단의 범위를 제한하지 않으나, Jang 등[4]은 주진단만으로 제한한 반면에 Im 등[5]은 부진단으로 제한하였다. 이는 건강보험청구자료의 제한점으로 지적되는 진단의 부정확성을 보완하는 방법이나, 자료범위의 축소로 중요한 진단을 누락시킬 가능성이 있다.

행정자료에서 진단의 정확성은 모형 예측력에 영향을 미치므로 [1], 진단코드의 타당도를 높이기 위한 노력이 요구된다. 기존 연구에서는 진단의 부정확성을 반영하기 위한 대안으로 주진단만으로 제한하거나, 동일한 진단이 연간 입원 2일 이상 또는 외래 3회 이상 방문한 경우로 제한하였다[4]. 그러나 이러한 접근방법은 경험적 판단에 근거한 방법으로 진단의 부정확성 문제를 완전히 해결할 수는 없다. Bang 등[49]은 건강보험청구자료의 진단명 과소 입력을 보완하는 방법으로 처방자료와 연계하는 방안을 검토하였다. 그 결과, 처방자료와 연계한 방법은 진단명을 사용하여 CCI와 ECM을 산출하는 방법에 비해 예측력은 향상되나, 그 차이는 상대적으로 작았다고 보고하였다. 따라서 동반질환은 입원과 외래 자료를 사용하고 배제 진단을 제외한 모든 진단을 사용하여 별도의 조작적 정의없이 관찰하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 이는 동반질환이 과대 추정될 가능성은 있지만 동반질환임에도 동반질환이 아니라고 간주하는 오류를 최소화할 수 있다[2].

결론

보건의료 연구에서 건강보험청구자료의 활용 가치가 높아짐에 따라 다양한 방법론을 적용한 연구들이 보고되고 있다. 특히, 동반질환 보정은 다양한 선택사항이 존재하고 이러한 선택사항에 대한 정보가 거의 알려져 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 동반질환 보정방법과 관련된 비교 연구들을 검토하여 동반질환 보정 시 고려할 사항들을 동반질환 측정도구, 관찰기간, 자료범위로 구분하여 제시하였다.

동반질환 측정도구에는 진단기준 방법과 처방기준방법이 있으나, 진단기준방법은 건강보험청구자료에서 적용이 용이하다는 점에서 많이 사용되고 있다. CCI와 ECM은 대표적인 진단기준 측정도구로 암, 심혈관질환 등 다양한 질환과 수술에 적용되어 그 타당성이 입증되었다. 특히, CCI는 질환별로 가중치가 부여되어 동반질환 중증도를 반영한다는 점에서 행정자료에서 보편적으로 활용되고 있다. ECM은 정신질환을 비롯한 다양한 질환이 포함되어 있다는 장점이 있다. 두 측정도구는 CCI 가중치 갱신 연구, ECM의 종합지수 개발 연구 등 지속적으로 보완되고 있다. 그러나 위 도구들은 국내 보건의로 환경과는 다른 국가에서 개발되었다는 제한점이 있다. 이에 Kil 등[50]은 국내 환자를 대상으로 한국형 동반질환 측정도구인 아산동반질환지수(Asan comorbidity index, ACI)를 개발하였다. ACI는 사망에 영향을 주는 20개 동반질환으로 구성되며, 위험비(hazard ratio)를 기준으로 각 질환별로 1-4점까지의 가중치가 부여되어 있다. 그러나 ACI는 비교적 최근에 개발되어 다양한 질환과 수술을 대상으로 그 타당성이 검증되지 않아 사용에는 제한이 있다. 동반질환 측정도구들마다 장단점이 있으므로 연구목적에 고려하여 측정도구를 선택할 필요가 있다. 즉, 관심결과 예측 모형 개발을 목적으로 한다면 CCI를, 다양한 동반질환과 결과 간에 관련성을 분석한다면 ECM 사용이 적절하다.

동반질환 관찰기간을 비교한 연구들을 검토한 결과, 관찰기간이 길어질수록 동반질환 유병률은 증가하지만 모형 예측력은 큰 차이가 없었다. 그리고 비교 연구의 대상과 자료원이 상이하여 적절한 관찰기간에 대한 일치된 결과를 보이지 않았다. 건강보험청구자료를 사용한 연구들은 대부분 1년을 동반질환 관찰기간으로 설정하였는데, 이는 자료 접근 가능성과 기존 연구를 토대로 설정된 것으로 판단된다. 관찰기간을 비교한 연구들은 대부분 1년을 기준으로 비교하였는데, 관찰기간이 증가하면 모형 예측력은 향상되나 그 차이는 크지 않았다. 동반질환은 연구대상이 아닌 질환 중에서 관심결과에 영향을 주는 질환으로 정의되므로 CCI와 ECM 산출 시 연구대상 질환을 제외하고 동반질환을 산출해야 한다. 그리고 관찰기간 설정에서 중요하게 다뤄져야 할 사항은 동반질환과 합병증 구분이다. 건강보험청구자료는 입원 시 진단명(present on admission)과 같은 질환 발생 시점에 대한 정보가 없어, 기록된 진단명이 입원 이전에 발생했는지, 입원 중에 발생했는지 알 수 없다. 동반질환을 합병증과 구분하고 중증도 보정변수는 연구 기준시점 이전의 환자 특성으로 제한된다는 점을 고려할 때 동반질환은 연구 기준시점에 기록된 진단명을 제외한 이전 의료이용 자료를 사용하여 구축해야 한다. 따라서 모형 예측력을 고려할 때 동반질환은 연구 기준시점에 기록된 진단명을 제외한 이전 진단 자료를 최소한 1년 이상 관찰할 필요가 있다.

자료범위는 자료 접근 정도에 따라 결정될 수 있으나 건강보험청구자료는 환자의 모든 진단 자료가 공개된다는 점에서 적절한 자료

범위 결정이 요구된다. 기존 연구들을 검토한 결과 동반질환 관찰기간처럼 자료범위가 확대될수록 동반질환 유병률이 증가하지만 모형 예측력은 크게 향상되지 않았다. 국내 연구들은 연구자의 판단과 자료 접근 정도에 따라 자료범위를 결정하였다. 자료범위는 진단의 정확성을 높이기 위하여 입원자료와 주진단명으로 제한할 수 있으나, 당뇨, 고혈압과 같은 중요한 동반질환을 누락시킬 가능성도 있다. 또한 특정 질환으로 인한 입원과 외래 일수를 제한하거나 약제 처방자료를 보완하여 진단의 정확성을 높일 수 있으나 모형 예측력 측면에서는 크게 향상되지 않았다. 환자의 동반질환 유병률이 주요 연구목적이라면 엄격한 정의를 적용할 수 있다. 그러나 사망과 같은 결과 예측모형 개발이 주요 연구목적이라면 별도의 조작성 정의 없이 건강보험청구자료의 입원과 외래에 기록된 모든 진단명을 사용하더라도 모형 예측력은 큰 차이가 없다고 할 수 있다.

본 연구에서는 동반질환 보정 시 고려할 사항들을 동반질환 측정도구, 관찰기간, 자료범위로 구분하여 제시하였다. 이러한 고려사항들은 자료의 접근성보다는 연구목적에 우선적으로 고려하여 결정할 필요가 있다. 특히 관찰기간과 자료범위는 동반질환 보정에서 중요하게 다뤄지지 않고 있고 연구들마다 다양하게 적용되고 있다. 일부 연구에서 모형 예측력 측면에서 관찰기간과 자료범위를 비교하였으나 특정 질환과 수술을 대상으로 확대 적용하기에는 제한이 있고 그 결과 또한 일치하지 않았다. 따라서 다양한 질환과 수술을 대상으로 관찰기간과 자료범위를 비교하는 연구들이 수행될 필요가 있다. 또한 동반질환은 진단자료를 토대로 하므로 입원 시 진단명 도입과 진단명 정확성을 보장하기 위한 노력이 요구된다.

REFERENCES

1. Iezzoni LI. Risk adjustment for measuring health care outcomes. 3rd ed. Chicago (IL): Health Administration Press; 2003.
2. Kim KH, Ahn LS. A comparative study on comorbidity measurements with Lookback period using health insurance database: focused on patients who underwent percutaneous coronary intervention. *J Prev Med Public Health* 2009;42(4):267-273. DOI: <http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2009.42.4.267>.
3. Klabunde CN, Potosky AL, Legler JM, Warren JL. Development of a comorbidity index using physician claims data. *J Clin Epidemiol* 2000; 53(12):1258-1267. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356\(00\)00256-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356(00)00256-0).
4. Jang S, Park C, Jang S, Yoon HK, Shin CS, Kim DY, et al. Medical service utilization with osteoporosis. *Endocrinol Metab* 2010;25(4):326-339. DOI: <http://dx.doi.org/10.3803/enm.2010.25.4.326>.
5. Im JH, Lee KS, Kim KY, Hong NS, Lee SW, Bae HJ. Follow-up study on mortality in Korean stroke patients. *J Korean Med Assoc* 2011;54(11):1199-1208. DOI: <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2011.54.11.1199>.
6. Seo EW, Lee KS. Difference in healthcare utilization for percutaneous transluminal coronary angioplasty inpatients by insurance types: propensity score matching analysis. *Health Policy Manag* 2015;25(1):3-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.4332/kjhp.2015.25.1.3>.
7. Cho SJ, Chung SH, Oh JY. Differences between diabetic patients' tertiary

- hospital and non-tertiary hospital utilization according to comorbidity score. *Health Policy Manag* 2011;21(4):527-540. DOI: <http://dx.doi.org/10.4332/kjhpa.2011.21.4.527>.
8. Kim KH. Comparative study on three algorithms of the ICD-10 Charlson comorbidity index with myocardial infarction patients. *J Prev Med Public Health* 2010;43(1):42-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2010.43.1.42>.
 9. Quan H, Sundararajan V, Halfon P, Fong A, Burnand B, Luthi JC, et al. Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data. *Med Care* 2005;43(11):1130-1139. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlr.0000182534.19832.83>.
 10. Von Korff M, Wagner EH, Saunders K. A chronic disease score from automated pharmacy data. *J Clin Epidemiol* 1992;45(2):197-203. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356\(92\)90016-g](http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356(92)90016-g).
 11. Sloan KL, Sales AE, Liu CF, Fishman P, Nichol P, Suzuki NT, et al. Construction and characteristics of the RxRisk-V: a VA-adapted pharmacy-based case-mix instrument. *Med Care* 2003;41(6):761-774. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlr.0000064641.84967.b7>.
 12. Woo HK, Park JH, Kang HS, Kim SY, Lee SI, Nam HH. Charlson comorbidity index as a predictor of long-term survival after surgery for breast cancer: a nationwide retrospective cohort study in South Korea. *J Breast Cancer* 2010;13(4):409-417. DOI: <http://dx.doi.org/10.4048/jbc.2010.13.4.409>.
 13. Kim KH, Lee SM, Paik JW, Kim NS. The effects of continuous antidepressant treatment during the first 6 months on relapse or recurrence of depression. *J Affect Disord* 2011;132(1-2):121-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jad.2011.02.016>.
 14. Kim MG, Kim K. Factors affecting health care utilization in patient with lung cancer. *Perspect Nurs Sci* 2013;10(1):52-64.
 15. Lee CH, Hyun MK, Jang EJ, Lee NR, Kim K, Yim JJ. Inhaled corticosteroid use and risks of lung cancer and laryngeal cancer. *Respir Med* 2013;107(8):1222-1233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2012.12.002>.
 16. Lee S, Ryu JH, Kim H, Kim KH, Ahn HS, Hann HJ, et al. An assessment of survival among Korean elderly patients initiating dialysis: a national population-based study. *PLoS One* 2014;9(1):e86776. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086776>.
 17. Shin DW, Cho J, Yang HK, Park JH, Lee H, Kim H, et al. Impact of continuity of care on mortality and health care costs: a nationwide cohort study in Korea. *Ann Fam Med* 2014;12(6):534-541. DOI: <http://dx.doi.org/10.1370/afm.1685>.
 18. Kim DY, Lee KS. A study on the effects of percutaneous transluminal coronary angioplasty and pediatric heart surgery on the differences of risk-adjusted length of stay and in-hospital death for coronary artery bypass graft patients. *Korean J Health Serv Manag* 2014;8(4):47-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.12811/kshsm.2014.8.4.047>.
 19. Suh HS, Kang HY, Kim J, Shin E. Effect of health insurance type on health care utilization in patients with hypertension: a national health insurance database study in Korea. *BMC Health Serv Res* 2014;14(1):570. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12913-014-0570-9>.
 20. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis* 1987;40(5):373-383. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681\(87\)90171-8](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681(87)90171-8).
 21. Sundararajan V, Quan H, Halfon P, Fushimi K, Luthi JC, Burnand B, et al. Cross-national comparative performance of three versions of the ICD-10 Charlson index. *Med Care* 2007;45(12):1210-1215. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/mlr.0b013e3181484347>.
 22. Halfon P, Eggi Y, van Melle G, Chevalier J, Wasserfallen JB, Burnand B. Measuring potentially avoidable hospital readmissions. *J Clin Epidemiol* 2002;55(6):573-587. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356\(01\)00521-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356(01)00521-2).
 23. Sundararajan V, Henderson T, Perry C, Muggivan A, Quan H, Ghali WA. New ICD-10 version of the Charlson comorbidity index predicted in-hospital mortality. *J Clin Epidemiol* 2004;57(12):1288-1294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2004.03.012>.
 24. Deyo RA, Cherkin DC, Ciol MA. Adapting a clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative databases. *J Clin Epidemiol* 1992;45(6):613-619. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356\(92\)90133-8](http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356(92)90133-8).
 25. Romano PS, Roos LL, Jollis JG. Adapting a clinical comorbidity index for use with ICD-9-CM administrative data: differing perspectives. *J Clin Epidemiol* 1993;46(10):1075-1079. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356\(93\)90103-8](http://dx.doi.org/10.1016/0895-4356(93)90103-8).
 26. Quan H, Li B, Couris CM, Fushimi K, Graham P, Hider P, et al. Updating and validating the Charlson comorbidity index and score for risk adjustment in hospital discharge abstracts using data from 6 countries. *Am J Epidemiol* 2011;173(6):676-682. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwq433>.
 27. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care* 1998;36(1):8-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-199801000-00004>.
 28. Dominick KL, Dudley TK, Coffman CJ, Bosworth HB. Comparison of three comorbidity measures for predicting health service use in patients with osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2005;53(5):666-672. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/art.21440>.
 29. Van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Med Care* 2009;47(6):626-633. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0b013e31819432e5>.
 30. Stukenborg GJ, Wagner DP, Connors AF Jr. Comparison of the performance of two comorbidity measures, with and without information from prior hospitalizations. *Med Care* 2001;39(7):727-739. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-200107000-00009>.
 31. Southern DA, Quan H, Ghali WA. Comparison of the Elixhauser and Charlson/Deyo methods of comorbidity measurement in administrative data. *Med Care* 2004;42(4):355-360. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlr.0000118861.56848.ee>.
 32. Kurichi JE, Stineman MG, Kwong PL, Bates BE, Reker DM. Assessing and using comorbidity measures in elderly veterans with lower extremity amputations. *Gerontology* 2007;53(5):255-259. DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000101703>.
 33. Chu YT, Ng YY, Wu SC. Comparison of different comorbidity measures for use with administrative data in predicting short- and long-term mortality. *BMC Health Serv Res* 2010;10(1):140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6963-10-140>.
 34. Lieffers JR, Baracos VE, Winget M, Fassbender K. A comparison of Charlson and Elixhauser comorbidity measures to predict colorectal cancer survival using administrative health data. *Cancer* 2011;117(9):1957-1965. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/cncr.25653>.
 35. Mnatzaganian G, Ryan P, Norman PE, Hiller JE. Accuracy of hospital morbidity data and the performance of comorbidity scores as predictors of mortality. *J Clin Epidemiol* 2012;65(1):107-115. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2011.03.014>.
 36. Sharabiani MT, Aylin P, Bottle A. Systematic review of comorbidity indices for administrative data. *Med Care* 2012;50(12):1109-1118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0b013e31825f64d0>.
 37. Austin PC, van Walraven C, Wodchis WP, Newman A, Anderson GM. Using the Johns Hopkins Aggregated Diagnosis Groups (ADGs) to predict mortality in a general adult population cohort in Ontario, Canada.

- Med Care 2011;49(10):932-939. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0b013e318215d5e2>.
38. Machnicki G, Pinsky B, Takemoto S, Balshaw R, Salvalaggio PR, Buchanan PM, et al. Predictive ability of pretransplant comorbidities to predict long-term graft loss and death. *Am J Transplant* 2009;9(3):494-505. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-6143.2008.02486.x>.
 39. Gagne JJ, Glynn RJ, Avorn J, Levin R, Schneeweiss S. A combined comorbidity score predicted mortality in elderly patients better than existing scores. *J Clin Epidemiol* 2011;64(7):749-759. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.10.004>.
 40. Li P, Kim MM, Doshi JA. Comparison of the performance of the CMS Hierarchical Condition Category (CMS-HCC) risk adjuster with the Charlson and Elixhauser comorbidity measures in predicting mortality. *BMC Health Serv Res* 2010;10(1):245. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6963-10-245>.
 41. Preen DB, Holman CD, Spilbury K, Semmens JB, Brameld KJ. Length of comorbidity lookback period affected regression model performance of administrative health data. *J Clin Epidemiol* 2006;59(9):940-946. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2005.12.013>.
 42. Zhang JX, Iwashyna TJ, Christakis NA. The performance of different lookback periods and sources of information for Charlson comorbidity adjustment in Medicare claims. *Med Care* 1999;37(11):1128-1139. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-199911000-00005>.
 43. Lee DS, Donovan L, Austin PC, Gong Y, Liu PP, Rouleau JL, et al. Comparison of coding of heart failure and comorbidities in administrative and clinical data for use in outcomes research. *Med Care* 2005;43(2):182-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005650-200502000-00012>.
 44. Wang PS, Walker A, Tsuang M, Orav EJ, Levin R, Avorn J. Strategies for improving comorbidity measures based on Medicare and Medicaid claims data. *J Clin Epidemiol* 2000;53(6):571-578. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356\(00\)00222-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0895-4356(00)00222-5).
 45. Chen JS, Roberts CL, Simpson JM, Ford JB. Use of hospitalisation history (lookback) to determine prevalence of chronic diseases: impact on modelling of risk factors for haemorrhage in pregnancy. *BMC Med Res Methodol* 2011;11(1):68. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-11-68>.
 46. Dobbins TA, Creighton N, Currow DC, Young JM. Look back for the Charlson Index did not improve risk adjustment of cancer surgical outcomes. *J Clin Epidemiol* 2015;68(4):379-386. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2014.12.002>.
 47. Health Insurance Review and Assessment Service. Health insurance claim data analysis manual for evidence-based health care. Wonju: Health Insurance Review and Assessment Service; 2015.
 48. Baldwin LM, Klabunde CN, Green P, Barlow W, Wright G. In search of the perfect comorbidity measure for use with administrative claims data: does it exist? *Med Care* 2006;44(8):745-753. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlr.0000223475.70440.07>.
 49. Bang JH, Hwang SH, Lee EJ, Kim Y. The predictability of claim-data-based comorbidity-adjusted models could be improved by using medication data. *BMC Med Inform Decis Mak* 2013;13(1):128. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6947-13-128>.
 50. Kil SR, Lee SI, Khang YH, Lee MS, Kim HJ, Kim SO, et al. Development and validation of comorbidity index in South Korea. *Int J Qual Health Care* 2012;24(4):391-402. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/intqhc/mzs027>.