

ICD-10을 이용한 ICISS의 타당도 평가

김 윤, 정구영¹⁾, 김창엽, 김용익, 신영수

서울대학교 의과대학 의료관리학교실, 이화대학교 의과대학 응급의학과¹⁾

Validation of the International Classification of Diseases 10th Edition Based Injury Severity Score(ICISS)

Yoon Kim, Ku-Young Jung¹⁾, Chang-Yup Kim, Yong-Ik Kim, Youngsoo Shin

Department of Health Policy and Management, Seoul National University College of Medicine
Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Ewha University¹⁾

Objective : To compare the predictive power of International Classification of Diseases 10th Edition(ICD-10) based International Classification of Diseases based Injury Severity Score(ICISS) with Trauma and Injury Severity Score(TRISS) and International Classification of Diseases 9th Edition Clinical Modification(ICD-9CM) based ICISS in the injury severity measure.

Methods : ICD-10 version of Survival Risk Ratios(SRRs) was derived from 47,750 trauma patients from 35 Emergency Centers for 1 year. The predictive power of TRISS, the ICD-9CM based ICISS and ICD-10 based ICISS were compared in a group of 367 severely injured patients admitted to two university hospitals. The predictive power was compared by using the measures of discrimination(disparity, sensitivity, specificity, misclassification rates, and ROC curve analysis) and calibration(Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit statistics), all calculated by logistic regression procedure.

Results : ICD-10 based ICISS showed a lower performance

than TRISS and ICD-9CM based ICISS. When age and Revised Trauma Score(RTS) were incorporated into the survival probability model, however, ICD-10 based ICISS full model showed a similar predictive power compared with TRISS and ICD-9CM based ICISS full model. ICD-10 based ICISS had some disadvantages in predicting outcomes among patients with intracranial injuries. However, such weakness was largely compensated by incorporating age and RTS in the model.

Conclusions : The ICISS methodology can be extended to ICD-10 horizon as a standard injury severity measure in the place of TRISS, especially when age and RTS were incorporated in the model. In patients with intracranial injuries, the predictive power of ICD-10 based ICISS was relatively low because of differences in the classifying system between ICD-10 and ICD-9CM.

Korean J Prev Med 1999;32(4):538-545

Key Words: Trauma, ICISS, ICD-10, Injury Severity Score, Validity

서론

외상환자 중증도 평가도구는 외상진료 체계(trauma care system)의 구축, 평가 및 질향상과 외상 예방 등에 매우 유용하게 활용될 수 있다(Champion 등, 1995). 대표적인 외상환자 중증도 평가도구로는 ISS(Injury Severity Score) 및 TRISS(Trauma and Injury Severity Score)와 ASCOT(A Severity Characterization of Trauma)이 있다(Copes 등, 1988; Boyd 등, 1990; Champion 등, 1990a; Champion 등, 1990b; Champion 등, 1995). TRISS나 ASCOT를 적용하기 위

해서는 AIS(Abbreviated Injury Scale)에 근거하여 외상환자자료를 수집하는 체계가 전제되어야 한다. TRISS나 ASCOT는 표준적인 중증도 평가도구로서 정립되었음에도 불구하고 자료수집에 많은 비용과 노력이 소요되기 때문에 널리 확산되지 못하고 있다(Shapiro 등, 1994). 이들 도구가 개발한 미국에서도 전체 외상환자의 20% 미만에서 대해서만 평가가 이루어지고 있으며, 영국과 호주, 뉴질랜드 등에서도 소수의 병원에서 연구 목적으로 운영되고 있다(McDermott, 1994). 우리 나라에서도 일부 대학병원에서 몇 차례 연구가 이루어졌을 뿐이다(임

경수 등, 1992; 고영관 등, 1994; 문성하와 정경석, 1994; 신준섭과 정구영, 1996).

우리 나라와 같이 응급의료자원이 빈약한 곳에서는 타당도가 높으면서도 손쉽게 적용할 수 있는 대안의 외상환자 중증도 평가도구가 필요하다. 이러한 시도의 일환으로 최근 개발된 것이 ICISS(International Classification of Diseases 9th Edition based Injury Severity Score)이다(Rutledge 등, 1993; Rutledge, 1995; Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Osler 등, 1998; Rutledge와 Osler, 1998; Rutledge 등, 1998). ICISS는 병원에서 일상적으로 생성되는 국제표준질병사인분류코드(International Classification of

Diseases, ICD)를 이용하여 외상환자 사망확률을 평가하는 도구이다. 기존 연구에서 ICISS의 예측타당도는 ISS와 TRISS에 비해 우수했다(Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Rutledge 등, 1998). 하지만 ICISS는 원래 ICD-9CM(ICD 9th Edition Clinical Modification)에 근거하여 개발되었기 때문에, 우리나라에서 이를 적용하기 위해서는 ICD-10(ICD 10th Edition)을 이용한 ICISS의 타당도가 검증되어야 한다.

본 연구는 둔상환자에서 외상환자 중증도 평가도구인 ICD-10을 이용한 ICISS(ICD-10 based ICISS)의 예측타당도를 평가하고자 하였다. 이를 위하여 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측타당도를 ISS 및 TRISS와 ICD-9CM을 이용한 ICISS(ICD-9CM based ICISS)와 비교하였다. 이와 함께 두개내 손상군(intracranial injury)과 비두개내 손상군(non-intracranial injury)에서 이들 모형의 예측타당도를 비교함으로써 ICD-9CM과 ICD-10간 코드체계의 차이가 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측타당도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

연구방법

1. 조사 대상

2개 대학병원에서 TRISS 방법론을 적용한 기존 연구자료를 대상으로 ICISS 방법론을 적용하여 이들 외상환자의 중증도를 독립적으로 평가하였다. 이들 기존 연구자료에서 관통상(penetrating injury)의 비중이 매우 낮았기 때문에, 본 연구에서는 둔상(blunt injury)만을 조사 대상으로 하였다. A병원의 자료는 1994년 3월에서 1995년 2월까지 1년 동안 해당 병원 응급실 내원 환자 중 미국외과학회의 외상센터 이송기준을 충족하는 중증외상환자들을 대상으로 한 것이었다(신준섭과 정구영, 1996). A 병원의 조사 대상 환자 수는 약 288례였으며, 이 중 진료결과를 확인할 수 없었던 환자 7례와 의무기록을 구할 수 없었던 환자 44례를

제외한 237례를 조사하였다. B 병원의 자료는 1996년 1월 1일부터 1996년 8월 30일까지 응급실을 경유하여 입원한 외상환자를 대상으로 작성된 것이었다. 이 자료에서 중증도가 높은 환자를 선정하기 위하여, ISS 10점 이상인 147명을 본 연구의 조사대상으로 선정하였다. 이 중 응급환자가 아니었던 환자 6례와 의무기록을 구할 수 없었던 11례를 제외한 130례를 조사하였다. 본 연구의 조사대상 환자 수는 모두 367례였다.

ICD-10과 ICD-9CM 코드체계의 차이가 ICISS의 사망확률 예측타당도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 전체 둔상환자를 두개내 손상과 비두개내 손상으로 구분하였다. ICD-9CM의 경우 ICD-10과 달리 두개내 손상에 대해서는 의식소실 기간에 따라 코드가 세분되어 있으며, 이들의 상병코드별 기대생존확률(Survivor Risk Ratio, SRR)에 큰 차이가 있기 때문이었다(Osler 등, 1996). 또한 이들 상병코드가 흔히 발생하는 질환이었기 때문이었다. 다음과 같은 ICD-9CM 코드가 있는 환자를 두개내 손상군으로 정의하였다. 800(두개골의 골절, fracture of vault of skull), 801(두개저의 골절, fracture of base of skull), 803(기타 두개골 골절, other and unqualified skull fracture), 804(두개골 및 안면골을 침범하는 다발성 골절, multiple fractures involving skull or face with other bones), 850(뇌진탕, concussion), 851(뇌열상 및 좌상, cerebral laceration and contusion), 852(외상성 지주막하, 경막하 및 경막외 출혈, subarachnoid, subdural, and extradural hemorrhage following injury), 853(기타 외상성 두개내 출혈, other and unspecified intracranial injury following injury), 854(기타 두개내 손상, intracranial injury other and unspecified nature) 이었다.

2. 자료 수집

병원 근무경력 5년 이상인 의무기록사 2인을 조사자로 활용하였다. 외상환자의 의무기록을 검토하여 상병코드, RTS

(Revised Trauma Score), 사망 여부를 조사하였다. 상병코드는 ICD-9CM 및 ICD-10 코드를 최대 10개까지 조사하였다. Osler 등(1996)의 연구에 의하면 분석에 포함되는 외상환자의 ICD9-CM 수를 10개까지 증가시켜 나감에 따라 사망확률 예측타당도가 대수적으로 향상되는 것으로 나타났다. 진료결과는 생존과 사망으로 구분하였다. 이들 조사자들간의 일치도(inter-rate reliability)는 별도로 평가하지 않았다.

3. 기존 중증도 평가도구

본 연구에서는 ICISS의 사망확률 예측능력을 기존에 정립된 사망확률 예측도구인 ISS 및 TRISS와 비교함으로써 ICISS의 예측타당도를 평가하고자 하였다.

1) RTS

RTS는 외상환자의 중증도를 평가하는 대표적인 생리학적 지표로서 두부손상환자의 의식상태를 평가하는 데 사용되는 GCS(Glasgow Coma Scale)와 수축기혈압, 호흡수를 이용하여 산출된다. RTS는 두부손상환자에서 중증도를 정확하게 평가할 수 있고, 사용이 간편하다는 장점이 있다. RTS의 계산식은 다음과 같다(Table 1 참조).

$$RTS = 0.9368(GCS) + 0.7326(\text{수축기 혈압}) + 0.2908(\text{호흡수})$$

2) ISS

ISS는 외상환자의 중증도를 평가하는 대표적인 해부학적 지표이다. 이는 신체 부위별로 외상의 유형별로 중증도를 점수화한 AIS(Abbreviated Injury Scale) 목록을 이용하여 산출된다. 이는 신체 부위별 AIS 점수 중 상위 3가지 점수의 제곱합으로 계산된다. 일반적으로 ISS 점수 16 이상을 중증외상환자라고 간주한다. ISS는 각 신체부위별로 가장 큰 AIS 점수를 3개까지만 사용하기 때문에 신체부위별 외상의 상대적인 중요도를 잘 반영하지 못한다는 단점이 있다(Champion et al., 1995).

Table 1. Revised Trauma Score

Coded Value	GCS	Systolic Blood Pressure	Respiration Rate
4	13 - 15	>89	10-29
3	9 - 12	76-89	>29
2	6 - 8	50-75	6-9
1	4 - 5	1-49	1-5
0	3	0	0

$$SRR_{ICD(i)} = \frac{\text{Number of patients that survived with ICD diagnosis } i}{\text{Number of patients with ICD diagnosis } i} \times 100$$

SRR_{ICD(i)}: SRR for each ICD diagnosis i

Figure 1. Calculation of survival risk ratios(SRRs).

$$ICISS = SRR_{inj(1)} \times SRR_{inj(2)} \dots \times SRR_{inj(10)}$$

* SRR_{inj(1-10)} : SRR for the patient's each injury

Figure 2. Calculation of an individual patient's ICISS for survival.

• $ISS = AIS(1)^2 + AIS(2)^2 + AIS(3)^2$

3) TRISS

TRISS는 외상환자의 중증도를 평가하는 데 있어서 생리학적인 지표인 RTS와 해부학적 손상지표인 ISS, 연령 변수를 이용한 로짓회귀분석모형(logistic regression model)을 구축함으로써 외상환자의 생존확률을 예측하는 도구이다. TRISS에 의한 외상환자 생존확률은 다음과 같은 식에 의하여 계산된다. 환자의 연령이 55세 이상인 경우 사망확률이 더 높기 때문에, 아래 식에서 55세 이상인 경우는 Age=1이 되고, 55세 미만인 경우는 Age=0이 된다.

• $P_s = 1/(1+e^b)$

• $b = b_0 + b_1(RTS) + b_2(ISS) + b_3(Age)$

4. ICISS

ICISS는 국제표준질병분류코드를 이용하여 외상환자의 중증도를 평가하는 도구이다. 본 연구에서는 Osler 등(1996)의 연구방법론에 따라 상병코드별 기대생존확률 데이터베이스를 구축한 후, 외상환자별 ICISS 기대생존확률을 구하였다.

1) 상병코드별 기대생존확률

상병코드별 기대생존확률은 특정 상병코드를 가진 외상환자의 기대생존확률을

경험적으로 산출한 것이다. 이는 특정 상병코드를 가진 생존환자수를 특정 상병코드를 가진 전체 외상환자수로 나눈 것이다(Fig. 1).

(1) ICD-9CM 상병코드별 기대생존확률
ICD-9CM을 이용한 ICISS의 예측타당도를 평가하기 위하여 노스캐롤라이나 외상환자등록자료(North Carolina Trauma Registry)를 이용하여 구축된 ICD-9CM 상병코드별 기대생존확률을 이용하였다(Rutledge 등, 1997). 이는 1987년 10월 1일부터 1996년 7월 1일 사이에 노스캐롤라이나주 8개 외상센터(trauma center)와 4개 의과대학병원에 입원하거나 응급실 내에서 사망한 총 89,827명의 외상환자에 대한 자료이다. 외상환자는 ICD-9CM 800.00-959.9에 해당하는 환자로 정의되었다.

(2) ICD-10 상병코드별 기대생존확률
1996년 1년 동안 우리 나라 35개 응급의료센터에 입원한 외상환자 47,750명의 의무기록 전산자료를 이용하여 ICD-10 상병코드별 기대생존확률을 산출하였다. 외상환자는 ICD-10 코드가 S와 T에 해당하는 -동상(T33-T356), 중독(T36-T65), 외인의 기타 및 상해 불명의 영향(T66-T78), 달리 분류되지 않은 외과적 및 내과적 처치의 합병증(T80-T88)은 제외- 환자로 정의하였다. 응급의료센터 외

상환자 전산자료의 외상상병코드는 87,698개로 환자 1인당 평균 1.8개의 상병코드가 발생하였다. 사망환자 수는 1,178명으로 사망률은 2.5%였다.

2) ICISS 기대생존확률

ICISS 기대생존확률은 특정 외상환자 상병코드의 상병코드별 기대생존확률 값의 곱으로 정의되며(Fig. 2), 이는 Levy (1982)와 Goldberg(1984)의 방법론에 따른 것이다. ICISS는 ISS와는 달리 ICISS 값 자체가 특정 환자의 기대생존확률 값이며, 이는 0과 1사이의 값을 갖는다.

5. 자료 분석

1) 예측타당도 평가지표

사망확률 예측모형의 타당도는 생존환자 및 사망환자 판별능력(measures of discrimination)과 자료가 모형에 적합한 정도(measures of calibration)로 평가된다(Hanley와 McNeil, 1982; Ash와 Schwartz, 1994). 사망확률 예측모형의 생존환자 및 사망환자 판별능력을 평가하는 지표로는 생존군과 사망군간 기대생존확률의 차이(disparity), 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 오분류율(misclassification rate), ROC 곡선하의 면적(area under the Receiver Operating Characteristic curve)을 사용하였다. ROC 곡선하의 면적은 무작위로 선정된 생존자의 생존확률이 무작위로 선정된 사망환자의 생존확률에 비하여 높을 가능성을 의미한다. ROC 곡선은 민감도와 1-특이도를 이용하여 그리며, ROC 곡선하의 면적은 생존 또는 사망 사건의 이환율(prevalence)에 영향을 받지 않는다. ROC 곡선하의 면적은 0.5에서 1사이의 값을 가지며 1은 완전한 예측능력을 의미한다. 두 모형의 ROC 곡선하의 면적을 비교하기 위하여 예측능력향상도(absolute performance gain)를 이용하였다(Lett 등, 1995). ROC 곡선하의 면적의 기본 값(null value)이 0.5이기 때문에 예측능력향상도는 두 모형간 ROC 곡선하의 면적의 차이에 2를 곱한 값이다.

사망확률 예측모형의 적합도(goodness-of-fit)를 판정하는 지표로는 Hosmer-

Lemeshow 통계량을 이용하였다(Ash와 Schwartz, 1994; Champion 등, 1996). Hosmer-Lemeshow 검정은 기대사망확률에 따라 구분된 각 층별 기대 사망자(생존자) 수와 실제 사망자(생존자) 수를 비교하여 모형의 적합도를 판정하는데, 그 값이 15.5 이하일 경우 통계적으로 적합한 것으로 간주한다. 기대생존확률 0.5 이상인 환자를 생존환자로 0.5 미만인 환자를 사망환자로 분류하였다.

2) ICD-10을 이용한 ICISS의 예측 타당도

ISS 및 TRISS, ICD-9CM을 이용한 ICISS, ICD-10을 이용한 ICISS 각각에 대하여 독립적인 로짓회귀분석모형(logistic regression model)을 구축한 후, 여기서 산출된 기대사망확률의 예측타당도를 비교하였다. 첫 단계로 ICD-10을 이용한 ICISS와 ISS, ICD-9CM을 이용한 ICISS의 예측타당도를 비교하였다. 다음 단계로 ICISS에 RTS, 연령을 포함시킨 ICISS 확장모형(full model)을 구축하여, ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형과 TRISS, ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도를 비교하였다.

연구 결과

1. 조사대상자의 특성

본 연구의 조사대상환자는 두개내 손상이 184례, 비두개내 손상이 183례로 모두 367례였다(Table 2). 전체 환자의 평균 연령은 32세였으며, RTS 평균은 6.5, ISS 평균은 17.9, 사망률은 21.3%였다. 비두개내 손상군에 비하여 두개내 손상군의 중증도가 높았다. 두개내 손상군의 경우 RTS 평균은 5.9, ISS 평균은 22.2, 사망률은 32.1%였으며, 비두개내 손상군의 경우 RTS 평균은 7.0, ISS 평균은 13.6, 사망률은 10.4%였다.

2. ICISS와 ISS

전체 둔상환자군에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측타당도는 ISS와 ICD-9CM을 이용한 ICISS에 비하여 낮았다(Table 3). 이들 중 ICD-9CM을 이

Table 2. Characteristics of study population(average values)

	Intracranial (n=184)	Non-intracranial (n=183)	All Blunt (n=367)
Age	33.2	30.9	32.0
RTS	5.9	7.0	6.5
ISS	22.2	13.6	17.9
Mortality(%)	32.1	10.4	21.3

Table 3. ISS and ICISS performance comparisons

	ISS	ICD-9CM based ICISS	ICD-10 based ICISS
All Blunt Injury(n=367)			
Disparity	0.245*	0.378	0.194
Sensitivity(%)	43.6	56.4	38.5
Specificity(%)	97.2	97.9	94.1
Misclassification rate(%)	14.2	10.9	17.7
ROC analysis	0.892	0.909	0.843
Hosmer-Lemeshow Statistic	9.3813 (p=0.2264)	12.891 (p=0.1156)	5.1471 (p=0.7417)
Intracranial Injury(n=184)			
Disparity	0.230*	0.428	0.131
Sensitivity(%)	55.9	64.4	40.7
Specificity(%)	91.2	96.8	88.0
Misclassification rate(%)	20.1	13.6	27.2
ROC analysis	0.887	0.915	0.760
Hosmer-Lemeshow Statistic	10.949 (p=0.2046)	29.04 (p=0.0003)	4.8988 (p=0.7683)
Non-intracranial Injury(n=183)			
Disparity	0.210*	0.200	0.248
Sensitivity(%)	15.8	47.4	42.1
Specificity(%)	99.4	98.2	98.2
Misclassification rate(%)	9.3	7.1	7.7
ROC analysis	0.854	0.888	0.874
Hosmer-Lemeshow Statistic	14.0000 (p=0.0818)	8.5036 (p=0.3859)	2.9995 (p=0.9344)

* Standardized value: (ISS of survivors - ISS of Nonsurvivors)/75

용한 ICISS의 예측타당도가 가장 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS의 오분류율은 17.7%로 ISS(14.2%)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS(10.9%)에 비하여 각각 3.5%, 6.8% 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS의 ROC 곡선하의 면적은 0.843으로 ISS(0.892)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS(0.909)에 대한 예측능력향상도는 각각 -9.8%, -13.2%였다. 이들의 Hosmer-Lemeshow 통계량은 모두 15.5보다 작아서 사망확률 예측모형의 적합성은 통계적으로 수용 가능한 수준이었다. 이들 중 ICD-10을 이용한 ICISS의 Hosmer-Lemeshow 통계량이 5.1471로 가장 작아 모형의 적합도가 가장 우수했다.

둔상환자군을 두개내 손상 여부에 따

라 구분하여 분석한 결과, ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도는 두개내 손상군에서는 크게 낮아진 반면 비두개내 손상군에서는 ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도는 크게 높아졌다. 두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 오분류율은 27.2%로 ISS(20.1%) 및 ICD-9CM을 이용한 ICISS(13.6%)에 비하여 각각 7.1%, 13.6% 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS의 ROC 곡선하의 면적은 0.760으로 ISS(0.887)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS(0.915)에 대한 예측능력향상도는 각각 -25.4%, -31.0%였다. 하지만 비두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 예측타당도는 ISS에 비해 우수하였으며, ICD-9CM을 이용한 ICISS에 비해서는 약간 낮은 수준이었다.

비두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 오분류율은 7.7%로 ISS에 비해서는 1.6% 낮은 수준이었으며, ICD-9CM을 이용한 ICISS에 비해서는 0.6% 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS의 ROC 곡선하의 면적은 0.874로 ISS(0.854)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS(0.888)에 대한 예측능력향상도는 각각 4.0%, -2.8%였다.

3. ICISS 확장모형과 TRISS

ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형과 TRISS, ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 사망확률 예측타당도를 비교하였다 (Table 4). 전체 둔상환자군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도는 TRISS 및 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형에 비해 여전히 낮았으나, 그 차이는 ISS와 ICD-9CM을 이용한 ICISS, ICD-10을 이용한 ICISS간의 차이에 비하여 크게 감소하였다. 이들 중 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도가 가장 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 오분류율은 8.7%로 ISS(7.6%), ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(5.2%)에 비하여 각각 1.1%, 3.5% 낮은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 ROC 곡선하의 면적은 0.956으로 ISS(0.958)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(0.976)에 대한 예측능력향상도는 각각 -0.4%, -4.0%였다.

둔상환자군을 두개내 손상 여부에 따라 구분하여 분석한 결과, ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도는 두개내 손상군에서 낮아진 반면 비두개내 손상군에서는 높아졌다. 두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형과 TRISS 및 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형간의 차이는 ISS와 ICD-9CM을 이용한 ICISS, ICD-10을 이용한 ICISS간의 차이에 비하여 크게 감소하였다. 두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 오분류율은 12.0%로 TRISS(10.3%) 및 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(9.2%)에 비하여 각각

Table 4. TRISS and ICISS full model performance comparisons

	TRISS	ICD-9CM based ICISS full model	CD-10 based ICISS full model
All Blunt Injury(n=367)			
Disparity	0.644	0.737	0.627
Sensitivity(%)	75.6	82.1	73.1
Specificity(%)	96.9	98.3	96.2
Misclassification rate(%)	7.6	5.2	8.7
ROC analysis	0.958	0.976	0.956
Hosmer-Lemeshow Statistic	3.4055 (p=0.9064)	7.7377 (p=0.4595)	7.2944 (p=0.5052)
Intracranial Injury(n=184)			
Disparity	0.684	0.769	0.629
Sensitivity(%)	79.7	84.7	76.3
Specificity(%)	94.4	96.0	93.6
Misclassification rate(%)	10.3	7.6	12.0
ROC analysis	0.959	0.976	0.943
Hosmer-Lemeshow Statistic	4.9476 (p=0.7632)	9.0528 (p=0.3379)	3.417 (p=0.9055)
Non-intracranial Injury(n=183)			
Disparity	0.511	0.626	0.596
Sensitivity(%)	57.9	57.9	63.2
Specificity(%)	98.2	98.8	98.2
Misclassification rate(%)	6.0	5.5	5.5
ROC analysis	0.938	0.979	0.970
Hosmer-Lemeshow Statistic	2.9285 (p=0.9388)	0.9676 (p=0.9984)	3.6177 (p=0.8899)

1.7%, 4.4% 높은 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 ROC 곡선하의 면적은 0.943으로 ISS(0.959)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(0.976)에 대한 예측능력향상도는 각각 -3.2%, -6.6%였다. 하지만 비두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도는 TRISS에 비해 우수하였으며, ICD-9CM을 이용한 ICISS에 비해서는 약간 낮은 수준이었다. 비두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 오분류율은 5.5%로 TRISS(6.0%)에 비해 0.5% 낮은 수준이었으며, ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(5.5%)과는 동일한 수준이었다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 ROC 곡선하의 면적은 0.970으로 ISS(0.938)와 ICD-9CM을 이용한 ICISS 확장모형(0.979)에 대한 예측능력향상도는 각각 6.4%, -1.8%였다.

고 찰

전체 둔상환자에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측타당도는 ISS에

비하여 약간 낮은 수준이었다(생존환자와 사망환자의 평균생존확률의 차이 = 0.194 vs. 0.245, 오분류율 = 17.7% vs. 14.2%, ROC 곡선하의 면적 = 0.843 vs. 0.892). 이러한 예측타당도의 차이는 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형과 TRISS간의 비교에서는 크게 감소하였다 (생존환자와 사망환자의 평균생존확률의 차이 = 0.627 vs. 0.644, 오분류율 = 8.7% vs. 7.6%, ROC 곡선하의 면적 = 0.956 vs. 0.958).

두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측타당도는 ISS에 비하여 크게 낮은 수준이었다. 하지만 이러한 연령과 RTS를 모형에 포함시킨 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형과 TRISS간의 예측타당도의 차이는 ICD-10을 이용한 ICISS와 ISS간의 차이에 비하여 크게 감소하였다. 두 모형간 예측타당도의 차이는 오분류율의 경우 7.1%에서 1.7%로, ROC 곡선하의 면적의 예측능력향상도는 -25.4%에서 -3.2%로 감소하였다. 비두개내 손상군에서 ICD-10을 이용한 ICISS 및 ICISS 확장모형의 예측

타당도는 ISS 및 TRISS에 비해 우수하였다. ICD-10을 이용한 ICISS의 오분류율은 ISS에 비해서는 1.6% 낮은 수준이었으며, ROC 곡선하의 면적의 예측능력향상도는 4.0%였다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 오분류율은 TRISS에 비해 0.5% 낮은 수준이었으며, ROC 곡선하의 면적의 예측능력향상도는 6.4%였다.

본 연구에서 두개내 손상군에서 ICD-9CM을 이용한 ICISS 사망확률 예측모형을 제외한 모든 모형에서의 Hosmer-Lemeshow 통계량은 15.5 이하였으며, 이는 모형의 적합도가 통계적 유의한 수준임을 의미한다. 본 연구의 조사대상이 367명으로 기존 연구에 비해 매우 작았던 것도 모형의 적합도 판정에 영향을 미쳤을 것이다. Hosmer-Lemeshow 검정은 표본의 수가 적을수록 모형이 적합한 것으로 판정하는 경향이 있기 때문이다.

이러한 본 연구의 결과는 둔상환자에서 ICD-9CM에 근거하여 개발한 ICISS 방법론의 적용범위가 ICD-10을 이용하는 데까지 확장될 수 있음을 의미한다. ICD-10을 이용한 ICISS 단독으로는 적어도 비두개내 손상에서 중증도 평가도구로 사용될 수 있을 것이다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형은 TRISS를 대신하여 전체 둔상환자에 대한 표준적인 중증도 평가도구로 사용될 수 있을 것이다. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형을 구축하기 위해서는 의무기록에서 생체징후를 별도로 조사해야 하지만 이는 TRISS를 적용하기 위하여 AIS 코드를 조사하는 것에 비하여 훨씬 적은 노력이 소요될 것으로 생각된다. 우리 나라와 같이 자료 수집체계가 응급의료 관련 자료수집체계와 자원이 매우 빈약한 곳에서는 ICD-10을 이용한 ICISS와 같이 손쉽게 적용가능하고 타당도가 높은 중증도 평가도구는 매우 유용하게 쓰일 수 있을 것이다. 향후 질병 및 사망 분류체계로 ICD-10을 사용하는 국가들이 점차 늘어날 것이다. 1996년 현재 우리 나라를 포함하여 덴마크(Denmark), 크로아티아(Croatia), 체코(Czech Republic), 슬로바키아(Slovakia)

등 8개국에서 ICD-10을 사용하고 있으며, 2000년까지 미국, 영국, 프랑스, 독일 등을 포함한 전세계 약 30여 개국에서 ICD-10을 도입할 예정이다(WHO, 1996). 따라서 향후 ICD-10을 이용한 ICISS의 활용가능성은 점차 커질 것으로 기대된다.

두개내 손상에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 사망확률 예측능력이 ISS와 ICD-9CM을 이용한 ICISS에 비하여 크게 낮았던 것은 ICD-10의 분류체계에 기인한 것으로 판단된다. ICD-10에서 두개내 손상과 관련된 상병코드가 AIS나 ICD-9CM과 달리 중증도를 충분히 반영할 수 있도록 세분되어 있지 않다. 예를 들어 본 연구에서 경막하출혈(subdural hematoma)의 상병코드별 기대생존확률 0.85이지만, 여기에는 혈종의 크기와 이로 인한 뇌압 상승 정도 등에 따라 다양한 중증도의 환자가 존재할 수 있다. AIS의 경우 경막하출혈량 및 의식소실(duration of consciousness loss)의 기간에 따라 중증도 점수가 달라진다(Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1990). ICD-9CM에서도 '852.2 개방창을 동반하지 않은 경막하출혈'은 의식소실의 지속기간에 따라 852.20~852.29까지 8개의 코드로 세분된다. 미국 노스캐롤라이나 외상환자등록 자료에 근거한 ICD-9CM 상병코드별 기대생존확률 데이터베이스에서 '852.20 경막하출혈에서 의식소실이 없는 경우'의 기대생존확률은 0.89인데 반하여 '852.26 의식소실이 24시간 이상 지속되면서 이전의 의식상태로 회복되지 않는 경우'의 기대생존확률은 0.25로 매우 낮았다(Osler 등, 1996). 그런데 두개내 손상환자에서 의식소실 지속기간은 외상환자의 중증도뿐만 아니라 외상환자진료의 질적 수준에 의해 영향을 받을 가능성이 있다는 점을 지적할 필요가 있다. 두개내 손상환자의 의식상태를 반영한 RTS가 포함된 ICD-10을 이용한 확장모형의 예측타당도는 ICD-10을 이용한 ICISS에 비하여 현저하게 개선되었다. 이는 두개내 손상의 중증도 평가에 있어서 ICD-10

을 이용한 ICISS가 지닌 약점이 RTS와 같은 생리학적 중증도 지표에 크게 보완되었기 때문인 것으로 판단된다.

Rutledge 등(1997)은 상병코드별 기대생존확률 데이터베이스의 질적 수준 및 규모에 따라 ICISS의 예측타당도 달라진다고 보고하였다. 하지만 Osler 등(1997)은 외상환자등록자료 대신 병원 의무기록 전산자료를 이용하더라도 외상환자의 사망확률 예측능력에 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서 이용한 응급의료센터 입원환자 전산자료는 각 병원의 의무기록실에서 작성된 것으로 의료보험 청구자료에 비해서 상병코드의 정확도가 높을 것으로 예상된다. 실제로 의무기록사가 직접 의무기록에서 조사한 상병코드를 이용한 경우와 응급의료센터의 의무기록 전산자료를 이용한 경우간에 ICISS의 사망확률 예측능력에 타당도가 큰 차이가 없는 것으로 보고되었다(김윤, 1998). 이러한 연구결과는 응급의료센터의 의무기록 전산자료를 이용하여 ICD-10 상병코드별 기대생존확률 데이터베이스를 구축하고, 이를 이용하여 외상환자의 사망확률을 예측하는 데 큰 문제가 없음을 시사하고 있다.

본 연구에서 ICD-10 상병코드별 기대생존확률을 산출하는 데 이용된 자료는 약 4만 8천건 정도에 불과하였다. 그 결과 전체 1,132개 ICD-10 외상 상병코드 중 발생빈도가 1건인 경우가 179개, 5회 미만인 경우가 412건, 절반 정도의 상병코드가 10회 미만이었다. 본 연구에서는 발생빈도가 5회 미만인 상병코드에 대해서는 상병코드별 기대생존확률을 1로 간주하였으나, 이들 상병코드는 본 연구의 조사대상환자에서는 발생하지 않았다. 향후 보다 질적 수준이 높은 ICD-10 상병코드별 기대생존확률 데이터베이스를 대규모로 구축할 경우 ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

전체 둔상환자에서 ICD-9CM을 이용한 ICISS의 예측타당도는 ISS 및 TRISS에 비하여 높은 수준이었다. 또한 본 연구에서 ICD-9CM을 이용한 ICISS의 오분

류율은 5.7%, ROC 곡선하의 면적은 0.976으로 기존 연구의 성적과 유사하였다(Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Rutledge 등, 1998). 이러한 연구결과를 통하여 ICISS가 외상환자의 중증도를 평가하는 유용한 방법론임을 다시 한번 확인할 수 있었다. 미국 노스캐롤라이나 외상환자등록자료에 근거한 상병코드별 기대생존확률을 우리 나라의 외상환자에 적용하였음에 높은 사망확률 예측능력을 나타낸 것은 ISS 및 TRISS와 마찬가지로 ICISS 방법론을 이용하여 외상환자 중증도 및 진료결과를 국제적으로 비교 평가할 수 있음을 시사하고 있다.

본 연구의 사망확률 예측모형들의 예측타당도는 TRISS, ASCOT 및 ICISS를 이용한 기존 연구결과에 비하여 우수하거나 유사한 수준이었다(Markle 등, 1992; Champion 등, 1996; Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Rutledge 등, 1998). 하지만 조사대상자료의 특성이 사망확률 예측능력에 영향을 미치기 때문에, 반드시 기존 연구에 비하여 예측타당도가 뛰어나다고 할 수는 없다.

본 연구의 조사대상은 매우 제한되어 있었다. 본 연구대상에는 둔상만이 포함되었고, 환자 수 및 조사대상 기관의 수도 제한되어 있었다. 또한 본 연구의 조사대상환자는 중증 외상환자로 이루어져 있다. 이는 A병원 자료는 미국외과학회의 외상센터 이송기준을 충족하는 환자들이었고, B 병원 자료는 경우는 ISS 10점 이상인 환자만을 선정하였기 때문이다. 향후 관통상 및 다양한 중증도의 외상환자, 여러 의료기관을 포괄하는 대규모의 타당도 평가연구가 필요하다고 판단된다. ICISS가 외상환자의 진료비 및 재원일수 등을 예측하는 데 있어서 ISS 및 TRISS, APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II), DRG (Diagnosis-related Groups)에 비하여 예측능력이 높다는 연구결과가 보고되었다(Osler 등, 1997; Rutledge 등, 1998; Rutledge와 Osler, 1998) 이는 ICISS가 사망 이외의 외상환자 진료결과를 평가하는 데 활용될 수 있음을 의미한다. 향후

ICD-10을 이용한 ICISS에 대해서도 병원 내 자원소모량을 예측하는 도구로서의 유용성을 평가할 필요가 있다.

결 론

예방가능한 사망(preventable death)을 감소시키는 것은 외상진료체계 또는 응급의료체계에서 가장 중요한 과제이다. 선진국에 비해 높은 수준의 외상환자 사망률과 교통사고 사망률은 우리 나라 응급의료체계 및 외상환자진료의 질적 수준에 문제가 있음을 시사하고 있다. 일부 국내 응급의료센터에서 이루어진 연구결과에 의하면 MTOS(Major Trauma Outcome Study)와 같은 선진국의 외상환자진료의 질적 표준을 따를 경우, 예방가능한 사망률은 30-40%에 달하는 매우 높은 수준이다. 선진국의 경험을 통하여 알려진 바와 같이 외상진료체계 구축과 체계적인 질평가/질향상(quality assessment/quality improvement) 활동은 예방가능한 사망을 감소시킬 수 있는 가장 효과적인 수단이다. 이를 위해서는 타당도와 유용성이 입증된 외상환자진료 질평가 도구가 전제되어야 한다.

본 연구는 ICD-10을 이용한 ICISS가 기존의 표준적인 외상환자 중증도 평가 도구였던 ISS 및 TRISS를 대신할 수 있음을 입증하였다. ICD-10을 이용한 ICISS는 응급의료기관에 대한 질평가를 통하여 병원단계 외상진료체계를 구축하는 객관적인 수단으로 활용할 수 있을 것이다. 우리 나라에서 응급의료기관의 질적 수준에 대한 객관적인 평가와 정부 또는 보험자의 적절한 지원 및 보상체계가 결합될 경우, 외상환자진료의 질적 수준은 지금보다 크게 향상될 수 있을 것이다. 외상환자진료에 대한 질평가는 그 자체만으로도 응급의료기관의 자발적인 질향상 노력을 활성화하는 데 기여할 수 있을 것이다. 이러한 시도들은 궁극적으로 예방가능한 사망을 줄이는 데 크게 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 고영관, 김정호, 이상목, 이기형, 홍성화, 윤충. ASCOT method를 이용한 응급실 내원 외상환자의 생존율 분석. 대한응급의학회지 1994; 5(2): 233-39.
- 김윤. 외상환자진료 질평가 도구의 타당도 평가. 서울대학교대학원 의학박사 학위논문. 1998.
- 문성하, 정경석. 다발성 외상환자의 특징과 적정 진료평가. 대한응급의학회지 1994; 5(1): 34-47.
- 신준섭, 정구영. 외상팀 운영의 조건. 대한외상학회지 1996; 9(1): 105-111.
- 임경수, 김영식, 안무업, 황성오, 조남천, 강성준. 지역병원에서 다발성손상 환자 후송시 문제점. 대한응급의학회지 1992; 3(1): 44-53.
- Association for the Advancement of Automotive Medicine. The Abbreviated Injury Scale 1990 Revision. 1990.
- Ash AS, Schwartz M. Evaluating the performance of risk-adjusted methods: Dichotomous measures. In Iezzoni LI(ed.). Risk adjustment for measuring health care outcome. Health Administration Press, 1994: 313-346.
- Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: The TRISS Method. *J Trauma* 1987; 27: 370-378.
- Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Bain LW, Gann DS et al. A new characterization of injury severity. *J Trauma* 1990a; 30(5): 539-46.
- Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Frey CF. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma* 1990b; 30(11): 1356-1365.
- Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Improvement in outcome from trauma center care. *Arch Surg* 1992; 127: 333-338.
- Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Frey CF, Holcroft JW, Hoyt DB, et al. Improved prediction from A Severity Characterization of Trauma(ASCOT) over Trauma and Injury Severity Score(TRISS): Result of independent evaluation. *J Trauma* 1996; 40(1): 42-49.
- Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Trauma scoring. In Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL. Trauma. 3rd ed. Appleton & Lange, 1995: 53-66.
- Copes WS, Champion HR, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW. The Injury Severity Score Revisited. *J Trauma* 1988; 28(1): 69-77.
- Goldberg JL, Goldberg J, Levy PS, Finnegan R, Petrucelli. Measuring the severity of Injury:

- The validity of the revised estimated survival probability index. *J Trauma* 1984; 24(5): 420-427.
- Guss DA, Myer FT, Neuman TS, Baxt WG, Dunford JV, Griffith LD, et al. The impact of a regionalized trauma system on trauma care in San Diego County. *Ann Emerg Med* 1989; 18(11): 1141-1145.
- Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a Receiver Operator Characteristic(ROC) curve. *Radiology* 1982; 143(1): 29-36.
- Lett RR, Hanley JA, Smith JS. The comparison of Injury Severity instrument performance using likelihood ratio and ROC curve analysis. *J Trauma* 1995; 38(1): 142-148.
- Levy PS, Goldberg J, Rothrock J. The revised estimated survival probability index of Trauma severity. *Public Health Reports* 1982; 97(5): 452-459.
- McDermott FT. Trauma audit and quality improvement. *Aust N Z J Surg* 1994; 64(3): 147-154.
- Markle J, Cayton CG, Byrne DW, Moy F, Murphy JG. Comparison between TRISS and ASCOT methods in controlling for injury severity. *J Trauma* 1992; 33(2): 326-332.
- Osler TM, Rutledge R, Deis J, Bedrick E. ICISS: An International Classification of Disease-9 based injury severity score. *J Trauma* 1996; 41(3): 380-388.
- Osler TM, Cohen M, Roger FB, Camp L, Rutledge R, Shackford SR. Trauma registry coding is superfluous: A comparison of outcome prediction based on trauma registry International Classification of Disease-Ninth Revision(ICD-9) and hospital information system ICD-9 codes. *J Trauma* 1997; 43(2): 253-257.
- Osler TM, Roger FB, Glance LG, Cohen M, Rutledge R, Shackford SR. Predicting survival, length of stay, and cost in the surgical intensive care unit: APACHE II versus ICISS. *J Trauma* 1998; 45(2): 234-238.
- Rutledge R. Injury severity and probability of survival assessment in trauma patients using a predictive hierarchical network model derived from ICD-9 code. *J Trauma* 1995; 38(4): 590-601.
- Rutledge R. The Injury Severity Score is unable to differentiate between poor care and severe injury. *J Trauma* 1996; 40(6): 994-950.
- Rutledge R, Fakhry S, Baker C, Oller D. Injury severity grading in trauma patients: A simplified technique based upon ICD-9 coding. *J Trauma* 1993; 35(4): 497-507.
- Rutledge R, Hoyt DB, Eastman AB, Sise MJ, Velky T, Canty T, Wachtel T, Osler TM. Comparison of the Injury Severity Score and ICD-9 diagnosis codes as predictors of outcome in injury: Analysis of 44,032 patients. *J Trauma* 1997; 42(3): 477-489.
- Rutledge R, Osler TM. The ICD-9-based illness severity score: A new model that outperforms both DRG and APR-DRG as predictors of survival and resource utilization. *J Trauma* 1998; 45(4): 791-799.
- Rutledge R, Osler TM, Emery S, Kromhout Schiro S. The end of the Injury Severity Score (ISS) and the Trauma and Injury Severity Score (TRISS): ICISS, an International Classification of Diseases, ninth revision-based prediction tool, outperforms both ISS and TRISS as predictors of trauma patient survival, hospital charges, and hospital length of stay. *J Trauma* 1998; 44(1): 41-49.
- Sampalis JS, Lavoie A, Boukas S, Tamin H, Nikolis A, Fréchette P, et al. Trauma center designation: Initial Impact on trauma-related mortality. *J Trauma* 1995; 39(2): 232-239.
- Shackford SR, Mackersie RC, Hoyt DB, Baxt WG, Eastman B, Hammill FN, et al. Impact of a trauma system on severely injured patients. *Arch Surg* 1987; 122: 523-527.
- Shapiro MJ, Cole KE Jr, Keegan M, Prasad CN, Thompson RJ. National survey of state trauma registry-1992. *J Trauma* 1994; 37(5): 835-840.
- Stewart TC, Lane PL, Stefanits T. An evaluation of patient outcome before and after trauma center designation using trauma and injury severity score analysis. *J Trauma* 1995; 39(6): 1036-1040.
- West JG, Carles RH, Gazzangia AB. Impact of regionalization: The Orange County experience. *Arch Surg* 1983; 118: 740-744.
- West JG, Trunkey DD, Lim RC. Systems of Trauma Care: Study of two Counties. *Arch Surg* 1979; 114: 455-460.
- WHO. Implementation of ICD-10 by WHO Member States. <http://www.who.org/hst/icd-10/implemen.htm>. 1996.