

외상환자 중증도 평가도구의 타당도 평가

- ICISS 사망확률과 전문가의 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도 -

김 윤^{1)†}, 안 형 식²⁾, 이 영 성³⁾

성균관대학교 의과대학 사회의학교실¹⁾, 고려대학교 의과대학 예방의학교실²⁾,
충북대학교 의과대학 의료관리학교실³⁾

<Abstract>

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

- Agreement of ICISS Survival Probability with Professional Judgment
on Preventable Death -

Yoon Kim¹⁾, Hyeong-Sik Ahn²⁾, Young-Sung Lee³⁾

Department of Social Medicine, School of Medicine, Sungkyunkwan University¹⁾

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Korea University²⁾

Department of Health Policy and Management, College of Medicine, Chungbuk National University³⁾

Objective : The purpose of the present study was to assess the agreement of survival probability estimated by International Classification of Diseases 10th Edition(ICD-10) based International Classification of Diseases based Injury Severity Score(ICISS) with professional panel's judgment on preventable death. ICISS has a promise as an alternative to Trauma and Injury Severity Score(TRISS) which have served as a standard measure of trauma severity, but requires more validation studies. Furthermore as original version of ICISS was based ICD-9CM, it is necessary to test its performance employing ICD-10 which has been used in Korea and is expected to replace ICD-9 in many countries sooner or later.

† 교신저자 : 김윤(031-299-6301, 031-299-6299(FAX), gwheel@med.skku.ac.kr)

Methods : For 1997 and 1998 131 trauma deaths and 1,785 blunt trauma inpatients from 6 emergency medical centers were randomly sampled and reviewed. Trauma deaths were reviewed by professional panels with hospital records and survival probability of trauma inpatients was assessed using ICD-10 based ICISS. For trauma mortality degree of agreement between ICISS survival probability with judgment of professional panel on preventable death was assessed and correlation between W-score and preventable death rate by each emergency medical center was assessed.

Results : Overall agreement rate of ICISS survival probability with preventable death judged by professional panel was 66.4%(kappa statistic 0.36). Spearman's correlation coefficient between W-score and preventable death rate by each emergency medical center was $-0.77(p=0.07)$ and Pearson's correlation coefficient between them was $-0.90(p=0.01)$.

Conclusions : The agreement rate of ICD-10 based ICISS survival probability with of professional panel's judgment on preventable death was similar to TRISS. The W-scores of emergency medical centers derived from ICD-10 based ICISS were highly correlated with preventable death rates of them with marginal statistical significance.

Key Words : Trauma, Quality Assessment, ICISS, preventable death, panel study

I. 서 론

외상환자 중증도 평가도구는 질평가 및 질향상 활동, 외상환자진료체계 성과 평가, 응급의료 기관의 질적 수준 평가 등에 매우 유용하게 활용될 수 있다. 대표적인 외상환자 중증도 평가도구로는 ISS(Injury Severity Score) 및 TRISS(Trauma and Injury Severity Score)와 ASCOT(A Severity Characterization of Trauma)가 있다(Champion 등, 1995). 하지만 TRISS 나 ASCOT는 자료수집에 많은 비용과 노력이 소요되기 때문에 널리 사용되지 못하고 있다 (McDermott, 1994; Shapiro 등, 1994). 우리 나라에서도 일부 대학병원에서 몇 차례 연구가 이루어졌을 뿐이다(고영관 등, 1994; 문성하와 정경석, 1994; 신준섭과 정구영, 1996).

최근 병원에서 일상적으로 생성되는 국제표준질병사인분류코드(International Classification of Diseases, ICD)를 이용하여 손쉽게 외상환자 사망확률을 평가하는 도구인 ICD-9CM을 이용한

ICISS(ICD 9th Edition Clinical Modification based Injury Severity Score)가 개발되었다(Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Osler 등, 1998; Rutledge와 Osler, 1998; Rutledge 등, 1998; Hannan 등, 1999). 기존 연구에서 ICD-9CM을 이용한 ICISS의 예측타당도는 ISS와 TRISS에 비해 우수했다(Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Rutledge 등, 1998; Hannan 등, 1999). 최근 Kim 등(2000)은 우리 나라 응급의료센터의 자료를 이용하여 ICD-10을 이용한 ICISS(ICD-10 based ICISS)의 예측타당도(predictive validity)를 평가하였다. 이 연구에서 ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도는 ICD-9CM을 이용한 ICISS 및 TRISS와 유사한 수준이었다. 하지만 ICD-10을 이용한 ICISS가 유효한 외상환자 중증도 평가도구로 인정받기 위해서는 다양한 타당도 평가 연구가 축적되어야 한다.

ICD-10을 이용한 ICISS를 예방가능한 사망 사례의 발견, 외상환자진료체계 성과 평가, 응급의료기관의 질적 수준 평가 등에 활용할 수 있는 타당한 도구인가를 평가하기 위해서는 전문가 패널(professional panel)에 의한 예방가능한 사망에 판단간의 일치도를 평가하는 것이 중요하다. 왜냐하면 외상환자의 예방가능한 사망에 대한 전문가 패널 방법론은 외상환자 중증도 평가도구와 동일한 목적으로 활용되며, 예방가능한 사망을 판단하는 황금기준(gold standard)으로 받아들여지고 있기 때문이다. Kim 등(2000)의 연구는 ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도를 평가한 것이었으나, 본 연구는 ICISS를 이용한 기대생존확률과 전문가 패널의 예방가능한 사망에 대한 판단결과간의 일치도를 평가함으로써 이 도구의 준거타당도(criterion validity)를 평가하기 위한 것이었다.

본 연구는 ICD-10을 이용한 ICISS의 준거타당도를 평가하기 위하여, ICISS에 근거한 기대사망확률과 전문가패널의 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도를 평가하고자 하였다. 본 연구의 구체적 목적은 다음과 같다. 첫째, 외상 사망환자를 대상으로 전문가 패널에 의한 예방가능한 사망에 대한 판단과 ICISS의 사망확률에 근거한 예방가능한 사망간의 일치도를 평가하였다. 이러한 두 가지 방법론간의 예방가능한 사망에 대한 판단에 대한 일치도가 높을 경우 ICISS를 예방가능한 사망 사례를 발견해내는 효과적인 도구로 활용할 수 있음을 의미한다. 둘째, 응급의료센터별로 외상 입원환자를 대상으로 ICISS에 근거한 중증도 보정 사망률 평가지표인 W-통계량(W-score)과 전문가 패널에 의한 외상 사망환자의 예방가능한 사망률(preventable death rate)간의 상관관계를 평가하였다. 이 두 지표간의 상관관계가 높을 경우 예방가능한 사망을 판단하는 황금기준으로 알려진 전문가 패널 방법론 대신에 ICISS를 개별 응급의료기관의 외상환자진료의 질적 수준을 평가하는 데 활용할 수 있음을 의미한다.

II. 연구방법

1. 연구의 틀

본 연구에서는 ICD-10을 이용한 ICISS의 타당도를 평가하기 위하여, ICISS를 이용한 기대생존확률과 전문가 패널의 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도를 평가하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 외상 사망환자를 대상으로 전문가 패널의 예방가능성에 대한 판단과 ICISS 기대생존확률간의 일치도를 평가하였다. 다음 단계로 각 응급의료센터별 외상 입원환자를 대상으로 ICISS에 근거한 W-통계량과 전문가 패널에 의한 외상 사망환자의 예방가능한 사망률간의 상관관계를 평가하였다(Fig. 1).

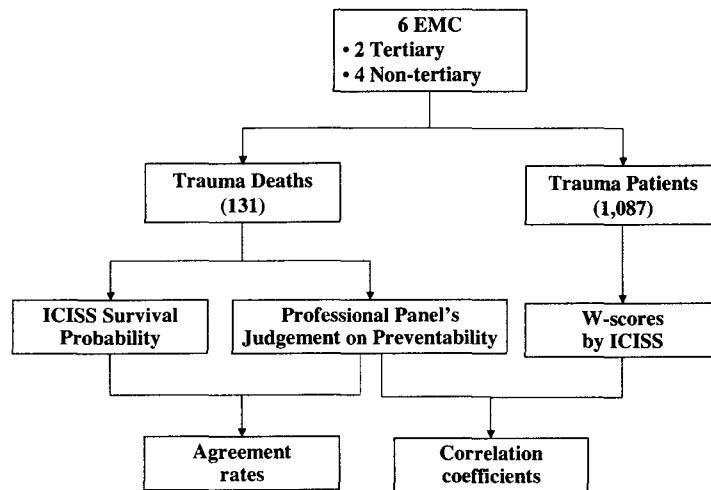


Fig 1. Study Framework

2. 조사 대상

1) 응급의료센터

전국 103개 응급의료센터 중 약 40개 응급의료센터로부터 1997년 1월 1일부터 1998년 12월 31일까지의 2년 동안 해당 응급의료센터에서 사망한 환자와 응급의료센터를 경유한 입원환자 전산자료를 수집하였다. 외상환자는 주상병코드가 ICD-10 코드 중 S와 T에 해당하는 환자 중

동상(T33-T356), 중독(T36-T65), 외인의 기타 및 상세 불명의 영향(T66-T78), 달리 분류되지 않은 외과적 및 내과적 처치의 합병증(T80-T88)에 해당하지 않는 환자로 정의하였다. 이들 외상환자 중 손상기전이 둔상이 아닌 경우는 조사대상에서 제외하였다. 사망환자는 해당 의료기관에서 사망한 환자 또는 가망 없는 퇴원(hopeless discharge) 환자로 정의하였다.

응급환자 전산자료를 제출한 40개 응급의료센터 중 3차병원 2개소와 비3차병원 4개소를 임의로 조사대상으로 선정하였다. 응급의료센터 전산자료에는 주민등록번호, 의료보장유형, 내원경로, 입원경로, 진료과 등의 일반사항과 상병코드 10개, 생존 및 사망 여부 등이 포함되어 있었다.

2) 외상 사망환자

1997년 1월 1일부터 2년 동안 조사대상 응급의료센터 내, 혹은 입원 후 사망한 외상환자를 조사대상으로 하였다. 응급의료센터별로 응급실 내 사망환자 30례와 입원 후 사망환자 20례, 모두 50례를 무작위 표본추출(random sampling)하였다. 외상 사망환자가 50례에 미치지 못하는 경우 전수를 표본추출하였다. DOA(death on arrival) 환자와 내원 후 수 시간 내에 사망하여 예방가능한 사망 여부를 판단할 수 없는 사례는 조사대상에서 제외하였다.

3) 외상 입원환자

1997년 1월 1일부터 2년 동안 조사대상 응급의료센터를 거쳐 입원한 외상환자들 중 ICISS와 연령을 이용하여 구축한 기대생존확률 예측모형에서 기대생존확률 0.98 이하인 환자군 또는 사망환자군을 모집단으로 하였다. 조사대상 응급의료센터별로 220명의 외상 입원환자를 무작위 표본추출 하였다. 외상 입원환자가 220명 미만인 경우는 전수를 표본추출 하였다. 일반적으로 의료기관별로 약 150-200명 정도의 외상환자를 조사할 경우, 통계적으로 유의한 질적 수준의 차이를 발견해낼 수 있는 것으로 알려져 있다(Champion 등, 1995).

3. 자료 수집

1) 외상 사망환자

응급의학과, 일반외과, 신경외과 전문의 3인으로 구성된 2개의 전문가 패널을 구성하였으며, 1개 전문가 패널 당 3개 응급의료센터를 조사하였다. 각 전문가 패널이 조사대상 응급의료센터를 방문하여 조사대상 사망환자의 의무기록, 방사선 필름, 병원간 이송기록지, 구급업무일지를 검토하였다. 한 전문가가 담당한 사망 사례를 구조화된 조사양식을 이용하여 독립적으로 검토한 후, 담당 사례를 발표하고 다른 전문가와 토의하는 과정을 거쳐 최종적으로 사망의 예방가

능성을 판단하였다. 예방가능한 사망에 대한 판단은 만장일치를 원칙으로 하였으며, 전문가 패널 내에서 판단이 일치하지 않는 경우는 2개 전문가 패널 합동회의에서 토의 후 다수결로 결정하였다. 의무기록 1건당 조사시간은 30분 내지 1시간 정도였다.

사망의 예방가능성은 생존확률 25% 미만인 경우를 non-preventable(NP), 25~75%인 경우를 potentially preventable(PP), 75% 이상인 경우를 preventable(P)의 세 가지로 범주로 구분하여 판정하였다(McDermott 등, 1996). 외상 및 합병증의 중증도가 생존 가능한 수준이며, 진료과정에 오류가 발생하였고, 이러한 진료오류가 사망에 직간접적인 영향을 미친 경우를 예방가능한 사망 사례로 판정하였다(MacKenzie, 1999). 진료오류에 대한 판단은 ATLS(Advanced Trauma Life Support)에 기술된 진료지침에 근거하였다(American College of Surgeon Committee on Trauma, 1989).

전문가 패널은 외상 사망환자의 사고 발생 시간 등 병원전 진료 관련 사항, RTS(Revised Trauma Score)를 포함한 내원시 환자 상태, 수술명 등 병원 진료 관련 사항과 진료오류, 사망 원인, 동반질환 등을 조사하였다. 이와 함께 전문가 패널에 의한 예방가능한 사망에 대한 판단과 ICISS 기대생존확률간의 일치도를 평가하기 위하여 4명의 의무기록사가 조사대상 외상 사망환자의 ICD-10 상병코드를 10개까지 조사하였다. 전문가 패널에게 조사대상환자의 ICISS 기대생존확률은 제공되지 않았다. 무작위 추출된 조사대상 외상 사망환자 10례를 대상으로 평가한 전문가 패널간 예방가능한 사망에 대한 판단의 일치도는 70%였다.

2) 외상 입원환자

병원 근무 경력 5년 이상인 간호사 8명을 조사자로 활용하였으며, 응급의료센터 당 1-3일간 조사를 시행하였다. 조사자간 일치도는 별도로 평가하지 않았다. 조사대상 둔상환자의 의무기록을 검토하여, 응급의료센터 내원 당시의 생체 징후, 사망 여부 등을 조사하였다. 생체 징후는 수축기혈압, 호흡수, 의식상태를 조사하였다.

4. ICISS

ICISS는 국제표준질병분류코드를 이용하여 외상환자의 중증도를 평가하는 도구이다. 본 연구에서는 ICD-10 상병코드별 기대생존확률(survival risk ratio, SRR) 데이터베이스를 구축한 후, 외상환자별 ICISS 기대생존확률을 구하였다(Osler 등, 1996; Rutledge 등, 1997; Osler 등, 1998; Rutledge와 Osler, 1998; Rutledge 등, 1998).

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(Equation 1). 1996년 1년 동안 우리 나라 35개 응급의료센터에 입원한 외상환자 47,750명의 의무기록 전산자료를 이용하여 ICD-10 상병코드별 기대생존확률을 산출하였다. 응급의료센터 외상환자 전산자료의 외상상병코드는 87,698개로 환자 1인당 평균 1.8개의 상병코드가 발생하였다. 사망환자 수는 1,178명으로 사망률은 2.5%였다.

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

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

Equation 1. Calculation of survival risk ratios(SRRs)

2) ICISS 기대생존확률

ICISS 기대생존확률은 특정 외상환자 상병코드의 상병코드별 기대생존확률 값의 곱으로 정의된다(Equation 2). ICISS는 ISS와는 달리 ICISS 값 자체가 특정 환자의 기대생존확률 값이며, 이는 0과 1사이의 값을 갖는다.

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

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

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

3) ICISS 확장모형

ICISS 확장모형은 외상환자의 기대생존확률(P_s)을 산출하기 위하여 ICISS 이외에 RTS와 연령을 포함하여 로짓회귀분석모형을 구축한 것이다(Osler 등, 1996). 외상의 중증도가 동일한 경우 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})

$$b = b_0 + b_1(RTS) + b_2(ICISS) + b_3(AGE)$$

외상환자에서 대표적인 생리학적 중증도 지표인 RTS는 두부손상환자의 의식상태를 평가하는 데 사용되는 GCS(Glasgow Coma Scale)와 수축기혈압(SBP; systolic blood pressure), 호흡수(RR; respiration rate)를 이용하여 계산한다(Table 1). 우리나라 응급의료센터에서 일반적으로 GCS를 사용하여 의식상태를 평가하지 않기 때문에, 의무기록에 기록된 환자 의식상태에 대한 기술 내용을 RTS에서 사용되는 GCS 코드 값으로 조작적으로 정의하여 조사하였다(Table 1). 이러한 조작적 정의는 신경외과 및 응급의학과 전문의의 자문에 근거하였다. 일반적으로 의식 명료(alert/drowsy), 반혼수(semi-coma), 혼수(coma) 상태는 비교적 명확히 구분되나, 착란(confusion)과 혼미(stupor)는 잘 구분되지 않는 것으로 알려져 있다.

$$RTS = 0.9368(GCS) + 0.7326(SBP) + 0.2908(RR)$$

Table 1. Revised Trauma Score

Coded Value	GCS		Systolic Blood Pressure	Respiration Rate
	Original GCS	Operational Definition		
4	13 - 15	Alert/Drowsy	>89	10-29
3	9 - 12	Confusion	76-89	>29
2	6 - 8	Stupor	50-75	6-9
1	4 - 5	Semicoma	1-49	1-5
0	3	Coma	0	0

5. 자료 분석

1) ICD-10을 이용한 ICISS의 중증도 보정 사망확률

조사대상 외상 입원환자 자료를 이용하여 ICD-10을 이용한 ICISS에 RTS, 연령을 포함시킨 로짓회귀분석모형(logistic regression model)을 구축하였으며, 이를 근거로 외상 입원환자의 기대 생존확률을 산출하였다. 다음 단계로 외상 입원환자 자료를 근거로 구축된 ICISS 확장모형의 회귀 계수를 외상 사망환자에게 적용하여 이들의 ICISS 기대생존확률을 산출하였다.

ICISS 확장모형의 예측타당도를 평가하는 지표는 모형의 생존환자와 사망환자를 구분하는 능력을 평가하는 지표(measure of discrimination)와 모형의 적합도(measure of calibration)를 평가하

는 지표로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 생존환자와 사망환자를 구분하는 능력을 평가하는 지표로 민감도, 특이도, 오분류율(misclassification rate), ROC 곡선하의 면적(area under the receiver operating characteristics curve)을, 모형의 적합도를 평가하는 지표로는 Hosmer- Lemeshow 통계량을 사용하였다(Ash 등, 1994). 민감도와 특이도는 사망환자를 기준으로 계산하였다.

2) ICISS 사망확률과 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도

전문가 패널의 예방가능한 사망에 대한 판단과 ICISS 중증도 보정 사망확률간의 일치도는 전반적 일치도와 카파통계량(kappa statistic)을 이용하여 평가하였다. 카파통계량은 5% 유의수준에서 유의성을 검정하였다.

3) 응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률간의 상관관계

W-통계량은 병원 또는 특정 지역, 국가의 외상환자진료의 질적 수준을 평가하기 위하여, 외상환자의 중증도를 보정한 후에 초과 생존(excess survival) 또는 초과 사망(excess mortality)의 크기를 나타내기 위해 개발된 것이다(Champion 등, 1995). 이는 실제 생존환자수(A)와 사망확률 예측모형에 근거한 기대 생존환자수(E)의 차이를 조사대상환자 100명당(N/100)으로 표준화한 것이다(Equation 3). W-통계량의 유의성은 Z-통계량(Z-score)을 이용하여 검정하였다(Equation 4)(Champion 등, 1995).

ICISS 확장모형에서 산출된 외상 입원환자의 기대생존확률을 이용하여 각 응급의료센터별 중증도 보정 사망확률을 의미하는 W-통계량을 산출하였다. 각 응급의료센터별 외상 사망환자의 예방가능한 사망률과 외상 입원환자에서의 W-통계량간의 상관관계를 Spearman 상관계수와 Pearson 상관계수를 이용하여 평가하였다. 예방가능한 사망률은 해당 응급의료센터의 전체 외상 사망환자 중 PP/P로 판정된 사례가 차지하는 비중을 의미한다.

$$W = \frac{(A - E)}{(N/100)}$$

Equation 3. Calculation of W-score

$$Z = \frac{(A - E)}{\sqrt{\sum P_i * (1 - P_i)}}$$

* P_i : Expected survival probability of patient i

Equation 4. Calculation of Z-score

Ⅲ. 연구 결과

1. 조사대상자의 특성

6개 응급의료센터에서 표본추출된 외상 사망환자 수는 모두 274명이었으며, 이 중 DOA 환자 43명과 예방가능한 사망 여부를 판단하기 어려웠던 21명을 제외한 210명을 조사대상으로 하였다. 이들 중 모두 131명의 의무기록을 실제 조사하여, 조사율은 62.4% 이었다. 외상 사망환자 평균 연령은 42.7세, RTS 4.48, ICISS 0.66 이었다(Table 2).

6개 응급의료센터에서 표본추출된 외상환자는 모두 1,202명이었다. 이들 중 의무기록부재, 조사대상 선정기준 미충족, 내원 당시 생체징후 미기록 환자 등 115건을 제외한 1,087건을 조사하였으며, 조사율은 90.4% 이었다. 응급의료센터별로 조사된 환자는 143-198명이었다. 이들 응급의료센터의 외상환자의 평균 연령은 41.0세, RTS 7.37, ICISS 0.82, 사망률은 8.9% 이었다 (Table 2).

Table 2. Characteristics of study population(average values)

	Trauma Deaths (n=131)	Trauma Inpatients (n=1,087)
Age(yr)	42.7	41.0
RTS	4.48	7.37
ICISS	0.66	0.82
Mortality(%)	100.0	8.9

2. 예방가능한 사망에 대한 판단과 ICISS 기대생존확률간의 일치도

외상사망의 예방가능성을 NP(non-preventable)와 PP/P(potentially preventable 또는 preventable)의 2가지 판단으로 구분하였을 때(2단 분류), ICISS 기대생존확률과 전문가의 의무기록조사에 의한 예방가능한 사망에 대한 판단이 일치하는 경우는 모두 85례로 전반적 일치도는 64.9%, 카파통계량은 0.36($p < 0.01$)이었다(Table 3). ICISS 기대생존확률이 높을수록 NP로 판단된 사례는 감소하는 양상을 나타낸 반면, PP/P로 판단된 사례는 증가하는 양상을 나타냈다. ICISS 기대생존확률이 0.25 이상인 경우 54.1%가 PP/P로 판단되었다. ICISS에 의한 기대생존확률이 0.25 미만인 경우 15.2%가 PP로 판단되었으며, P로 판단된 경우는 한 건도 없었다. 외상사망의 예방가능성을 NP, PP, P의 3가지 판단으로 구분하였을 때(3단 분류), ICISS 기대생

존확률과 전문가의 의무기록조사에 의한 예방가능한 사망에 대한 판단이 일치한 경우는 모두 64건으로 전반적 일치도는 48.9%, 카파통계량은 0.22($p < 0.01$)이었다(Table 3). ICISS 기대생존 확률이 0.75 이상인 경우 NP로 판단된 경우는 26.3%에 불과했으나, 기대생존확률이 0.25-0.75 인 경우 NP로 판단된 경우는 61.7%에 달하였다.

Table 3. Agreement between preventability and ICISS survival probability

(Unit : patients, %)

ICISS Survival Probability	Preventability			NP	Total
	P	PP	Subtotal		
≥ 0.75	12 (31.6) [7.6]	16 (42.1) [12.2]	28 (75.0) [19.8]	10 (26.3) [9.2]	38 (100.0) [29.0]
0.25~0.75	5 (10.6) [3.8]	13 (27.7) [9.9]	18 (38.3) [13.7]	29 (61.7) [22.1]	43 (100.0) [35.9]
0.25 <	0 (0.0) [0.0]	7 (15.2) [5.3]	7 (15.2) [5.3]	39 (84.9) [29.8]	48 (100.0) [35.1]
Total	17 (13.0)	36 (27.5)	53 (40.5)	78 (59.5)	131 (100.0)

* NP=Non-preventable ; PP=Potentially preventable ; P=Preventable

3. 응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률간의 상관관계

응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률간 상관관계를 비교하기 위하여, 먼저 외상 입원환자를 대상으로 ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형을 구축하였으며, 이를 이용하여 응급의료센터별 W-통계량을 산출하였다. ICISS 기대생존확률 예측모형의 민감도는 36.1%, 특이도는 98.7%, 오분류율은 6.9%, ROC 곡선하의 면적은 0.860이었다. Hosmer-Lemeshow 통계량은 15.435($p=0.0512$)로 모형은 적합한 것으로 나타났다.

응급의료센터별 W-통계량과 전문가 패널에 의한 외상 사망환자의 예방가능한 사망률은 전반적으로 반비례하는 양상을 나타냈다(Fig 2). 응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률간의 Spearman 상관계수는 $-0.77(p=0.07)$, Pearson 상관계수는 $-0.90(p=0.01)$ 이었다. 3차병원 응급의료센터의 예방가능한 사망률과 W-통계량이 비3차병원 응급의료센터에 비하여 낮았다.

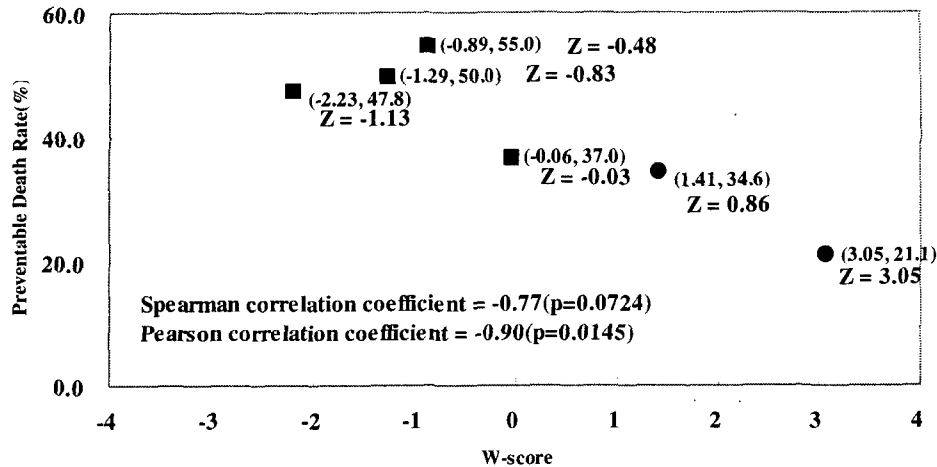


Fig 2. Correlation between Preventability and W-score by Emergency Medical Center

- * 1) ● : Tertiary, ■ : Non-tertiary
- 2) Numbers in parenthesis refer to W-score and preventable death rate of each emergency medical center
- 3) Z; Z-score

IV. 고 찰

본 연구에서는 ICISS의 타당도를 평가하기 위하여 먼저 ICISS 기대생존확률과 전문가 패널에 의한 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도를 평가하였다. ICISS 기대생존확률과 예방가능한 사망에 대한 판단간의 전반적 일치도는 2단 분류의 경우 64.9%(카파통계량 0.36), 3단 분류의 경우 48.9%(카파통계량 0.22)였다. 이러한 일치도 수준은 기존 연구와 유사한 수준이었다. McDermott 등(1996)은 TRISS를 이용한 기대생존확률에 근거하여 외상 사망환자를 NP와 PP/P로 분류하였을 경우 전반적 일치도는 65.6%(카파통계량 0.35)라고 보고하였다. 본 연구에서는 McDermott 등(1996)에 비하여 기대생존확률이 75% 이상인 외상 사망환자 중 NP로 판단된 경우는 적었으나(McDermott 등, 44.7%; 본 연구, 26.3%), 반대로 기대생존확률 25-75%인 외상 사망환자 중 NP로 판단된 경우는 더 많았다(McDermott 등, 50.0%; 본 연구, 61.7%). 이러한 결과는 ICISS 기대생존확률에 근거한 예방가능한 사망 사례를 판단하는 능력이 TRISS와 유사한 수준임을 의미한다. 하지만 일반적으로 일치도 수준은 조사대상환자의 특성과 전문가 패널의 예방가능한 사망에 대한 판단의 타당도 및 신뢰도의 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Markle 등, 1992).

TRISS나 ICISS와 같은 객관적인 사망확률 평가도구는 주로 병원 내에서 전문가 검토(peer review)가 필요한 외상사망 사례를 선별하는 데 활용된다. 이러한 도구가 병원내 질평가/질향상 활동에서 유용한 도구로 받아들여지기 위해서는 양성예측도와 음성예측도가 모두 높은 수준이어야 한다. 양성예측도는 기대생존확률 0.5 이상인 예상하지 못했던 사망(unexpected death) 중 실제 예방가능한 사망으로 판단된 사례가 차지하는 비중을 의미하며, 음성예측도는 기대생존확률 0.5 미만인 환자 중 예방불가능한 사망(nonpreventable death)으로 판단된 사례가 차지하는 비중을 의미한다.

본 연구에서 ICISS 기대생존확률 0.25 이상을 PP/P로 분류하였을 때, ICISS의 예방가능한 사망에 대한 양성예측도는 54.1%(46/84)로 기존 연구에 비하여 높은 수준이었다. Cayten 등(1991a)은 421명의 외상 사망환자를 대상으로 한 연구에서 TRISS의 예방가능한 사망에 대한 양성예측도는 21.5%, 특히 낙상(low fall) 환자에서는 16.0%에 불과하다고 보고하였다. Karmy-Jones 등(1992)도 TRISS에 근거하여 예상하지 못했던 진료결과(outcome)로 판단된 50 사례를 대상으로 전문가검토를 시행한 결과, 예방가능한 사망에 대한 양성예측도는 16.1%에 불과하였다고 보고하였다. 또한 본 연구에서 ICISS 기대생존확률의 음성예측도 역시 84.8%(39/46)로 높은 수준이었는데, 이는 예상되었던 사망(expected death)으로 분류된 사례 중 예방가능한 사망 사례가 매우 적음을 의미한다. 이러한 ICISS의 예방가능한 사망에 대한 높은 양성예측도 및 음성예측도 수준은 우리 나라에서 ICISS를 병원내 전문가검토가 필요한 외상사망 사례를 발견하는데 매우 유용하게 활용할 수 있음을 의미한다. 기존 연구에 비하여 본 연구에서 양성예측도가 매우 높았던 것은 우리 나라에서 외상 사망환자 중 예방가능한 사망환자의 비중이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다.

평가자간 일치도(inter-rater reliability)가 높을 경우 전문가 패널의 예방가능한 사망에 대한 판단은 예방가능한 외상사망을 평가하는 황금기준으로 받아들여지고 있다. ICISS를 응급의료센터 외상환자진료의 질적 수준을 평가하는 도구로 활용하기 위해서는, ICISS를 이용한 응급의료센터의 W-통계량과 전문가 패널에 의한 응급의료센터별 예방가능한 사망률간의 상관관계가 높아야 한다. 본 연구에서 응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률은 전반적으로 반비례하는 경향을 나타냈다. 응급의료센터별 W-통계량과 전문가 패널에 의한 예방가능한 사망률간의 Spearman 상관계수는 $-0.77(p=0.0724)$, Pearson 상관계수는 $-0.90(p=0.01)$ 이었다. Spearman 상관계수와 Pearson 상관계수의 값과 유의성에 차이가 있었던 것은 예방가능한 사망률이 높았던 3개 응급의료센터에서 W-통계량과 예방가능한 사망률이 비례하는 양상을 나타냈지만, 이들간 W-통계량의 차이가 크지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 이러한 결과는 조사대상 응급의료센터의 수가 6개 불과함으로 고려할 때, ICISS를 이용한 응급의료센터별

중증도 보정 사망률과 전문가의 예방가능한 사망률간에 높은 상관관계가 있음을 시사한다. 일반적으로 상관계수가 $-1.0 \sim -0.7$ 사이일 경우 강한 음의 상관관계를 갖는 것으로 판단한다(안재익 등, 1998). 따라서 본 연구의 결과는 ICISS 중증도 보정 사망률을 우리 나라 외상환자진료체계의 성과(performance)와 응급의료센터 외상환자진료의 질적 수준을 평가하는 데 유용한 도구로 활용할 수 있음을 의미한다.

본 연구에서 ICISS의 전문가 패널의 예방가능한 사망간의 일치도 수준은 TRISS를 이용한 기존 연구결과와 유사한 수준이었지만 높은 수준이라고 할 수는 없다. TRISS 방법론의 한계로 1) ISS가 다발성 외상의 중증도를 정확하게 평가하기 어려우며, 2) 외상기전에 따른 외상환자군에 따라 사망확률이 다르며, 3) 동반질환이 미치는 영향을 고려하기 어렵다는 점 등이 지적되었다(Cayten 등, 1991a; Cayten 등, 1991b; Karmy-Jones 등, 1992; Markle 등, 1992; McDermott, 1994; Hannan 등, 1999). Cayten 등(1991b)은 낙상으로 인한 사망환자의 93%가 TRISS 기대생존확률을 근거로 예상하지 못했던 사망으로 분류되었으나, 이들 중 상당수는 동반질환이 있는 경우라고 보고하였다. Hannan 등(1999)은 둔상환자를 교통사고군, 낙상, 기타 둔상으로 구분하여 독립적인 사망확률 예측모형을 구축한 결과, TRISS와 ICISS 모두 교통사고군에서는 사망확률을 과대추정(overpredict)한 반면, 낙상환자군에서는 사망확률을 과소추정(underpredict)하는 경향이 있다고 보고하였다. ICISS의 경우 다발성 외상의 중증도를 반영할 수 있다는 점을 제외하고는 TRISS의 이러한 방법론적인 제한점이 마찬가지로 적용될 수 있다. 향후 외상기전과 동반질환의 영향을 고려할 경우 ICD-10을 이용한 ICISS 사망확률 예측타당도를 얼마나 향상시킬 수 있는가에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

본 연구는 조사대상은 매우 제한되어 있었다. 6개 응급의료센터에서 외상환자 중 둔상환자만을 대상으로 하였다. 하지만 우리 나라에서 외상 중 관통상의 비중은 매우 낮다. 본 연구에서는 입원 외상환자 포함기준으로 ICISS 기대생존확률 0.98 이하이거나 사망한 환자를 모집단으로 표본추출을 시행하였는데, 이는 조사대상 응급의료센터 전체 입원 외상환자의 약 70%를 차지하는 경증 외상환자를 배제함으로써 조사의 효율성을 높이기 위한 것이었다. 경증 외상환자가 배제됨으로써 일부 기대하지 못했던 사망 및 생존 사례가 응급의료센터의 W-score에 미치는 영향을 줄였을 것으로 판단된다. 예상하지 못했던 사망에 해당하는 기대생존확률이 높은 사망환자가 조사대상 포함됨으로써 응급의료센터간 W-score의 차이를 확대하는 방향으로 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또한 이는 ICISS 기대생존확률모형의 예측타당도를 떨어뜨리는 방향으로 작용하였을 가능성이 있다. 의무기록에 GCS가 기록되지 않은 경우는 환자의 주관적 의식상태를 RTS에서 사용하는 GCS 코드 값으로 전환하여 사용했다. 이는 본 연구의 제한점이기는 하나 ICD-10을 이용한 ICISS의 예측타당도를 낮추는 방향으로 영향을 미쳤을 가능성이 높다.

전문가 패널을 이용하여 예방가능한 외상 사망률을 평가하는 연구는 외상환자 진료결과와 외상진료체계의 성과를 평가하는데 널리 활용되고 있다. 전문가 패널 방법론은 예방가능한 사망에 대한 판단이 주관적일 가능성이 있다는 점이 가장 큰 제한점으로 지적되고 있지만, 전문가 패널간의 일치도가 높을수록 연구결과의 타당도는 높다고 할 수 있다. 전문가 패널 연구에서 예방가능한 사망의 판단기준의 명확성, 조사대상의 질환구성(case mix), 전문가 패널의 구성, 자료원의 다양성 및 충실성, 조사과정 및 판단 방식 등과 같은 방법론이 평가자간 일치도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(MacKenzie, 1999).

본 연구에서는 전문가 패널 방법론의 타당도를 높이기 위하여 예방가능한 사망의 판단기준을 명확히 하고, 현지 방문조사를 통하여 가능한 모든 자료원을 조사하였으며, 사전에 개발된 조사지를 이용한 구조화된 묵시적 검토(structured implicit review)를 시행하였으며, 전문가 패널의 판단 방법을 만장일치로 하였으며, 중증 외상환자 진료와 관련된 응급의학과, 일반외과, 신경외과를 전문가 패널에 포함시켰다. 예방가능한 사망 여부를 정확하게 판단하는 데 필요한 자료가 부족할 경우 이러한 전문가 패널 연구의 신뢰도는 낮아진다. 일반적으로 예방가능한 사망 여부를 정확하게 판단하기 위해서는 병원 의무기록 이외에 부검기록(autopsy record)과 병원전 진료기록(prehospital record)이 요구된다. 하지만 우리 나라에서는 사망환자에 대한 부검 기록이나 병원전 진료기록은 거의 찾아볼 수 없으며, 이는 본 연구에서도 마찬가지였다. 이러한 외상 사망환자 관련 기록의 부족으로 인하여 예방가능한 사망에 대한 판단의 정확성이 낮아졌을 가능성이 있다. 또한 본 연구에서 예방가능한 사망을 판단하기 어려운 경우는 조사대상에서 제외하였는데, 이 역시 예방가능한 사망률 수준에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 본 연구에서 외상사망사례 10건을 대상으로 두 전문가 패널간의 예방가능한 사망에 대한 판단의 일치도를 평가한 결과, 전반적 일치도는 70%로 기존 연구와 유사한 수준이었다(MacKenzie, 1999).

ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 예측타당도는 민감도 36.1%, 특이도 98.7%, ROC 곡선하의 면적 0.860으로 기존 연구결과(민감도=73.1%, 특이도=96.2%, ROC 곡선하의 면적=0.956)에 비하여 낮은 수준이었다(Kim 등, 2000). ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 민감도가 Kim 등(2000)의 연구에 비하여 특히 낮았던 것은 ICISS 기대생존확률이 0.5 이상인 환자 중 예상하지 못했던 사망 사례가 많았음을 의미한다. 이는 본 연구에서 기대생존확률이 높은 사망사례를 표본추출 모집단에 포함시켰기 때문에 조사대상에 예상하지 못했던 사망 사례가 많이 포함되었기 때문일 가능성이 있다. 이는 외상 사망환자에서 ICISS를 이용한 기대생존확률의 예방가능한 사망에 대한 양성예측도가 기존 연구에 비하여 높은 수준이었던 것과 일치하는 결과이다. Kim 등(2000)의 연구에서는 2개 응급의료센터만을 대상으로 했던 반면, 질적 수준이 다양한 여러 응급의료센터를 대상으로 하였던 것도 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또한 본 연구에서

ICISS 확장모형을 구축하는 데 사용되었던 자료의 질적 수준에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 기존 연구에서는 동시적인 조사를 통하여 GCS를 포함한 환자의 생체징후를 조사했으나, 본 연구에서는 GCS가 기록되지 않은 경우 환자의 주관적 의식상태를 GCS 코드 값으로 전환하여 사용했다. 기존 연구에서는 의무기록사들이 조사대상환자의 상병코드를 직접 조사했으나, 본 연구에서는 응급의료센터에서 생성된 상병코드를 사용했다.

본 연구는 예방가능한 사망에 대한 황금기준으로 간주되는 전문가 패널의 판단결과와 ICD-10을 이용한 ICISS 기대생존확률간의 일치도를 평가함으로써 ICISS의 준거타당도를 평가하기 위한 것이었다. ICISS 기대생존확률과 전문가 패널간의 예방가능한 사망에 대한 판단간의 일치도는 TRISS를 이용한 기존 연구결과와 유사한 수준이었다. 또한 ICISS에 근거한 응급의료센터별 W-통계량과 예방가능한 사망률간의 상관관계는 경계역의 유의성을 나타냈으나 높은 수준이었다. 이러한 본 연구의 결과는 ICD-10을 이용한 ICISS를 예방가능한 사망 사례를 선별하는 데, 응급의료기관을 대상으로 외상환자진료의 질적 수준을 평가하는 유용하게 활용할 수 있음을 시사하고 있다.

참 고 문 헌

- 고영관, 김정호, 이상목, 이기형, 홍성화, 윤충. ASCOT method를 이용한 응급실 내원 외상환자의 생존율 분석. 대한응급의학회지 1994; 5(2): 233-39.
- 안재억, 유근영, 이중환. 의학, 보건학 통계분석. 고려정보산업, 1998: 327.
- 문성하, 정경석. 다발성 외상환자의 특징과 적정진료평가. 대한응급의학회지 1994; 5(1): 34-47.
- 신준섭, 정구영. 외상팀 운영의 조건. 대한외상학회지 1996; 9(1): 105-111.
- American College of Surgeons. Resources for optimal care of the injured patients. American College of Surgeons, 1993.
- American College of Surgeon Committee on Trauma. Advanced life support course. 1989: 72.
- 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.
- Cayten CG, Stahl WM, Agarwal N, Murphy JG. Analysis of preventable death by mechanism of injury among 13,500 trauma admissions. Ann Surgery 1991; 214(4): 510-521.
- Cayten CG, Stahl WM, Murphy JG, Agarwal N, Byrne DW. Limitations of the TRISS method for interhospital comparisons: A multihospital study. J of Trauma 1991; 31(4):

471-482.

- Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Trauma scoring. In Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL. Trauma. 3rd ed. Appleton & Lange, 1995: 53-66.
- Hannan EL, Farrel LS, Gorthy SH, Bessey PQ, Cayten CG, Cooper A, Mottley L. Predictors of mortality in adult patients with blunt injuries in New York State: A comparison of the trauma and injury severity score(TRISS) and the International Classification of Diseases Ninth Revision-based Injury Severity Score(ICISS). J of Trauma 1999; 47(1): 8-14.
- Karmy-Jones R, Copes WS, Champion HR, Weight J, Shackford S, Lawnick M, et al. Result of a multi-institutional outcome assessment: Result of a structured peer review of TRISS-designated unexpected outcome. J of Trauma 1992; 33(2): 196-203.
- Kim Y, Jung KY, Kim CY, Kim YI, Shin Y. Validation of the International Classification of Diseases 10th Edition-based Injury Severity Score. Journal of Trauma 2000; 48(2): 280-285.
- MacKenzie EJ. Review of evidence regarding trauma system effectiveness resulting from panel studies. J Trauma 1999; 47(3): S34-S41.
- 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.
- McDermott FT. Trauma audit and quality improvement. Aust N Z J Surg 1994; 64(3): 147-154.
- McDermott FT, Corder SM, DipCrim, Tremayne AB. Evaluation of the medical management and preventability of death in 137 road traffic fatalities in Victoria, Australia: An overview. J Trauma 1996; 40(4): 520-535.
- Osler TM, Cohen M, Roger FB, Camp L, Rutledge R, Shackford SR. Trauma registry coding is superflous: 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, 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.

- 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.
- 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.
- 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.