

## 외상환자에 있어서 중증도 보정 사망률 모형 개발 및 타당도 평가

인제대학교 일산백병원 임상연구센터 신경외과학교실

손 문 준

## Development of Severity-Adjusted Mortality Model and Its Validity Evaluation in Trauma Patients

Moon-Jun Sohn, M.D.

Department of Neurosurgery, Clinical Research Center, Inje University Ilsan Paik Hospital, College of Medicine, Goyang, Korea

**Objectives:** Quality evaluation is the most important factor in trauma care and emergency care system to maintain and improve the quality level. It is necessary to provide the alternative methodology that is easily applicable and highly valid in the country, which has lack of the data related to traumatic care and emergency care. The aim of this study was to assess the validation of ICISS that was an evaluation tool of the probability of mortality in traumatic patients. Providing the applicable and high valid evaluation tool for the probability of severity-adjusted mortality in traumatic patients, ultimately we are to contribute to improve the quality of emergency care in traumatic patient.

**Methods:** With collecting the computerized patient's data from 35 emergency care centers, expected survival rate on each ICD code and modeling of ICISS were established. The model was applied on total 1087 trauma patients who treated at 6 emergency care centers during two years. In addition, physiologic evaluating tool, RTS and ICISS were established and evaluated. The statistical performance of the developed model was evaluated by c-statistic, R<sup>2</sup>, and Hosmer-Lemeshow statistic. Hospital performance was evaluated by severity-adjusted mortalities.

**Results:** ICISS expected survival rate and preventable death judged by specialist panel groups was 38.9% and kappa statics was 0.027 ( $p < 0.001$ ). The c-statistic and R<sup>2</sup> were 0.942 and 0.218, respectively. Hosmer-Lemeshow statistic was 9.987 ( $p = 0.265$ ). Comparing the quality of emergency care centers by ICISS severity adjusted mortality rates, there were no significant differences in emergency care performance.

**Conclusion:** The severity adjusted mortality rate using ICD-10 based ICISS and RTS is relatively useful tool for evaluating the results of emergency care as a quality indicator. However, further study is mandated to establish the standard tool for evaluating overall hospital performance of emergency care.

**Key Words:** Severity-adjusted Mortality · RTS (Revised Trauma Score) · ICISS (ICD-10 based Injury Severity Score) · Emergency care · Quality evaluating tool



## 서 론

외상은 전체 연령의 인구에서 주요 사망 원인으로, 암 및

뇌혈관질환에 이어 사망률 3위를 차지하며, 45세 이하의 연령 군에서는 가장 높은 사망 원인이다. 더욱이 외상에 의한 사망은 젊은 연령층에서 많이 발생하기 때문에 추정 손실연수가 가장 높으며, 영구적인 신체장애를 남기는 가장 흔한 원인으로 보고되고 있다<sup>2)</sup>.

외상에 의한 사망의 절반 정도가 사고 첫 수분 이내에 발생하며, 약 30% 정도는 수상 후 수 시간 이내에 발생하고, 나머지 20%가 수 일 또는 수 주일 내에 발생하는 점을 고려해 볼 때, 응급치료의 수행이 불가능한 수 분 이내의 사망을 제외한 약

Corresponding Author: Moon-Jun Sohn, M.D.  
Department of Neurosurgery, Inje University Ilsan Paik Hospital,  
2240 Daehwa-dong, Ilsan-Seo-gu, Goyang 411-410, Korea  
Tel: 82-31-910-7733, Fax: 82-31-915-0885  
E-mail: mjsohn@ilsanpaik.ac.kr

절반 정도의 외상 환자에 대해서 예방 가능한 사망을 줄이기 위한 효과적인 응급의료 체계의 개발이 요구된다<sup>2,4,11,18,20</sup>.

외상이 주요 사망 원인으로 부각된 1960년대 후반 이래, 응급의료체계의 질적 향상을 위한 외상 진료체계와 이의 수행에 대한 지속적인 평가가 이루어져 왔다. 특히 외상 사망환자에 있어서 예방 가능한 사망(preventable death)에 대한 응급의료 서비스의 효과적인 수행 및 이에 대한 평가가 강조되고 있다<sup>4,8-10,18,20-22</sup>. 외국에서는 TRISS(Trauma and Injury Severity Score)나 ASCOT(A Severity Characterization of Trauma)와 같은 표준화된 사망률 평가 도구에 의해 평가된 생존확률 50% 이상인 환자가 사망하는 경우는 거의 없고, 일부 생존확률 50% 이하인 환자도 생존하는 것으로 알려져 있다<sup>3,5,36</sup>. 그러므로 응급의료 체계의 질적 향상은 후자에 역점을 두어야 한다.

선진국에 비하여 높은 수준의 교통사고 사망률은 국내 응급의료체계 및 외상환자 진료의 질적 수준에 문제가 있음을 시사하고 있다. 국내의 일부 응급의료센터에서 이루어진 응급외상환자 사망률에 대한 연구 결과에서 전체 외상 사망의 40% 정도가 중증도를 고려할 때, 예방 가능한 사망이었는 것으로 보고되었다<sup>34</sup>. 이들 연구에서 응급의료센터에서 사망한 외상환자의 약 40% 정도가 TRISS나 ASCOT와 같은 방법론에 의해 평가된 기대 생존확률이 50% 이상인 예방 가능한 사망으로 나타났다<sup>10,12,15,23,38</sup>. 또한 응급의료센터로 후송되어 사망한 환자 중 약 절반 정도가 이송 중 부적절한 응급처치로 인한 것이라는 연구 결과도 보고된 바 있다<sup>20</sup>.

질 평가 활동은 응급의료의 질적 수준을 유지하고 향상시키는 데 중요한 요소이다. 그리고 체계적인 질 평가가 이루어지기 위해서는 타당도와 유용성이 입증된 질 평가 도구가 전제되어야 한다. 대표적인 외상환자 중증도 평가 도구로는 Injury Severity Score(ISS), Trauma and Injury Severity Score(TRISS)와 A Severity Characterization of Trauma(ASCOT)가 있다<sup>1,6-7</sup>. TRISS를 적용하기 위해서는 Abbreviated Injury Scale(AIS)에 근거하여 외상환자 자료의 수집이 필요하다. TRISS나 ASCOT는 표준적인 중증도 평가 도구로서 정립되었음에도 불구하고, 자료수집에 많은 비용과 노력이 소요되기 때문에 널리 확산되지 못하고 있다<sup>5,13,15,37</sup>. 이들 도구가 개발된 미국에서도 전체 외상환자의 20% 미만에 대해서만 평가가 이루어지고 있으며, 영국과 호주, 뉴질랜드 등에서도 소수의 병원에서 연구 목적으로 운영되고 있고<sup>22</sup>, 국내에서도 일부 대학병원에서만 한정적인 연구가 이루어졌을 뿐이다<sup>19-20,25,38</sup>.

우리나라와 같이 응급의료자원이 빈약한 곳에서는 타당도가 높으면서도 손쉽게 적용할 수 있는 대안의 외상환자 중증

도 평가도구가 필요하다. 이러한 점에서 개발된 것이 International Classification of Diseases 9th revision based Injury Severity Score(ICISS)이다<sup>26-28,29-35</sup>. ICISS는 병원에서 일상적으로 생성되는 국제표준질병사인 분류코드(International Classification of Diseases, ICD)를 이용하여 외상환자 사망 확률을 평가하는 도구이다. 기존 연구에서 ICISS의 예측 타당도는 ISS와 TRISS에 비해 우수하였다<sup>26,28-35</sup>. 그러나 ICISS는 ICD-9CM(ICD 9th Edition Clinical Modification)에 근거하여 개발되었기 때문에, 현재 ICD-10(ICD 10th Edition)을 사용하고 있는 국내에서는 이를 이용한 ICISS의 타당도가 검증되어야 한다<sup>26,28-35</sup>.

본 연구에서는 외상 환자에 대한 중증도를 보정한 사망확률 예측 모형을 구축하고, 이모형을 활용하여 대상 병원에 대한 의료 서비스의 질을 평가해 보고자 하였다. 외상환자 중 두부손상 환자를 대상으로 외상환자 사망 확률 평가도구인 ICISS의 타당도를 검증하기 위하여 ICD-10을 이용한 ICISS의 준거 타당도를 평가하고, ICISS에 근거한 기대사망확률과 전문가 패널의 예방 가능한 사망에 대한 판단간의 일치도를 평가하고자 하였다. 아울러 이를 이용하여 병원의 사망률을 평가하고자 하였다.

질 평가 도구를 병원에서 적용하기 위하여서는 중증도가 보정된 모형을 사용하여야 하는데, 이에에는 기존에 개발되어 있는 방법을 활용하는 것과 위험요인을 보정한 사망확률 예측 모형을 직접 개발하는 것이 있다. 외상환자에 적용되는 질 평가 방법은 W-통계량과 Z-통계량이 사용되고 있는데, 본 연구에서는 이를 산출하고, 예측모형을 개발하고자 한다. 기존의 방법을 활용하는 경우 도구의 타당도가 검증되어 있다는 장점이 있으나 모형을 개발하는 경우에는 중증도를 반영하는 위험요인을 선정하여 사망확률 모형을 새롭게 구축해야 되고, 구축된 모형이 수용될 수 있는 타당도를 갖고 있음을 입증해야 하는 부담을 갖고 있다. 그러나 이의 경우 위험요인 선택의 범위가 확장되는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서 ICISS의 도구 검정과 함께 W-통계량과 Z-통계량을 구하고 아울러 외상환자 중증도 보정 사망 확률 평가 모형을 제공하여 이를 응급의료센터 별로 적용하고자 하였다.



## 대상 및 방법

### 1. 연구의 틀

본 연구는 크게 두 부분으로 나누어진다. 하나는 외상사

망 환자를 대상으로 ICD-10을 이용한 ICSS의 타당도를 평가하기 위하여, ICSS를 이용한 기대 생존확률과 전문가 판단간의 일치도를 평가 한다. 두 번째는 사망을 평가도구인 W-통계량, Z-통계량과 ICSS를 기반으로 한 중증도 보정 모형을 각각 구한 후 양자간의 상관관계를 구한다.

## 2. 연구 대상

### 1) 조사 대상 응급의료센터

전국 35개 병원의 응급의료센터에서 1996년 1월 1일부터 1년 동안 해당 응급의료센터에서 사망한 환자와 응급의료센터를 경유한 입원환자의 전산자료를 수집하였다. 응급환자의 전산자료 수집이 가능했던 35개 응급의료센터 중 3차병원 2개소와 비 3차병원 4개소를 임의로 조사대상으로 선정하였다. 응급의료센터 전산자료에는 주민등록번호, 의료보장 유형, 내원경로, 입원경로, 진료과 등의 일반사항과 상병코드 10개, 생존 및 사망 여부 등이 포함되어 있었다. 이중 외상환자는 주상병 코드가 ICD-10코드 중 S와 T에 해당하는 환자로 정의하였으며 동상(T33-T35), 중독(T36-T65), 외인의 기타 및 상세 불명의 영향(T66-T78), 달리 분류되지 않은 외과적 및 내과적 처치의 합병증(T80-T88)을 제외하였다. 이들 외상환자 중 손상기전이 둔상이 아닌 경우도 조사 대상에서 제외하였다.

### 2) 두부외상 사망 환자의 선정

1996년 1월 1일부터 1년 동안 조사 대상 응급의료센터 내, 혹은 입원 후 사망한 외상환자 중 두부손상 환자를 조사 대상으로 하였다. 응급의료센터 별로 해당 두부손상 환자를 무작위 표본추출(random sampling)하였다. 사망 환자는 해당 의료기관에서 30일 이내 사망한 환자 또는 가망없는 퇴원 환자로 정의하였다. DOA (death on arrival) 환자와 내원 후 수 시간 내에 사망하여 예방 가능한 사망 여부를 판단할 수 없는 사례는 조사 대상에서 제외하였다.

### 3) 두부외상 입원 환자의 선정

1996년 1월 1일부터 1년 동안 조사 대상 응급의료센터를 거쳐 입원한 외상 환자들 중 ICSS와 연령을 이용하여 구축한 기대 생존확률 예측 모형에서 기대 생존확률 0.98 이하인 환자군 또는 사망 환자군을 모집단으로 하였다. 조사 대상 응급 의료센터별로 150명의 두부외상 입원환자를 무작위 표

본 추출하였다. 두부외상 입원환자가 150명 미만인 경우는 전수를 표본 추출하였다.

## 3. 자료 수집

### 1) 의무기록자료 수집

병원 근무경력 5년 이상인 의무기록사 4인을 조사자로 활용하였다. 두부외상 환자의 의무기록을 검토하여 상병코드, Revised Trauma Score (RTS), 사망 여부를 조사하였다. 전문가 패널에 의한 예방 가능한 사망에 대한 판단과 ICSS 기대 생존확률간의 일치도를 평가하기 위하여 4명의 의무 기록사가 조사 대상 두부외상 사망 환자의 ICD-10 상병코드를 10개까지 조사하였다. 진료 결과는 생존과 사망으로 구분하였다.

### 2) 두부외상 사망 환자에 대한 전문가 평가

응급의학과, 일반외과, 신경외과 전문의 3인으로 구성된 2개의 패널을 구성하였으며, 1개 전문가 패널 당 3개 응급의료센터를 조사하였다. 각 전문가 패널이 조사대상 응급의료센터를 방문하여 조사 대상 사망 환자의 의무기록 등을 검토하였다. 한전문가가 담당한 사망 사례를 구조화된 조사양식을 이용하여 독립적으로 검토한 후, 담당 사례를 발표하고 다른 전문가와 토의하는 과정을 거쳐 최종적으로 사망의 예방 가능성을 판단하였다. 판단이 일치하지 않는 경우는 두개 전문가 패널 합동회의에서 토의 후 다수결로 결정하였다.

사망의 예방 가능성은 생존확률 25% 미만인 경우를 non-preventable (NP), 25%에서 75%인 경우를 potentially preventable (PP), 75% 이상인 경우를 preventable (P)의 세 가지 범주로 구분하여 판정하였다<sup>22)</sup>. 외상 및 합병증의 중증도가 생존 가능한 수준이며, 진료 과정에 오류가 발생하였고, 이러한 진료 오류가 사망에 직간접적인 영향을 미친 경우를 예방 가능한 사망 사례로 판정하였다. 진료 오류에 대한 판단은 Advanced Trauma Life Support (ATLS)에 기술된 진료지침에 근거하였다.

전문가 패널은 두부외상 사망 환자의 사고 발생 시간과 병원 전 진료관련 사항, RTS를 포함한 내원 시 환자 상태, 수술명 등 병원 진료 관련 사항과 진료오류, 사망 원인, 동반 질환 등을 조사하였다.

### 3) ICSS

ICSS는 국제표준질병 분류코드를 이용하여 두부외상 환

자의 중증도를 평가하는 도구이다. 본 연구에서는 ICD-10 상병코드별 기대 생존확률(survival risk ratio, SRR) 데이터베이스를 구축한 후, 외상 환자별ICISS 기대 생존확률을 구하였다<sup>26,28-31)</sup>.

ICISS의 사망확률 예측 타당도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 전체 둔상 환자 중 두부손상 환자로 제한하였는데, 두부손상의 상병코드별 기대 생존확률에 큰 차이가 있기 때문이다.

### (1) SRR값 계산

35개 응급의료센터를 통해 1996년 1월 1일부터 12월 31일까지 입원한 47,750명의 외상환자 데이터베이스를 이용하여 다음과 같이 각 상병코드(ICD-10) 별 생존 위험확률(SRR)을 계산하였다.

환자가 입원기간 중 사망한 경우 해당 환자의 모든 상병코드에 1을, 환자가 입원기간 중 사망하지 않은 경우엔 모든 상병코드에 0을 연결시키고, 데이터베이스에 포함된 외상환자의 모든 상병코드를 일렬로 나열한 다음 각 상병 코드별로 중복된 0과 1의 출현 빈도수를 계산했다. 연구에서 사용한 외상환자의 데이터베이스에는 모두 5,309개의 상병코드가 포함되었다. 개별 상병코드 별 SRR 값은 다음과 같이 계산하였다.

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

SRR<sub>ICD(i)</sub>: SRR for each ICD diagnosis i

### (2) ICISS값 계산

앞서 계산된 5,309개 상병 코드별 SRR 값을 750명의 외상 환자 데이터베이스에 적용하여 개별 환자별 ICISS 값을 구하였다. 최종적으로 구한 ICISS 값의 신뢰도와 타당도를 높이기 위해 개별 환자별 상병코드는 3개 이상 10개 이하로 제한하였고<sup>26)</sup>, 개별 환자별 ICISS 값을 계산하기 위해 상병코드가 10개 이하인 환자는 빈 상병 코드란에 1을 입력한 후 10개 상병코드에 SRR 값을 적용한 후 이를 모두 곱해 다음과 같이 ICISS 값을 구하였다.

$$ICISS = SRR_1 \times SRR_2 \times \dots \times SRR_{10}$$

SRR<sub>1</sub> = Probability of Survival of Injury 1

SRR<sub>2</sub> = Probability of Survival of Injury 2

⋮

SRR<sub>10</sub> = Probability of Survival of Injury 10

모형 개발에 사용된 자료를 그대로 모형 평가에 적용하는 경우 발생할 수 있는 판별능력에 대한 과적합을 피하기 위해서 교차 타당법(cross-validation)을 이용하였다. 조사 대상을 무작위로 10%와 90%의 자료로 모형적합 후 c통계량을 산출하였고, 이 작업을 10회 반복한 후 그 평균값을 시하였다. 사망확률 예측 모형의 적합도를 평가하는 지표로 Hosmer-Lemeshow 통계량을 이용하였다.

### (3) ICISS 확장모형

ICISS 확장 모형은 외상환자의 기대 생존확률(Ps)을 산출하기 위하여 ICISS 이외에 RTS와 연령을 포함하여 로짓회귀 분석 모형을 구축한 것이다<sup>26)</sup>. 상의 중증도가 동일한 경우 환자의 연령이 55세 이상인 경우 사망 확률이 더 높기 때문에, 아래 식에서 55세 이상인 경우 AGE = 1이 되고, 55세 미만인 경우는 AGE = 0이 된다.

$$Ps = 1 / (1 + e^{-b})$$

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

외상환자에서 대표적인 생리학적인 중증도 지표인 RTS는 두부손상 환자의 의식상태를 평가하는데, 사용되는 GCS(Glasgow Coma Scale)와 수축기 혈압(SBP; systolic blood pressure), 호흡수(RR; respiration rate)를 이용하여 계산한다(Table 1). 우리나라 응급 의료 센터에서 일반적으로 GCS를 사용하여 의식상태를 평가하지 않기 때문에, 의무기록에 기록된 환자 의식상태에 대한 기술 내용을 RTS에서 사용되는 GCS 코드 값으로 조작적으로 정의하여 조사하였다.

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

### 4) Z-통계량

Z-통계량은 평가 대상 의료기관의 실제 생존 환자수(A)와 기존의 질적 표준에 근거한 기대 생존환자수(E)를 비교하는 것이다. 기대 생존환자수(E)는 개별 환자의 기대 생존확률의 합( $\sum P_i$ )으로 나타나며, 통계적인 변이 요인(S)은  $\sqrt{\sum P_i(1-P_i)}$ 로 계산된다. Z-통계량이 +1.96 초과 또는 -1.96 미만일 경

**Table 1.** Characteristics of study patients by hospital (Trauma admission patients)

Hospital	A	B	C	D	E	F	Total
No. of study patients	155	185	155	94	117	121	827
<b>Sex</b>							
Female	38 (24.5)	55 (29.7)	45 (29.0)	22 (23.4)	23 (19.7)	28 (23.1)	211 (25.5)
Male	117 (75.5)	130 (70.3)	110 (71.0)	72 (76.6)	94 (80.3)	93 (76.9)	616 (74.5)
<b>Age</b>							
<20	27 (17.4)	52 (28.1)	34 (21.9)	25 (26.6)	17 (14.5)	32 (26.5)	187 (22.6)
20 ~ 29	23 (14.8)	30 (16.2)	24 (15.5)	11 (11.7)	12 (10.3)	12 (9.9)	112 (13.5)
30 ~ 39	29 (18.7)	30 (16.2)	21 (13.6)	15 (16.0)	14 (11.9)	18 (14.9)	127 (15.4)
40 ~ 49	19 (12.3)	19 (10.3)	13 ( 8.4)	11 (11.7)	9 ( 7.7)	11 ( 9.1)	82 ( 9.9)
50 ~ 59	25 (16.1)	14 ( 7.6)	21 (13.6)	11 (11.7)	18 (15.4)	14 (11.6)	103 (12.5)
60 ~ 69	16 (10.3)	21 (11.4)	13 ( 8.4)	11 (11.7)	23 (19.7)	16 (13.2)	100 (12.1)
≥70	16 (10.3)	19 (10.3)	29 (18.7)	10 (10.6)	24 (20.5)	18 (14.9)	116 (14.0)
<b>RTS</b>							
<1	0 ( 0.0)	1 ( 0.5)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 ( 0.9)	0 ( 0.0)	2 ( 0.2)
1 ~ 4	1 ( 0.7)	4 ( 2.2)	3 ( 1.9)	1 ( 1.1)	3 ( 2.6)	2 ( 1.7)	14 ( 1.7)
4 ~ 6	12 ( 7.7)	16 ( 8.7)	6 ( 3.9)	8 ( 8.5)	15 (12.8)	13 (10.7)	70 ( 8.5)
6 ~ 7	14 ( 9.4)	24 (13.0)	23 (17.6)	22 (23.4)	10 ( 8.6)	38 (31.4)	131 (15.8)
7 ~ 7.87	128 (82.6)	140 (75.7)	123 (79.4)	63 (67.0)	88 (75.2)	68 (56.2)	610 (73.8)
No. of death	8	14	9	3	17	18	69
Mortality(%)	5.2	7.6	5.8	3.2	14.5	14.9	8.3

우 기존의 질적 표준에 비하여 통계적으로 유의하게 사망률이 높거나 낮음을 의미한다. 즉 Z-통계량이 +1.96 초과일 경우 기존의 질적 표준에 비하여 실제 생존자 환자 수가 유의하게 많아 질적 수준이 높음을 의미한다.

### 5) W-통계량

외상환자에서 손상의 증증도에 근거한 기대사망률과 실제 관찰생존율을 비교함으로써 응급의료센터간의 진료 결과를 비교할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 응급의료기관의 질적 수준의 측정지표를 W-통계량을 이용하였다. 개별 환자의 ICISS값에서 이 값이 0.5 이상인 경우를 생존으로, 0.5 미만인 경우를 사망으로 분류하였고, 이를 실제 생존 또는 사망 환자 수와 비교하여 W-통계량의 계산식은 다음과 같다.

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

A: 대상 응급의료센터의 실제 생존 환자수

E: 기존의 질적 표준에 의한 기대 생존 환자수

N: 응급의료센터 방문 전체 외상 환자수

W-통계량은 실제 생존환자수와 기존의 질적 표준에 의한 기대 생존 환자 수의 차이를 조사 대상 환자 100명당으로 표준화한 것으로 특정 응급의료센터의 W-통계량이 3이라고 하면 외상환자 100명을 진료했을 때, 우리나라 응급의료센터의 평균 수준에 비해 3명의 환자를 더 살리는 것을 의미한다.

### 6) 병원별 사망률 평가를 위한 모형 개발

사망모형에 포함된 위험요인을 독립변수로 하고 사망 여부를 종속변수로 하는 로짓회귀모형을 구축하여 도구별로 각 환자의 기대 사망확률을 산출한 후에 병원별 평균값을 얻어 병원별 기대 사망률을 구하였고, 이 값으로 병원별 실제 사망률을 나눈 후에 조사대상 전체의 사망률을 곱하여 각 병원의 증증도 보정 사망률을 구하였다.



대상 병원 응급의료센터의 응급의료 수행의 성과에 따른 질 평가하기 위하여 외상 환자의 병원별 중증도 보정 사망률의 신뢰구간과 전체 대상자의 실제 사망률을 비교하였다. 평가 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서 중증도 보정 사망률의 신뢰구간을 산출하여 비교하였고<sup>14)</sup>, 중증도 보정 사망률의 의미가 개별병원에 내원한 환자의 중증도가 전체 대상자의 중증도와 동일하다고 할 때 기대되는 사망률이기 때문에 그 결과를 전체 대상자의 실제 사망률과 비교하였다.

## 7) 개발된 모형의 사망률과 W-통계량과의 상관관계

각 병원별로 개발된 모형의 사망률과 W-통계량간의 상관관계를 Spearman 상관계수를 이용하여 평가하였다.



## 결 과

### 1. 대상병원 및 환자의 특성

전체 조사 대상 병원은 6개이었으며, 표본 추출된 외상환자는 모두 827명이었었다. 이들 중 의무기록의 부재, 조사대상 선

정기준에 충족되지 않거나, 내원 당시 생체징후의 기록이 미비하였던 경우 115건을 제외한 두부손상이 있는 827건을 조사하였다. 의무기록 미비 등에 의한 조사 제외 대상 환자는 병원별로 D병원이 15.3%로 가장 낮았으며, B병원이 18.2%로 가장 높았다. 각 병원별 환자의 특성을 조사한 결과는 Table 1, 2와같다. 병원별 성별 분포에는 통계적으로 유의한 차이를 보였는데( $p<0.01$ ), 남자가 전체 조사 환자의 약 74.5%를 차지하였다.

외상입원 환자의 경우 대상 환자들의 연령별 분포를 보면 20세 이하가 22.6%로 가장 많았으며, 40대의 분포가 9.9%로 낮았다. 50세 이하가 61.4%이었고, 50세 이상은 38.6%이었으나, 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. RTS는 7~7.84점이 73.8%로 높았으며, 1점 이하는 0.2%로 낮았다. 6개 병원별 사망률은 F병원이 14.9%로 높았으며, D병원이 3.2%로 낮았다(Table 1).

외상사망 환자의 경우 남자가 전체 조사 환자의 81.9%를 차지하였다. 대상 환자들의 연령별 분포를 보면 70세 이상이 19.4%로 높았으며, 60대는 8.3%로 낮았다. RTS는 4~6점이 47.2%로 높았으며, 7~7.84점이 5.6%로 낮았다(Table 2).

Table 2. Characteristics of study patients by hospital (Trauma death patients)

Hospital	A	B	C	D	E	F	Total
No. of study patients	13	13	9	6	19	12	72
<b>Sex</b>							
Female	0 ( 0.0)	2 ( 2.8)	2 (2.8)	1 (1.4)	4 ( 5.6)	4 ( 5.6)	13 (18.1)
Male	13 (18.1)	11 (15.3)	7 (9.7)	5 (6.9)	15 (20.8)	8 (11.1)	59 (81.9)
<b>Age</b>							
<20	5 ( 6.9)	2 ( 2.8)	0 (0.0)	1 (1.4)	2 ( 2.8)	3 ( 4.2)	13 (18.1)
20 ~ 29	2 ( 2.8)	2 ( 2.8)	1 (1.4)	0 (0.0)	2 ( 2.8)	1 ( 1.4)	8 (11.1)
30 ~ 39	3 ( 4.2)	2 ( 2.8)	1 (1.4)	1 (1.4)	1 ( 1.4)	1 ( 1.4)	9 (12.5)
40 ~ 49	1 ( 1.4)	2 ( 2.8)	2 (2.8)	1 (1.4)	3 ( 4.2)	0 ( 0.0)	9 (12.5)
50 ~ 59	1 ( 1.4)	2 ( 2.8)	0 (0.0)	2 (2.8)	7 ( 9.7)	1 ( 1.4)	13 (18.1)
60 ~ 69	0 ( 0.0)	3 ( 4.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 ( 2.8)	1 ( 1.4)	6 ( 8.3)
≥70	1 ( 1.4)	0 ( 0.0)	5 (6.9)	1 (1.4)	2 ( 2.8)	5 ( 6.9)	14 (19.4)
<b>RTS</b>							
<1	2 ( 2.8)	1 ( 1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 ( 4.2)	1 ( 1.4)	7 ( 9.7)
1 ~ 4	6 ( 8.3)	2 ( 2.8)	4 (5.6)	1 (1.4)	4 ( 5.6)	1 ( 1.4)	18 (25.0)
4 ~ 6	4 ( 5.6)	9 (12.5)	4 (5.6)	4 (5.6)	9 (12.5)	4 ( 5.6)	34 (47.2)
6 ~ 7	1 ( 1.4)	1 ( 1.4)	0 (0.0)	1 (1.4)	2 ( 2.8)	4 ( 5.6)	9 (12.5)
7 ~ 7.84	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 (1.4)	0 (0.0)	1 ( 1.4)	2 ( 2.8)	4 ( 5.6)

## 2. ICISS와 예방 가능한 사망에 대한 판단의 일치도

### 1) 2단 분류의 일치도

2단 분류의 일치도란 ICISS에 의한 중증도 보정 기대생존 확률이 0.25 미만인 경우 NP (Non-preventable)로, 0.25 이상인 경우 PP/P(Potentially preventable 또는 Preventable)로 분류되었을 경우 판단이 일치한 것을 말한다. 두 가지 판단으로 구분하였을 때, ICISS의 중증도 보정 사망확률과 전문가의 의무기록 조사에 의한 예방 가능한 사망에 대한 판단이 일치하는 경우는 모두 37건으로 일치율은 51.4%였다. ICISS에 의한 기대 생존확률이 높을수록 NP는 감소하는 양상을 나타냈으며, PP/P는 일정한 양상을 나타내지 않았다. 기대 생존확률이 0.75 이상인 경우 NP로 분류된 경우는 11.1%였으며, 8.4%

가 PP/P로 분류되었다. 기대 생존확률이 0.25~0.75 인 경우 NP로 분류된 경우는 34.7%, PP/P로 분류된 경우는 11.1%였다. 기대 생존확률이 0.25 미만인 경우 NP로 분류된 경우는 31.9%를 차지하였으며, 2.8% 만이 PP/P로 분류되었다(Table 3).

### 2) 3단 분류의 일치도

3단 분류 일치도란 ICISS에 의한 중증도 보정 기대 생존 확률이 0.75 이상인 경우가 P(Preventable)로, 0.25~0.75 인 경우가 PP(Potentially Preventable)로, 0.25 미만인 경우가 NP (Non-preventable)로 분류되었을 경우 판단이 일치한 것으로 판정한 것을 말한다. 전체 조사 대상 72명 중 3단 분류에 의하여 판단이 일치한 경우는 모두 28건으로 일치율은 38.9%, 카파통계량은 0.027( $p < 0.001$ )였다. ICISS에 의한 기대 생존확률이 높을수록 NP는 감소하는 양상을 나타냈으며, P는 증가하였으며, PP는 일정한 양상을 나타내지 않았다. ICISS에 의한 기대 생존확률이 0.75 이상인 경우 NP로 분류된 경우는 11.1%에 불과했으며, 5.6%가 PP로 2.8%가 P로 분류되었다. ICISS에 의한 기대 생존확률이 0.25~0.75인 경우 NP로 분류된 경우는 34.7%, PP로 분류된 경우는 9.7%, P는 1.4%가 분류되었다. ICISS에 의한 기대 생존확률이 0.25 미만인 경우 P로 분류된 경우는 한 건도 없었다(Table 4). 사망에 대한 영향 변수인 연령, RTS, SR10에 대하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다(Table 5).

**Table 3.** Agreement between preventability and ICISS survival probability

ICISS Survival Probability Preventability	≥0.75	0.25 ~ 0.75	<0.25	Total
NP	8(11.1)	25(34.7)	23(31.9)	56( 77.7)
PP/P	6( 8.4)	8(11.1)	2( 2.8)	16( 22.3)
Total	14(19.5)	33(45.8)	25(34.7)	72(100.0)

**Table 4.** Agreement between preventability and ICISS survival probability

ICISS Survival Probability Preventability	≥0.75	0.25 ~ 0.75	<0.25	Total
NP	8(11.1)	25(34.7)	23(31.9)	56( 77.7)
P	2( 2.8)	1( 1.4)	0( 0.0)	3( 4.2)
PP	4( 5.6)	7( 9.7)	2( 2.8)	13( 18.1)
Total	14(19.5)	33(45.8)	25(34.7)	72(100.0)

**Table 5.** Multiple logistic regression results

Variables	β-Coefficient	P-value	Odds Ratio	95% CI <sup>1)</sup>
Intercepts	-9.4773	0.0001		
Age				
≥50				
≤50	-0.9590	0.005	0.38	0.20 ~ 0.75
RTS				
Survived				
Death	1.0725	0.0001	2.92	2.32 ~ 3.68
SR10 <sup>2)</sup>	6.6849	0.0001	800.22	44.32 ~ 999.00

<sup>1)</sup>CI: confidence interval, <sup>2)</sup>SR10 = SRR\_1 + SRR\_2 ··· SRR\_10

## 3. 모형의 타당도 평가

외상환자 사망률을 예측하기 위해 개발된 통계적 모형의 타당도를 평가한 결과는 다음과 같다(Table 6). 두부손상 사망확률 예측모형의 민감도 97.9%, 특이도 44.9%, 오분류율 4.9%, ROC 곡선하의 면적은 0.942이다. 두부손상에서 사망확률 예측 모형의 적합도를 평가하는 지표인 Hosmer-Lemeshow 통계량은 9.98( $p = 0.2659$ )로, 적합한 모형에서 산출된 기대 사망률을 10분위로 구분하여 살펴 본 구간별 기대사망자수와 실제 사망자수간의 분포는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 7).

**Table 6.** Ability of developed model to predict in-hospital death

	Head trauma patients
Sensitivity(%)	97.9
Specificity(%)	44.9
Misclassification(%)	4.9
ROC analysis	0.942
H-L statistic	9.9873(P=0.2659)



#### 4. 중증도 보정 사망률과 병원간 성과 비교

병원별로 산출한 중증도 보정 사망률은 다음과 같다(Table 8). 중증도 보정 사망률의 범위는 실제 사망률의 범위보다 감소하였다. 중증도 보정 사망률의 95% 신뢰구간과 전체 대상자의 사망률을 비교할 때, 6개 대상 병원에서는 중증도 보정 사망률이 전체 사망률과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, C병원은 전체 대상자의 실제 사망률 8.9%보다

**Table 7.** Ability of developed model to predict in-hospital death

Deciles by pre-dicted probability of Death	Subjects	Actual mortality	Expected mortality
1.0	78	0	0.47
2.0	87	0	0.65
3.0	81	0	0.75
4.0	82	1	0.93
5.0	83	0	1.23
6.0	84	0	1.72
7.0	83	1	2.54
8.0	83	6	4.57
9.0	83	16	10.29
10.0	83	45	45.86

높은 것으로 나타났으나, 신뢰구간 범위 내에 포함되어 통계적 유의성은 없었다.

#### 5. 응급의료센터의 중증도 보정 사망률

응급의료 센터별로 W-통계치는 -2.37에서 6.78까지 분포하였다. 이는 W-통계치가 가장 높은 병원의 경우 중증도를 고려하더라도 조사 대상환자 100명당 6.78명이 더 사망함을 의미한다. 전체 둔상 환자를 대상으로 중증도 보정 사망률 예측 모형을 구축한 경우와 두부손상으로 구분하여 중증도 보정 사망률 예측 모형을 구축한 경우의 W-score에는 차이가 없었다(Table 9).

#### 6. 개발된 모형의 사망률과 W-통계량과의 상관관계

각 병원별로 개발된 모형의 사망률과 W-통계량, Z-통계량 간의 상관관계를 Pearson 상관계수를 이용하여 평가하였다(Table 10). W-통계량과 Z-통계량 간의 관계는 0.989로 높게 나왔으며, W-통계량과 중증도 보정 사망률 간의 관계도 0.996이

었다.



#### 고 찰

응급 의료센터의 성과는 여러 측면으로 나누어 생각할 수 있으나, 본 연구에서는 응급 의료센터의 성과를 외상환자의 진료 결과로 보고 이를 이용하여 개별 응급의료센터의 성과를 평가하였다. 외상환자의 사망률 평가 지표인 ICISS의 타당도는 외국의 연구를 통해 입증된 바 있다<sup>26)</sup>. 그러나 ICISS는 ICD-9을 중심으로 개발되어 우리나라와 같이 ICD-10을 이용하는 나라에서는 이러한 연구 결과를 직접적으로 이용하는 데는 많은 문제가 따르게 된다. 따라서 ICD-10 환경에서의 ICISS를 이용한 사망률 평가 방법에 대한 신뢰도와 타당도에 대한 연구가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 국내에서 이미 수행된 연구에서 기존의 사망률 평가 방법인 ISS, TRISS의 ICD-10 환경에서의 ICISS 사망률 평가 방법에 대한 신뢰도와 타당도를 비교한 결과 신뢰도와 타당도가 유의하게 높게 나와 평가지표로 이용할 수 있다는 결과가 나와 있으므로<sup>34)</sup>, 이에 대한 평가는 수행하지 않았다. 첫 번째 평가 지표인 외상환자 진료 결과를 산출하는 과정에서 SRR값 계산시 동시에 여러 상병을 가지고 있는 환자가 사망하였을 때 그 환자가 가지고 있는 모든 상병코드가 사망으로 처리되어 이러한 경우 SRR값이 실제보다 더 크게 추정될 수 있다. 이 경우 특정 상병코드의 전체 출현빈도 수가 많아 진다면 큰 문제가 되지 않는다. 또한 외상환자의 진료 결과를 산출하는 과정에서 ICISS값을 계산시 특정 환자에서의 상병코드간의 상관관계를 무시하고 단순 곱으로 생존확률을 계산하였는데, 이는 개별 상병 코드 간에 상관관계가 있을 경우 문제가 된다. 이 경우에는 각 상병코드간의 조건부 확률을 구해서 이들의 곱으로 계산하는 것이 옳다. 그러나 본 연구의 경우 모든 상병코드 각각에 대해 조건부 확률을 구하는 것이 불가능하였고, Osler 등<sup>26)</sup>의 연구에서 이와 같이 단순 곱으로 계산한 경우에도 생존확률에 대한 예측 타당도가 높게 나타나 본 연구에 적용할 수 있다고 판단되었다. 이들의 연구에 의하면 분석에 포함되는 외상환자의 ICD9-CM수를 10개까지 증가시켜 나감에 따라 사망률 예측 타당도가 대수적으로 향상되는 것으로 나타났다. Rutledge 등은 상병코드별 기대 생존확률 데이터베이스의 질적 수준 및 규모에 따라 ICISS의 예측 타당도가 달라진다고 보고하였다<sup>29,31)</sup>. 하지만 Osler 등은 외상환자 등록자료 대신 병원의무기록 전산자료를 이용하더라

**Table 8.** Severity-adjusted mortalities and confidence intervals

Hospital	Actual mortality %	Expected mortality %	Severity-adjusted mortality, %	Severity-adjusted mortality 95% CI <sup>1)</sup>
A	5.161	7.652	6.557	1.858 ~ 10.181
B	7.568	9.091	8.092	4.218 ~ 10.639
C	5.806	6.926	8.150	3.028 ~ 11.935
D	3.191	9.976	3.110	1.665 ~ 7.375
E	14.530	14.083	10.030	6.252 ~ 12.163
F	14.876	12.501	11.568	7.009 ~ 14.230

<sup>1)</sup>CI: confidence interval**Table 9.** Distribution of W-score and Z-score by hospital

Hospital	No. of study patients	No. of actual death patients	No. of expected death patients	W-score	Z-score
A	155	147	151	2.491	1.368
B	185	171	176	1.523	0.913
C	155	146	150	1.119	0.635
D	94	91	90	6.784	2.632
E	117	100	104	-0.447	-0.188
F	121	103	112	-2.375	0.920

**Table 10.** Pearson correlation coefficients between W-score, Z-score and severity-adjusted mortality (r)

Hospital	W-score	Z-score
W-score	-	
Z-score	0.9891 (0.002)	-
Adjusted mortality	-0.9960 (0.001)	-0.9936 (0.001)

도 외상환자의 사망확률 예측 능력에 유의한 차이가 없다고 보고하였다<sup>27)</sup>. 본 연구에서 이용한 응급의료센터 입원환자 전산자료는 각 병원의 의무기록실에서 작성된 것으로 의료보험 청구 자료에 비해서 상병코드의 정확도가 높을 것으로 판단된다. 실제로 의무기록사가 직접 의무기록에서 조사한 상병코드를 이용한 경우와 응급의료 센터의 의무기록 전산 자료를 이용한 경우 간에 ICISS의 사망 확률 예측 능력에 타당도가 큰 차이가 없는 것으로 보고되었다. 이러한 연구 결과는 응급의료센터의 의무기록 전산자료를 이용하여 ICD-10 상병코드별 기대 생존확률 데이터베이스를 구축하고, 이를

이용하여 외상환자의 사망 확률을 예측하는데 문제가 없음을 시사하고 있다.

본 연구에서는 전문가 패널 방법론의 타당도를 높이기 위하여 예방 가능한 사망의 판단기준을 명확히 하고, 현지 방문조사를 통하여 가능한 모든 자료원을 조사하였으며, 사전에 개발된 조사지를 이용한 구조화된 묵시적 검토(structured implicit review)를 시행하였다. 또한 전문가 패널의 판단 방법을 만장일치로 하였으며, 중증 외상환자 진료와 관련된 응급의학과, 일반외과, 신경외과를 전문가 패널에 포함시켰다. 예방 가능한 사망 여부를 정확하게 판단하는데 필요한 자료가 부족할 경우 이러한 전문가 패널 연구의 신뢰도는 낮아진다. 일반적으로 예방 가능한 사망 여부를 정확하게 판단하기 위해서는 병원 의무기록이외에 부검기록

(autopsy record)과 병원 전 진료기록(prehospital record)이 요구된다. 그러나 국내에서는 사망환자에 대한 부검기록이나 병원 전 진료기록은 거의 찾아볼 수 없었으며, 이는 본 연구에서도 마찬가지였다. 이러한 외상 사망환자 관련 기록의 부족으로 인하여 예방 가능한 사망에 대한 판단의 정확성이 낮아졌을 가능성이 있다. 본 연구에서는 예방 가능한 사망을 판단하기 어려운 경우 조사 대상에서 제외하였는데, 이 역시 예방 가능한 사망률 수준에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 본 연구에서 외상사망 사례 10건을 대상으로 두 전문가 패널 간의 예방 가능한 사망에 대한 판단의 일치도를 평가한 결과, 전반적 일치도는 70%로 기존 연구와 유사한 수준이었다<sup>24)</sup>. 이러한 결과는 ICISS에 의한 응급의료센터 외상환자 진료 질적 수준을 평가할 수 있음을 의미한다. 이는 ICISS의 중증도 보정 사망확률에 의한 예방 가능한 사망에 대한 판단이 전반적으로 전문가의 의무기록 평가에 의한 예방 가능한 사망에 대한 판단과 일치하고 있기 때문이다.

ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 예측 타당도는 민감도 44.9%, 특이도 97.9%, ROC 곡선하의 면적 0.942으로 기존 연구 결과(민감도 = 73.1%, 특이도 = 96.2%, ROC 곡선하의 면적

=0.956)에 비하여 낮은 수준이었다<sup>17)</sup>. ICD-10을 이용한 ICISS 확장모형의 민감도가 Kim 등의 연구에 비하여 특히 낮았던 것은 ICISS 기대 생존확률이 0.5 이상인 환자 중 예상하지 못했던 사망 사례가 많았음을 의미한다<sup>17)</sup>. 이는 본 연구에서 기대 생존확률이 높은 사망 사례를 표본추출 모집단에 포함시켰기 때문에 조사 대상에 예상하지 못했던 사망 사례가 많이 포함되었기 때문일 가능성이 있다. Kim 등의 연구에서는 2개 응급 의료센터만을 대상으로 했던 반면, 질적 수준이 다양한 여러 응급의료센터를 대상으로 하였던 것도 사망에 대한 양성 예측도에 영향을 미쳤을 가능성이 있다<sup>17)</sup>. 또한 본 연구에서 ICISS 확장모형을 구축하는데 사용되었던 자료의 질적 수준에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

본 연구에서 ICISS 기대 생존확률 0.25 이상을 PP/P로 분류하였을 때, ICISS의 예방 가능한 사망에 대한 양성 예측도는 54.1%(46/84)로 기존 연구에 비하여 높았다. Cayten 등은 421명의 외상 사망 환자를 대상으로 한 연구에서 TRISS의 예방가능한 사망에 대한 양성 예측도는 21.5%, 특히 낙상(low fall) 환자에서는 16.0%에 불과하다고 보고하였다<sup>5)</sup>.

Karmy-Jones 등도 TRISS에 근거하여 예상하지 못했던 진료 결과(outcome)로 판단된 50례를 대상으로 전문가의 검토를 시행한 결과, 예방 가능한 사망에 대한 양성 예측도는 16.1%에 불과하였다고 보고하였다<sup>15)</sup>. 또한 본 연구에서 ICISS 기대 생존확률의 음성 예측도 역시 84.8%(39/46)로 높은 수준이었는데, 이는 예상되었던 사망(expected death)으로 분류된 사례 중 예방 가능한 사망 사례가 매우 적음을 의미한다. 기존 연구에 비하여 본 연구에서 양성 예측도가 매우 높았던 것은 우리나라에서 외상 사망환자 중 예방 가능한 사망 환자의 비중이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다.

외상환자 진료의 질적 수준을 나타내는 W-통계량의 경우 가장 높은 센터와 가장 낮은 센터의 차가 비교적 크게 나타나 응급의료센터의 질적 수준에 따라 동일한 중증도의 사망자 수의 차이가 나타남을 알 수 있다.

본 연구는 예방 가능한 사망에 대한 황금기준으로 간주되는 전문가 패널의 판단 결과와 ICD-10을 이용한 ICISS 기대 생존확률간의 일치도를 평가함으로써 ICISS의 준거 타당도를 평가하기 위한 것이었다. ICISS 기대 생존확률과 전문가 패널간의 예방 가능한 사망에 대한 판단간의 일치도는 TRISS를 이용한 기존 연구 결과와 유사한 수준이었다. 또한 ICISS에 근거한 응급의료센터 W-통계량과 예방 가능한 사망률간의 상관관계는 경계역의 유의성을 나타냈다. 이러한 본 연구의 결과는 ICD-10을 이용한 ICISS를 예방 가능한 사망 사례

를 선별하는데, 응급의료기관을 대상으로 외상환자 진료의 질적 수준을 평가하는 유용하게 활용할 수 있음을 시사하고 있다. ICISS는 다음과 같은 제한점을 갖는다. 첫째, 사소한 손상(trivial injuries)이 과대평가되며, 둘째, 각각의 손상 정도가 결과에 독립적으로 작용하는 점, 셋째, 외상에서 의한 손상으로 야기된 합병증이 적절하게 정도의 반영이 부족한 점, 그리고 마지막으로 미국 North Carolina database를 기초로 하여 한국에서의 외상으로 인해 발생한 손상을 전적으로 반영할 수 없는 점이다<sup>26-28)</sup>. 따라서 ICISS가 국내 응급의료 기관 등에서 외상환자 진료의 질적 수준을 평가하기 위한 표준 도구로서 인정받기 위해서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 연구가 선행되어야 한다고 판단된다. 그러나, 본 연구 결과에서 ICD-10을 기초로한 ICISS는 응급의료기관의 외상환자 진료의 질적 수준을 평가하기 위한 한 방법으로 연구될 수 있으며, 향후 전국적인 응급의료기관을 포함한 외상치료 체계에 대한 광범위한 연구를 위한 기초 자료로서의 가치가 있다고 판단된다.



## 참 고 문 헌

1. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS: Evaluating trauma care the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma* 27:370-378, 1997
2. Bruce DA, Schut L, Bruno LA, Wood JH, Sutton LN: Outcome following severe head injuries in children. *J Neurosurg* 48:679-688, 1978
3. Cameron P, Dziukas L, Hadj A, Clark P, Hooper S: Major trauma in Australia: A regional analysis. *J Trauma* 39:545-552, 1995
4. Cayten CG, Stahl WM, Agarwal N, Murphy JG: Analyses of preventable deaths by mechanism of injury among 13,500 trauma admissions. *Annals of Surgery* 214:510-521, 1991
5. Cayten CG, Stahl WM, Murphy JG, Agarwal N, Byrne DW: Limitations of the TRISS method for interhospital comparisons: A multihospital study. *J Trauma* 31:471-482, 1991
6. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Frey CF, Holcroft JW, Hoyt DB, et al: Improved predictions from a severity characterization of trauma(ASCOT) over Trauma and Injury Severity Score(TRISS): Results of an independent evaluation. *J Trauma* 40:42-49, 1996
7. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast

- SL, Bain LW Jr, et al: The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. **J Trauma** 30: 1356-1365, 1990
8. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS: Trauma scoring In Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL, eds. Trauma. 3rd ed. Norwalk, Conn. **Appleton & Lange** p153-166, 1995
9. Champion HR, Sacco WJ, Carnazzo AJ, Copes W, Fouty WJ: Trauma score. **Critical Care Medicine** 9:672-676, 1981
10. Coimbra R, Razuk A, Pinto MC, Aguida HC, Saad R Jr, Rasslan S: Severely injured patients in the intensive care unit: A critical analysis of outcome and unexpected deaths identified by the TRISS methodology. **Int Surg** 81:102-106, 1996
11. Cooke RS, McNicholl BP, Byrnes DP: Early management of severe head injury in Northern Ireland. **Injury** 26:395-397, 1995
12. Detmer DE, Moylan JA, Rose J: Regional categorization and quality of care in major trauma. **J Trauma** 17:592-599, 1977
13. Hannan EL, Farrell LS, Gorthy SF, Bessey PQ, Cayten CG, Cooper A, et al: 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 Disease, Ninth Revision-based injury Severity Score(ICISS). **J Trauma** 47:8-14, 1999
14. Iezzoni LI: Risk Adjustment for Measuring Healthcare Outcomes, 2nd ed. Chicago, Illinois: **Health Administration Press** p337-343, 1997
15. Karmy-Jones R, Copes WS, Champion HR, Weigelt J, Shackford S, Lawnick M, et al: Results of a multi-institutional outcome assessment: Results of a structured peer review of TRISS-designated unexpected outcomes. **J Trauma** 32: 196-203, 1992
16. Kim H, Lim KS, Lee KH, Kim YS, Kim SM, Hwang SO: The correlation of avpu scale and Glasgow coma scale: The evaluation methods of mental status in trauma. **Journal of the Korean Society of Emergency Medicine** 8:59-63, 1996
17. Kim Y, Jung KY, Kim CY, Kim YI, Shin YS: Validation of the International Classification of Diseases 10th Edition-based Injury Severity Score(ICISS). **J Trauma** 48:280-285, 2000
18. Kim YS, Lim KS, Hwang SO, Yoon YK: The Prospective Research of The Prehospital Emergency System And Transfer System of Emergency Patients. **Journal of the Korean Society of Emergency Medicine** 3:46-55, 1992
19. Ko YG, Kim SH, Lee SM, Lee KH, Hong SH, Yoon C: Survival Analysis of Traumatized Patients Admitted to Emergency Room by Using Ascot Method. **Journal of the Korean Society of Emergency Medicine** 5:233-239, 1994
20. Lim KS, Kim YS, Ahn, ME, Hwang SO, Jo NC, Kang SJ: The Problems of Rural Interhospital Transfer of Injured Patients to a Referral Emergency Center. **Journal of the Korean Society of Emergency Medicine** 3:44-53, 1992
21. MacKenzie EJ: Review of evidence regarding trauma system effectiveness resulting from panel studies. **J Trauma** 47: S34-41, 1999
22. McDermott FT, Cordner SM, Tremayne AB: Evaluation of the medical management and preventability of death in 137 road traffic fatalities in Victoria, Australia: An overview. Consultative Committee on Road Traffic Fatalities in Victoria. **J Trauma** 40:520-535, 1996
23. McDermott FT, Cordner SM, Tremayne AB: Reproducibility of preventable death judgments and problem identification in 60 consecutive road trauma fatalities in Victoria, Australia. **J Trauma** 43:831-9, 1997
24. MacKenzie EJ: Review of evidence regarding trauma system effectiveness resulting from panel studies. **J Trauma** 47:34-41, 1999
25. Moon SH, Jung KS: Characteristics of Multiple Trauma and Quality Assurance of Trauma Care. **Journal of the Korean Society of Emergency Medicine** 5:34-47, 1994
26. Osler T, Rutledge R, Deis J, Bedrick E: ICISS: An International Classification of Disease-9 Based Injury Severity Score. **J Trauma** 41:380-388, 1996
27. Osler TM, Cohen M, Rogers FB, Camp L, Rutledge R, Shackford SR: Trauma registry injury coding is superfluous: A comparison of outcome prediction based on trauma registry International Classification of Diseases-Ninth Revision(ICD-9) and hospital information system ICD-9 codes. **J Trauma** 43:253-257, 1997
28. Osler TM, Rogers 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** 45:234-238, 1998
29. Rutledge R, Osler T: 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** 45:791-799, 1998
30. Rutledge R, Osler T, 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** 44:41-49, 1998
31. Rutledge R, Osler T, Kromhout-Schiro S: Illness severity adjustment for outcomes analysis: Validation of the ICISS methodology in all 821,455 patients hospitalized in North Carolina in 1996. **Surgery** 124:194-196, 1998
32. Rutledge R, Fakhry, Baker C, Oller D: Injury severity grading in trauma patients: A simplified technique based upon ICD-9 coding. **J Trauma** 35:497-507, 1993
33. Rutledge R, Fakhry S, Rutherford E, Muakkassa F, Meyer A: Comparison of APACHE II, Trauma Score, and Injury Severity Score as predictors of outcome in critically injured trauma patients.[see comments]. **American Journal of Surgery** 166:244-247, 1993
34. Rutledge R, Hoyt DB, Eastman AB, Sise MJ, Velky T, Canty T, et al: Comparison of the Injury Severity Score and ICD-9 diagnosis codes as predictors of outcome in injury: Analysis of 44,032 patients. **J Trauma** 42:477-489, 1997
35. Rutledge R: Injury severity and probability of survival assessment in trauma patients using a predictive hierarchical network model derived from ICD-9 codes. **J Trauma** 38:590-601, 1995
36. Sampalis JS, Boukas S, Lavoie A, Nikolis A, Frechette P, Brown R, et al: Preventable death evaluation of the appropriateness of the on-site trauma care provided by Urgences-Sante physicians. **J Trauma** 39:1029-1035, 1995
37. Shapiro MJ, Cole KE, Keegan M, Prasad CN, Thompson RJ: National survey of state trauma registry-1992. **J Trauma** 37:835-840, 1994
38. Shin JS, Jung KY: Criterias for Trauma Team Activation. **J Korean Soc Traumatol** 9:105-111, 1996