

중증 외상 환자에서의 응급중재술 시행 예측 인자로서의 호기말 이산화탄소 분압의 유용성

연세대학교 의과대학 응급의학교실, ¹연세대학교 세브란스병원 재난의료교육센터, ²연세대학교 의과대학 외과학교실

김성호, 김승환¹, 이재길², 정성필, 김승호

- Abstract -

Usefulness of End-tidal Carbon Dioxide as a Predictor of Emergency Intervention in Major Trauma Patients

Sung Ho Kim, M.D., Seunghwan Kim, M.D.¹, Jae Gil Lee, M.D., Ph.D.²,
Sung Phil Chung, M.D., Ph.D., Seung Ho Kim, M.D., Ph.D.

*Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine,
¹Center for Disaster Relief Training and Research, Yonsei University Severance Hospital,
²Department of Surgery, Yonsei University College of Medicine*

Purpose: If the survival of patients suffering from severe blunt trauma is to be improved, appropriate interventions should be taken immediately. The purpose of this study is to evaluate the clinical utility of end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) as a surrogate marker for predicting both the need for intervention and the prognosis.

Methods: This is a prospective observational study. Nasal cannula was applied to measure ETCO₂, and the following parameters, which are known to be related to the prognosis for a patient, were recorded: injury severity score (ISS), revised trauma score (RTS), arterial blood gas (ABG), lactate, and hemoglobin (Hb). To evaluate the outcome, we investigated the details of emergent interventions and expired patients.

Results: A total of 93 patients were enrolled in this study. Emergent intervention was significantly associated with systolic blood pressure (sBP, p -value=0.001), ETCO₂ (p -value<0.001), serum lactate level (p -value<0.001), pH (p -value<0.003), HCO₃ (p -value=0.004), base excess (p -value<0.002), ISS (p -value<0.001) and RTS (p -value=0.005). In the multivariate logistic regression, only ETCO₂ (odds ratio (OR): 0.897, 95% confidence interval (CI): 0.792-0.975, p -value=0.048) and ISS (OR: 1.132, 95% CI: 1.053-1.233, p -value=0.002) were associated with emergent intervention whereas ETCO₂ (p -value=0.973) and ISS (p -value=0.511) were not statistically significant in predicting the survival of patients in the univariate analysis. An optimal ETCO cut-off of 29 mmHg on the ROC curve was determined, with the area under the ROC curve (AUC) being 0.824 (0.732-0.917)].

Conclusion: This study has revealed that ETCO₂, which can be rapid and easily measured through a nasal cannula, and the ISS may be prognostic indicators of emergent interventions in Emergency Departments. [J Trauma Inj 2014; 27: 133-8]

Key Words: Trauma, Carbon dioxide

* Address for Correspondence : **Seunghwan Kim, M.D.**

Center for Disaster Relief Training and Research, Yonsei University Severance Hospital
50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel : 82-2-2228-5586, Fax : 82-2-2227-7800, E-mail : drshkim@yuhs.ac

Submitted : August 5, 2014 **Revised** : October 12, 2014 **Accepted** : October 14, 2014

I. 서론

중증 외상환자의 생존을 위해서는 '황금 시간대' 라고 불리는 빠른 시간 내에 수술이나 혈관 조영술에 의한 색전술을 포함한 적절한 의학적 중재가 이루어 져야 한다고 알려져 있다.(1) 그러나 이러한 의학적 중재들은 많은 인력과 장비들이 필요로 하며 외상 환자를 위해 24시간 항상 대기하기는 어렵기 때문에 중증 외상 환자가 병원에 도착했을 때 이러한 중재들을 위한 준비가 미리 이루어져야 한다.

중증 외상 환자에 있어서 예후를 예측하는 인자에 대한 연구는 여러 가지 방법으로 이루어져 왔다. 젖산, 염기결핍, pH 등이 연구되었으나(2,3) 이런 검사 결과를 얻기 위해서는 동맥혈 채혈이 필요하고 검사 결과를 얻기 까지 시간이 걸린다. 호기말 이산화탄소 분압은 비침습적이고 즉각적인 결과를 얻을 수 있어, 이를 중증 외상 환자의 예후 인자로 사용한 연구들이 있었으나(4-7) 수술 중 측정된 결과를 이용하거나, 중환자실 환자 또는 창상 환자들만을 대상으로 진행한 연구로 제한점이 있었다.

이에 저자들은 응급진료센터로 내원한 중증 외상 환자로 의심되는 환자들의 내원 초기 호기말 이산화탄소 분압을 측정하여 중재술의 필요 여부 및 예후를 예측할 수 있는 인자가 될 수 있는지 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 기간 및 대상

본 연구는 전향적 관찰 연구로 2013년 5월 1일부터 2014년 4월 30일까지 서울 소재 두 곳의 대학병원 응급진료센터에서 진행되었다. 연구 기간 동안 응급진료센터를 방문한 15세 이상의 둔상 환자 중 중증 외상 환자의 조건에 맞는 환자들을 포함하였고(Table 1) (8), 임부, 타병원에서 치료 후 전

원 온 경우, 기관내 삽관을 병원 외부에서 시행한 경우, 측정 전 인공 환기를 시킨 경우, 도착 전 사망으로 심폐소생술을 시행한 경우, 수술력 또는 해부학적 이상으로 호기말 이산화탄소 분압 측정이 곤란한 경우, 이산화탄소 분압이 상승되어 있는 만성 질환이 있는 경우(만성폐쇄성폐질환, 폐성심 등), 타병원으로 이송된 뒤 예후를 알 수 없는 경우는 제외하였다.

2. 연구 설계 및 방법

본 연구는 전향적 관찰 연구로 진행하였다. 연구 대상으로 선정된 환자들에게서 호기말 이산화탄소 분압을 측정하고 수집 항목들을 증례기록지에 기록하였다. 이산화탄소 분압의 측정에는 Microcap® (Oridon Medical Ltd., Jerusalem, Israel)을 사용하였다. 연구의 선정 기준에 해당하는 환자가 내원하면 초기에 이산화탄소 분압 측정기의 코삽입관(nasal cannula)을 환자에게 착용하고 이산화탄소 분압 그래프(capnography)가 안정적인 파형을 이를 때까지 기다렸다가 3번의 호흡의 평균값을 측정하였다. 만약 환자의 상태로 인해 환자 도착 즉시 기관내 삽관이 먼저 이루어졌다면 기관내관에 측정기를 연결한 뒤 용수환기를 실시하며 마찬가지로 이산화탄소 분압 그래프가 안정적인 파형을 이룬 뒤 3번 호흡의 평균값을 측정하였다.

환자의 예후에 영향을 미치는 것으로 알려진 다른 인자들을 검토하기 위해 환자의 인구학적 자료 및 초기 활력 징후, 의식 상태, 기저 질환, 진단명, injury severity score (ISS), revised trauma score (RTS)를 수집하고 초기 혈액 검사를 통한 동맥혈 가스 검사, 젖산, 혈색소를 수집하였다. 또한 예후 평가를 위해 24시간 이내 수술이나 혈관 조영술을 시행한 경우를 중재술을 시행한 경우로 정의하였으며, 예후를 판단하기 위해 사망 여부를 조사하였다. 본 연구는 소속 병원의 연구심의위원회(institutional review board)의 심사를 통과하였다(과제번호 4-2013-0353).

3. 목표 피험자 수 및 산출 근거

Shim등의 연구에 따르면 본 연구와 유사한 선정 기준의 환자군을 대상으로 조사했을 때 95명의 환자군 중 수술이나 혈관조영술을 받은 환자는 25명이었다.(8) 이를 바탕으로 호기말 이산화탄소 분압을 수술이나 혈관조영술이 필요할지에 대한 예측 인자로 사용할 수 있는 area under curve (AUC) 면적을 0.75 이상으로 보고, 1종 오류의 유의수준(α)은 0.05, 2종 오류에 대한 검정력(β)은 0.9로 산출한 결과 연구에 필요한 피험자 수는 수술이나 혈관조영술을 시행하지 않은 군 60명, 시행한 군 12명으로 총 72명으로 산출하였다.(9,10)

Table 1. Inclusion criteria.

Age>15 yr
Blunt trauma
Mechanism of injury
Passenger in motor vehicle crash \geq 60 km/hr
Motor vehicle crash with ejection or rollover
Motorcycle crash with separation of rider
Pedestrian struck by vehicle
Bicycle crash \geq 20 km/hr
Fall \geq 3 m
Significant injury on head, neck, thorax, abdomen
Physiologic
Systolic BP<90 mmHg
Glasgow Coma Scale score<14

4. 통계 방법

수집한 자료의 분석은 SPSS® Statistics 20 (IBM Corp., Armonk, NY)를 이용하며, 자료는 범주형 변수는 건(%)으로, 연속형 변수는 평균±표준편차 또는 평균(95% 신뢰구간)으로 제시하였다. 1차 결과로 중재술이 필요한 경우와 아닌 경우의 이산화탄소 분압을 포함하여 영향을 미칠 수 있는 인자들에 대한 단변량 분석 및 다변량 분석을 *t* 검증 또는 카이제곱 검정과 로지스틱 회귀 분석을 실시하고 receiver operating characteristics (ROC) 곡선을 그려 AUC 면적과 적절한 이산화탄소 분압의 최적의 절단값을 구하였다. 2차 결과로 이산화탄소 분압과 환자 예후에 대한 단변량 및 다변량 분석을 시행하였다. 각각의 결과는 *p*값이 0.05미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판단하였고 가능한 경우 95% 신뢰구간(95% CI)을 제시하였다.

III. 결 과

총 176명의 환자 중 제외 기준에 해당하는 환자를 제외하고 93명의 환자가 연구에 참가하였다(Fig. 1). 이 중 24시간 이내에 시술을 시행한 경우는 20명, 시행하지 않은 경우는 73

명이었다. 중재술은 수술을 시행한 경우가 13명, 혈관조영술을 시행한 경우가 8명이며, 둘 다 시행한 환자가 1명이었다.

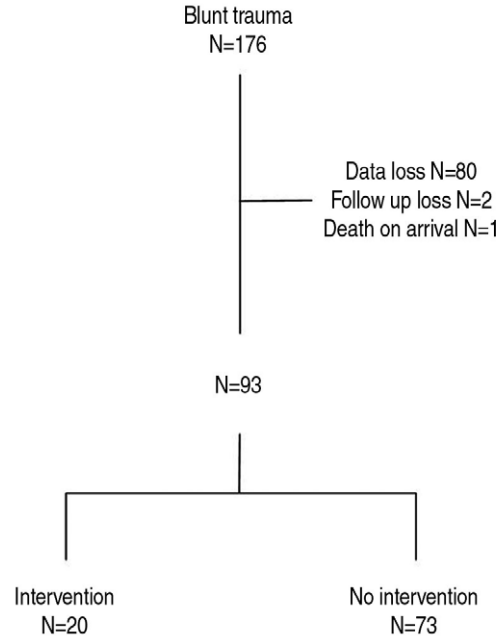


Fig. 1. Flow diagram.

Table 2. The clinical characteristics and univariate analysis.

	Intervention (N=20)	No intervention (N=73)	<i>p</i> -value
Age, mean years	49.0	44.8	0.361
Male sex, n (%)	4 (20.0)	19 (26.0)	0.772
Medical history, n (%)			
Hypertension	1 (5.0)	7 (9.6)	
Diabetes Mellitus	1 (5.0)	6 (8.2)	
Renal impairment	0 (0.0)	2 (2.7)	
Pulmonary impairment	0 (0.0)	0 (0.0)	
Malignancy	0 (0.0)	1 (1.4)	
Hemodynamic and respiratory variables, mean ± SD			
SBP*, mmHg	102.8 ± 36.7	137.1 ± 24.6	0.001
Heart rate, beats/min	82.8 ± 17.5	84.2 ± 14.8	0.713
Respiratory rate, breaths/min	19.2 ± 4.4	18.1 ± 3.1	0.189
ETCO2 [†] , mmHg	24.1 ± 5.2	32.6 ± 8.5	<0.001
Serum lactate level, mmol/L	4.8 ± 2.4	2.3 ± 1.6	<0.001
Hemoglobin, mg/dL	13.8 ± 2.5	14.0 ± 2.0	0.722
pH	7.372 ± 0.068	7.423 ± 0.070	0.003
pCO ₂	30.9 ± 7.9	32.7 ± 7.0	0.341
HCO ₃	18.4 ± 4.1	21.5 ± 2.6	0.004
Base Excess	-6.9 ± 4.5	-3.1 ± 3.1	0.002
ISS [‡]	21.0 ± 9.9	9.5 ± 8.1	<0.001
RTS [§]	6.46 ± 1.53	7.55 ± 0.70	0.005

* SBP: systolic blood pressure

† ETCO2: end-tidal carbon dioxide

‡ ISS: injury severity score

§ RTS: revised trauma score

환자군의 평균 나이는 중재술을 시행한 군에서 49.0세, 시행하지 않은 군에서 44.8세였으며, 남성은 중재술을 시행한 군에서 4명(20.0%), 시행하지 않은 군에서 19명(26.0%)로 양군에서 유의한 차이는 없었다. 기관내 삽관을 시행한 환자는 양군에 각각 1명이었다.

24시간 이내에 중재술을 시행 여부에 대한 변수들의 단변량 분석을 통해 호기말 이산화탄소 분압이 유의한 차이를 보였으며($p < 0.001$), 이외에도 수축기 혈압($p = 0.001$), 젖산 농도($p < 0.001$), 동맥혈 pH ($p = 0.003$), 동맥혈 중탄산염 ($p = 0.004$), 염기과잉($p = 0.002$), ISS ($p < 0.001$), RTS ($p = 0.005$) 등이 유의한 차이를 보였다(Table 2). 다변량 분석을 위해 단변량에서 유의한 결과를 보인 변수 중 RTS 계산에 포함되는 수축기 혈압을 포함한 생체 징후와 젖산농도와 통계적으로 높은 연관성을 보인 동맥혈 pH, 동맥혈 중탄산염, 염기 과잉은 제외하고, 호기말 이산화탄소 분압, 젖산 농도, ISS, RTS의 변수를 포함하여 로지스틱 회귀 분석을 시행하였다. 이 중 24시간 이내 중재술과 통계적으로 유의한

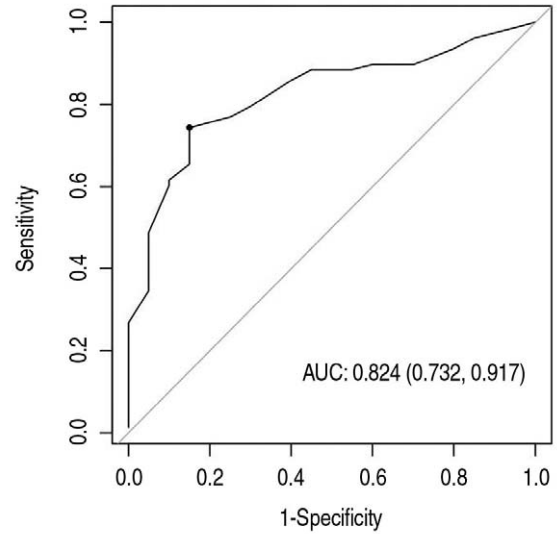


Fig. 2. ROC curve.

Table 3. Logistic regression of parameters affecting whether to perform intervention*.

	Odd Ratio (95% CI)	p-value
ETCO ₂ [†]	0.897 (0.792-0.975)	0.048
Lactate	1.403 (0.997-2.123)	0.072
ISS [‡]	1.132 (1.053-1.233)	0.002
RTS [§]	0.871 (0.459-1.552)	0.235

* logistic regression was compensated with age and sex.

[†] ETCO₂: end-tidal carbon dioxide

[‡] ISS: injury severity score

[§] RTS: revised trauma score

Table 4. Univariate analysis of factors predicting survival.

	Expire	Survival	p-value
Age	52.58 ± 18.77	47.46 ± 18.15	0.365
SBP*	138.75 ± 23.40	128.33 ± 31.72	0.278
Pulse rate	88.67 ± 14.19	83.26 ± 15.48	0.257
Respiratory rate	17.83 ± 3.33	18.37 ± 3.48	0.617
ETCO ₂ [†]	30.83 ± 5.98	30.74 ± 8.97	0.973
Hb	14.02 ± 2.81	13.96 ± 1.95	0.929
pH	7.407 ± 0.064	7.415 ± 0.074	0.737
pCO ₂	34.15 ± 5.00	32.01 ± 7.48	0.340
Bicarbonate	21.52 ± 1.38	20.73 ± 3.44	0.164
Base Excess	-3.40 ± 1.93	-4.00 ± 3.98	0.412
Lactate	2.76 ± 1.77	2.87 ± 2.14	0.875
ISS [‡]	13.92 ± 11.20	11.93 ± 9.53	0.511
RTS [§]	7.267 ± 0.996	7.326 ± 1.046	0.854

* SBP: systolic blood pressure

[†] ETCO₂: end-tidal carbon dioxide

[‡] ISS: injury severity score

[§] RTS: revised trauma score

관계를 보인 것은 호기말 이산화탄소 분압(OR 0.897, 95% CI 0.792-0.975, $p=0.048$)과 ISS (OR 1.132, 95% CI 1.053-1.233, $p=0.002$)였다(Table 3).

또한, 호기말 이산화탄소 분압을 통해 24시간 이내 중재술의 시행여부를 예측하기 위해 ROC curve를 그려 AUC 0.824 (0.732-0.917)을 나타내는 호기말 이산화탄소 분압의 최적의 절단값 29 mmHg 이하를 구하였다(Fig. 2).

수집한 변수들 중 환자의 예후를 예측하기 위한 인자를 찾기 위하여 환자의 사망 여부에 따른 단변량 분석을 시행하였으나, 유의한 의미를 보인 인자는 없었다(Table 4).

IV. 고 찰

호기말 이산화탄소 분압은 일정한 호흡량을 유지할 경우 저혈량 속에서 심박출량을 반영하며, (11) 속에 의한 관류 저하로 발생한 젖산의 농도와도 연관이 된다고 알려져 있다. (7) 또한 대사성 산증에 대한 호흡 보상으로 낮아진 호기말 이산화탄소 분압이 소아에서 당뇨병성 케톤산증이나 위장관염에서 산증을 예측하는 인자로 사용될 수 있으며(12,13) 폐혈증에서 젖산에 의한 산증 역시 예측할 수 있다. (14)

이런 생리학적 이유로 호기말 이산화탄소 분압을 통해 중증 외상 환자의 예후를 예측하기 위한 연구들이 있었다. Deakin 등(15)은 병원 전 단계에서 측정하 이산화탄소 분압과 환자의 사망과 연관성을 밝혔고, Wilson 등(6)은 후향적 연구를 통해, Tyburski 등(5)은 전향적 연구를 통해 호기말 이산화탄소 분압이 환자의 예후와 연관이 있음을 밝혔으나 대상이 병원 전 단계나 수술 환자로 한정되었고 기관내 삽관이 이루어진 환자에 대하여 생존에 대한 예후만을 평가하였다. Caputo 등(7)은 비관을 통해 측정하 호기말 이산화탄소 분압이 중증 외상 환자에서 수술이 필요할 가능성과 연관이 있음을 연구하였으나, 창상 환자만을 대상으로 하였고, 혈관조영술은 연구 대상에 포함되지 않았다. 본 연구에서는 기존의 연구와 달리 응급실에서 둔상 환자를 대상으로 전향적으로 연구하였으며, 수술뿐 아니라 혈관조영술을 포함한 중재술의 실시 여부를 대상으로 연구하였다.

본 연구에서는 중증의 환자를 포함하기 위하여 기관내 삽관을 한 환자를 제외하지 않았다. 기관내 삽관을 할 경우 인공적인 환기에 의해 호기말 이산화탄소 분압 측정 값이 영향을 받을 수 있으나 본원 응급진료센터에서는 저산소증의 증거가 없으면 삽관 전 인공 환기를 최소한으로 하는 신속기관 삽관(rapid sequence intubation) 방법에 의해 기관내 삽관을 시행하기 때문에 이에 의한 영향은 적을 것으로 보인다. 또한, 측정이 이루어지기 전에 병원 전 단계 등에서 인공 환기가 이루어진 경우는 제외하여 측정값에 환기가 미치는 영향을 배제하고자 하였다.

24시간 이내에 수술이나 혈관조영술과 같은 중재술을 시

행한 경우는 20명이었고, 단변량 분석에서 호기말 이산화탄소 분압은 양군 간 차이가 있었으나, 동맥혈 이산화탄소 분압에는 유의한 차이가 없었다. 이는 중재술을 시행한 군에서 수축기 혈압이 유의하게 낮은 값을 보였고, 이런 차이로 폐의 혈액 관류 감소에 따른 동맥혈과 호기말 이산화탄소 분압의 차이가 발생한 것으로 생각된다.

또한 다변량 분석에서는 중재술 시행을 예측할 수 있는 인자로 호기말 이산화탄소 분압과 ISS가 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 젖산과 같이 환자의 생리적인 속 상태를 반영할 수 있는 지표가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것은 환자 내원 즉시 측정이 가능한 호기말 이산화탄소 분압에 비해 채혈에 의한 검사는 측정 시기가 늦어질 수 밖에 없고, 그 사이에 환자의 치료를 위한 산소와 수액의 공급이 이루어질 수 있다는 것이 이유의 하나일 수 있다. 본 연구에서는 혈액색을 제외한 채혈에 의한 다른 검사 항목들이 동맥혈 채혈을 통해 이루어졌기 때문에 측정 시기의 차이가 있었을 가능성이 있다. 또한, 호기말 이산화탄소 분압의 차이를 기준으로 목표 피험자수를 산출하여 다른 인자들의 차이를 확인하기에는 연구 대상의 수가 부족한 것도 이유로 사료된다.

기존의 알려진 중증 외상의 예후 인자 중 본 연구에서 조사된 인자들로는 ISS, RTS, 수축기 혈압, pH, 염기 과잉, 젖산 등이 있으나(2,16-19) 본 연구에서는 어느 인자도 유의한 결과를 보이지 않았다. 본 연구에서는 사망률만을 예후 인자로 판단하였는데, 사망 환자가 전체 93명 중 12명으로 통계적인 유의성을 찾기에는 연구 대상의 수가 적어서일 가능성이 있다.

본 연구의 제한점으로, 우선 연구 대상자들의 손상 부위에 따른 분류가 이루어지지 않았다. 손상 부위에 따라 치료 방법의 차이가 중재술 시행 여부에 영향을 끼칠 가능성이 있으나 그에 따른 연구는 시행하지 못하였다. 정확한 예측을 위해서는 추후 손상의 종류에 따른 분석이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 대상 환자군 중 최초로 호기말 이산화탄소 분압 측정이 이루어지지 못한 경우가 많고, 수집하고자 한 검사 항목에 대한 검사가 이루어지지 못한 경우도 있어 대상 환자 전수가 포함되지 못하였다. 마지막으로, 예후 인자로서 확인을 위해서는 좀 더 많은 예후 결과에 대한 수집과 더 많은 연구 대상이 필요할 것이다.

V. 결 론

호기말 이산화탄소 분압의 측정은 비침습적이며 즉각적으로 확인할 수 있어 응급실에서 용이하게 사용할 수 있는 지표이다. 호기말 이산화탄소 분압의 측정과 ISS평가를 통해 응급실로 내원한 둔상 환자에서 24시간 이내에 응급 중재술 시행 여부를 예측할 수 있으며, 최적 절단값은 29 mmHg 이다.

REFERENCES

- 1) MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, et al. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *N Engl J Med* 2006; 354: 366-78.
- 2) Kaplan LJ, Kellum JA. Initial pH, base deficit, lactate, anion gap, strong ion difference, and strong ion gap predict outcome from major vascular injury. *Crit Care Med* 2004; 32: 1120-4.
- 3) Kroezen F, Bijlsma TS, Liem MS, Meeuwis JD, Leenen LP. Base deficit-based predictive modeling of outcome in trauma patients admitted to intensive care units in Dutch trauma centers. *J Trauma* 2007; 63: 908-13.
- 4) Tyburski JG, Carlin AM, Harvey EH, Steffes C, Wilson RF. End-tidal CO₂-arterial CO₂ differences: a useful intraoperative mortality marker in trauma surgery. *J Trauma* 2003; 55: 892-6; discussion 6-7.
- 5) Tyburski JG, Collinge JD, Wilson RF, Carlin AM, Albaran RG, Steffes CP. End-tidal CO₂-derived values during emergency trauma surgery correlated with outcome: a prospective study. *J Trauma* 2002; 53: 738-43.
- 6) Wilson RF, Tyburski JG, Kubinec SM, Warsaw KM, Larky HC, Wilson SR, et al. Intraoperative end-tidal carbon dioxide levels and derived calculations correlated with outcome in trauma patients. *J Trauma* 1996; 41: 606-11.
- 7) Caputo ND, Fraser RM, Paliga A, Matarlo J, Kanter M, Hosford K, et al. Nasal cannula end-tidal CO₂ correlates with serum lactate levels and odds of operative intervention in penetrating trauma patients: a prospective cohort study. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73: 1202-7.
- 8) Shim H, Jang JY, Lee JG, Kim S, Kim MJ, Park YS, et al. Application of Critical Pathway in Trauma Patients. *J Trauma Inj* 2012; 25: 159-65.
- 9) Hanley JA, McNeil BJ. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology* 1983; 148: 839-43.
- 10) Obuchowski NA, McClish DK. Sample size determination for diagnostic accuracy studies involving binormal ROC curve indices. *Stat Med* 1997; 16: 1529-42.
- 11) Dubin A, Murias G, Estenssoro E, Canales H, Sottile P, Badie J, et al. End-tidal CO₂ pressure determinants during hemorrhagic shock. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1619-23.
- 12) Madati PJ, Bachur R. Development of an emergency department triage tool to predict acidosis among children with gastroenteritis. *Pediatr Emerg Care* 2008; 24: 822-30.
- 13) Fearon DM, Steele DW. End-tidal carbon dioxide predicts the presence and severity of acidosis in children with diabetes. *Academic Emergency Medicine* 2002; 9: 1373-8.
- 14) Christopher LH, Salvatore S, Matthew D, Jay LF, Linda P. End-tidal carbon dioxide is associated with mortality and lactate in patients with suspected sepsis. *The American Journal of Emergency Medicine* 2013; 31: 6471.
- 15) Deakin CD, Sado DM, Coats TJ, Davies G. Prehospital End-Tidal Carbon Dioxide Concentration and Outcome in Major Trauma. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 2004; 57: 65-8.
- 16) Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of trauma* 1974; 14: 187-96.
- 17) Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A revision of the Trauma Score. *The Journal of trauma* 1989; 29: 623-9.
- 18) Hasler RM, Nuesch E, Juni P, Bouamra O, Exadaktylos AK, Lecky F. Systolic blood pressure below 110 mmHg is associated with increased mortality in penetrating major trauma patients: Multicentre cohort study. *Resuscitation* 2012; 83: 476-81.
- 19) Frank K, Taco SB, Mike SLL, Meeuwis JD, Luke PHL. Base Deficit-Based Predictive Modeling of Outcome in Trauma Patients Admitted to Intensive Care Units in Dutch Trauma Centers. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 2007; 63: 908-13.