대 한 외 상 학 회 지
Vol. 18, No. 2, December, 2005

• 원 저 •

# 외상환자의 초기 사망 예측 지표로서의 내원 초기의 염기 결핍, 젖산 및 강이온 차이의 유용성 비교

연세대학교 원주의과대학 응급의학과, 신경외과*

**박경혜 · 이강현 · 김선휴 · 오성범 · 문중범 · 김 현 · 황성오 · 김헌주***

— Abstract —

## The Comparison of Base Deficit, Lactate, and Strong Ion Gap as Early Predictor of Mortality in Trauma Patients

**Kyung Hye Park, M.D., Kang Hyun Lee, M.D., Seon Hyu Kim, M.D., Sung Bum Oh, M.D., Joong Bum Moon, M.D., Hyun Kim, M.D., Sung Oh Hwang, M.D., Heon Ju Kim, M.D.***

***Department of Emergency Medicine and Neurosurgery****
***Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea***

**Purpose**: Currently, there is a variety of systems available for predicting prognosis of trauma patients such as trauma score, Injury severity score (ISS) and acid-base variables. But it is not clear that the initial acid-base variables are predictors of prognosis in trauma patients at the emergency department. The objective of this study is to compare the base deficit, lactate and strong ion gap as an early predictor of mortality in trauma patients.

**Methods**: Retrospective record review of 136 trauma patients needed to admit to intensive care unit via emergency department (June 2004 to February 2005). Data included age, injury mechanism, ISS, Revised trauma score (RTS), Multiple organ dysfunction score (MODS), Acute physiology and chronic health evaluation III (APACHE III), Glasgow coma scale (GCS), laboratory profiles, calculated anion gap and strong ion gap. Patients were divided into survivors and non-survivors, shock group and non-shock group with comparison by t-test;significance was assumed for $p<0.05$. Correlation between acid-base variables and mean arterial blood pressure (MABP) was evaluated.

**Results**: There was a significant difference between the RTS (p=0.00), APACHE III (p=0.00), MODS (p=0.00), GCS (p=0.00) of survivors and non-survivors. There was no significant difference between the ISS (p=0.082), lactate (p=0.541), base excess (p=0.468) and SIG (p=0.894) of survivors and non-survivors. There was a significant difference between the RTS (p=0.023), APACHE III (p=0.002), lactate (p=0.000), base excess (p=0.000) and SIG (p=0.000) of shock and non-shock group. There was no significant difference between the ISS (p=0.270), MODS (p=0.442) and GCS (p=0.432) of shock and non-shock group. The base excess was most correlated to MABP ($r^2=0.150$).

**Conclusion**: Initial base deficit, serum lactate and SIG are not predictors of mortality in moderate to severe trauma patients. Initial base deficit, serum lactate and SIG are correlated with the mean arterial blood pressure in trauma patients in emergency department.

**Key Words**: Lactate, Base deficit, Strong ion gap, Trauma, Outcome

* Address for Correspondence : **Kang Hyun Lee, M.D.**
Department of Emergency Medicine Wonju College of Medicine, Yonsei University
162 Ilsan-dong, Wonju-si, Gangwon-do, 220-701, Korea
Tel : 82-33-741-1612, Fax : 82-33-742-3030, E-mail : ed119@yonsei.ac.kr

접수일: 2005년 11월 2일, 심사일: 2005년 11월 4일, 수정일: 2005년 11월 21일, 승인일: 2005년 11월 28일

## Ⅰ. 서 론

중환자에서 산염기 불균형은 매우 흔한 검사 소견이다. 특히 응급실에서는 만취 상태의 환자, 저혈압성 쇼크, 패혈성 쇼크 상태의 환자뿐만 아니라 원인 모르게 산증을 보이는 중환자를 접할 수 있다. 대부분의 환자들은 단일 원인에 의한 산증이나 알칼리증이 나타나지 않고 부분적으로 보상 작용이 이루어지거나 복합적인 형태의 산염기 불균형을 보인다. 그리고 환자의 혈역학적 상태를 평가하기 위해 보통 pH, 염기 결핍, 음이온 차이 등으로 그 원인을 파악하려고 한다.

젖산과 염기 결핍은 중환자실에 입원 중인 환자들의 예후나 상태를 예측하는 데 유용하다(1,2). 특히 외상환자가 응급실에 내원하였을 때 초기에 검사한 젖산과 염기 결핍은 Injury severity score (ISS)와 상관관계가 높아 중증 손상의 정도를 반영해 줄 수 있다(3).

최근 염기 결핍에서 Stewart-Figge(4,5)의 강이온 차이(strong ion gap: SIG)에 대한 연구를 중증 환자의 감별 등 여러 가지 경우에 적용시켜보는 연구가 활발히 진행되고 있다. 음이온 차이에서 사용되는 나트륨(sodium), 염소(chloride), 중탄산염(bicarbonate)뿐만 아니라 마그네슘(magnesium), 칼슘(calcium), 젖산(lactate), 인산(phosphate), 알부민(albumin), 동맥혈이산화탄소분압($PaCO_2$)까지 적용된 개념인 강이온 차이를 계산함으로써 측정되지 않는 음이온의 양을 예측해 환자의 대사성 산증의 원인과 예후 등을 예상해 보려는 여러 연구들이 발표되었다.

본 연구의 목적은 응급실을 통해 중환자실에 입원한 중증 외상환자들을 대상으로 젖산, 염기 결핍 등의 혈액 검사 소견과 이를 바탕으로 계산된 강이온 차이가 환자의 생존여부를 예측할 수 있는지, 응급실 내원 당시 쇼크 상태인 환자에서는 어떤 의미가 있는지를 알아보고자 한다.

## Ⅱ. 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2004년 1월 1일부터 2005년 2월 28일까지 연세대학교 원주의과대학 부속 원주기독병원 응급실에 외상으로 내원하여 중환자실로 입원한 환자 중 다음 기준에 합당한 136명을 대상으로 하였다. 16세 이상, ISS 10점 이상, 응급실을 통해 응급중환자실, 외과중환자실, 신경외과중환자실로 입원한 환자를 대상으로 하였고, 응급실 도착 당시에 심정지 상태인 환자와 과거에 신부전이나 간경화를 진단받은 환자는 제외하였다.

### 2. 연구 방법

연구 대상 환자 136명의 기록을 후향적으로 수집, 분석하였으며 환자들의 인구통계학적인 지표와 사고 기전, 혈액학적 검사 소견 및 ISS, Revised trauma score (RTS), Multiple organ dysfunction score (MODS), Acute physiology and chronic health evaluation III (APACHE III), Glasgow coma scale (GCS) 등을 비교 분석하였다.

대상 환자들을 생존군과 비생존군, 내원시 쇼크군과 비쇼크군으로 나누어 비교분석 하였다.

내원시 응급실에서 측정한 수축기 혈압이 90 mmHg 미만이거나 맥박이 분당 100회 초과인 경우를 쇼크로 정의하였고, 단 고혈압의 기왕력이 있는 환자를 제외하고 분당 맥박수가 100회 초과라도 수축기 혈압이 130 mmHg보다 높은 경우는 쇼크에서 제외하였다.

그리고 젖산(Lactate), 염기 결핍(Base deficit), 강이온 차이(SIG)와 평균동맥혈압의 연관성을 분석하였다.

강이온 차이는 Stewart(4)가 산염기를 정략적으로 분석하는 방법으로 Strong ion difference apparent (SIDa)를 계산하였고 그 식은 다음과 같다.

$$SIDa = [Na^+] + [K^+] + [Ca^{++}] + [Mg^{++}] - [Cl^-] - [lactate]$$

하지만 이 공식에는 이산화탄소($CO_2$), 알부민(albumin)과 인산(phosphate) 등 약산성을 보이는 성분은 포함되지 않아 1992년 Figge 등(5)이 Strong ion difference effective (SIDe)를 만들었고 그 식은 다음과 같다.

$$SIDe = 2.46 \times 10^{-8} \times PCO_2 / (10^{-pH}) + [albumin] \times (0.123 \times pH - 0.631) + Phosphate \times (0.309 \times pH - 0.469)$$

결국 혈장의 전기적 중성이 이루어진 상태로 양이온과 음이온의 양적인 차이가 없다면 전체 양이온에서 음이온을 뺀 값은 0에 가깝다. 이 값이 강이온 차이이며 공식은 다음과 같다.

$$Strong\ Ion\ Gap\ (SIG) = SIDa - SIDe$$

통계적 검정은 SPSS 12.0 프로그램(SPSS for Window release 12.0, SPSS Inc. USA)의 t-test, Correlation analysis, Linear regression을 이용하였다. 95% 신뢰구간을 이용하여 p값이 0.05보다 작을 때 통계학적인 의미를 부여하였다.

## III. 결 과

### 1. 환자의 분포

대상 환자는 모두 136명이었으며 남자 103명(75.7%), 여자 33명(24.3%)이었고 평균연령은 48.1±16.6 세였다. 전체 환자 중 생존한 경우는 106명(77.9%), 병원에서 사망하거나 희망 없는 퇴원한 경우는 30명(22.1%)였다. 응급실 내원 시에 쇼크 상태인 환자는 42명(30.9%), 쇼크가 아니었던 환자는 94명(69.1%)였다(Table 1).

### 2. 손상의 기전

교통사고가 가장 많았으며 운전자 27명(19.9%), 보행자 18명(13.2%), 동승자 17명(12.5%)으로 62명이었고, 낙상 26명(29.2%), 오토바이 12명(8.8%), 자전거 1명(0.7%), 구타, 칼에 의한 열상 등 기타 35명(25.7%)였다(Table 1).

### 3. 생존 여부와 쇼크 유무에 따른 비교

모든 대상 환자에 대해 응급실 내원 당시에 동맥혈과 정맥혈이 채취되었으며 동맥혈 검사 결과에서 pH, $PaCO_2$, Base deficit, lactate, Anion gap (AG)의 수치를 얻었으며 응급화학검사에서 $Na^+$, $K^+$, $Cl^-$, $Ca^{++}$, phosphate, albumin의 수치를 얻었다. 이를 토대로 Stewart-Figge 공식으로 SIDa, SIDe, SIG을 계산하였

**Table 1.** Characteristics of the patients and mechanisms of injury

| Characteristics | No. of case (%) |
|---|---|
| Baseline | |
| Age (years) | 48.1±16.6 |
| Sex (male : female) | 103 (75.7):33 (24.3) |
| Group | |
| Survival : Non-survival | 106 (77.9):30 (22.1) |
| Shock : Non-shock | 42 (30.9):94 (69.1) |
| Mechanisms of injury | |
| Traffic accidents | 62 (45.6) |
| Fall | 26 (19.1) |
| Motorcycle | 12 ( 8.8) |
| Bicycle | 1 ( 0.7) |
| Others | 35 (25.7) |
| Type of non-survival | |
| Death in hospital | 23 (77) |
| Mouribound discharge | 7 (18) |
| Causes of death | |
| Brain injury | 23 (77) |
| Hypovolemic shock | 6 (15) |
| MODS | 1 ( 3) |

MODS: Multiple organ dysfunction syndrome

**Table 2.** Biochemical variables used in acid-base evaluation and injury severity between survival group and non-survival group

| Variables | Survivor (n=106) | Non-survivor (n=30) | p value |
|---|---|---|---|
| pH | 7.37±8.71 | 7.38±6.72 | 0.560 |
| $PaCO_2$ (mmHg) | 36.37±7.50 | 35.13±8.81 | 0.448 |
| [$Na^+$] (mmol/L) | 139.15±3.80 | 137.83±4.10 | 0.104 |
| [$K^+$] (mmol/L) | 3.81±0.47 | 3.78±0.63 | 0.802 |
| [$Cl^-$] (mmol/L) | 108.56±4.92 | 106.76±5.15 | 0.087 |
| [$Ca^{++}$] (mg/dL) | 8.53±0.76 | 8.05±1.77 | 0.162 |
| Phosphate (mg/dL) | 3.62±1.42 | 3.39±1.16 | 0.430 |
| Albumin (g/dL) | 3.78±0.70 | 3.76±0.84 | 0.853 |
| BE (mmol/L) | -4.64±4.87 | -5.43±6.39 | 0.468 |
| Lactate (mmol/L) | 3.75±2.80 | 3.37±2.40 | 0.541 |
| AG (mmol/L) | 13.67±4.63 | 14.48±5.48 | 0.429 |
| SIDa (mmol/L) | 38.64±5.52 | 39.08±5.80 | 0.073 |
| SIDe (mmol/L) | 28.55±4.26 | 28.13±5.97 | 0.729 |
| SIG (mmol/L) | 10.49±4.34 | 10.64±5.81 | 0.894 |
| ISS | 20.68±7.69 | 23.40 ± 6.83 | 0.082 |
| RTS | 7.01±1.21 | 5.71±1.49 | 0.000 |
| APACHE III | 35.82±21.77 | 62.93±21.18 | 0.000 |
| MODS | 5.42±2.44 | 7.66±2.80 | 0.000 |
| GCS | 12.43±3.80 | 8.07±4.90 | 0.000 |

BE: base excess, AG: anion gap, SIDa: strong ion difference apparent, SIDe: strong ion difference effective, SIG: strong ion gap, ISS: injury severity score, RTS: revised trauma score, MODS: multiple organ dysfunction score, APACHE III: acute physiology and chronic health evaluation III, GCS: glasgow coma scale

다. 혈액학적 검사 소견의 평균값은 Table 2와 같다.

생존군은 106명(77.9%), 비생존군은 30명(22.1%)으로 두 군 간의 젖산, 염기 결핍, 강이온 차이, ISS, RTS, APACHE III, MODS, GCS를 t-test로 검정하였다. RTS, APACHE III, MODS, GCS는 두 군 간의 유의한 차이가 있었으며(p=0.000), ISS, 젖산, 염기 결핍, 강이온 차이는 차이가 없었다(p>0.05)(Table 2).

내원시 쇼크군은 42명(30.9%), 비쇼크군은 94명(69.1%)으로 RTS(p=0.023), APACHE III(p=0.002), 젖산(p=0.000), 염기 결핍(p=0.000), 강이온 차이(p=0.000)는 유의한 차이가 있었으며, ISS, MODS, GCS는 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 3).

#### 4. 평균동맥혈압과 젖산, 염기 결핍, 강이온 차이의 연관성

젖산, 염기 결핍, 강이온 차이와 내원 초기 평균동맥혈압의 연관성을 Correlation analysis(Pearson correlation)으로 검정하였을 때 모두 $p<0.05$로 연관성이 있었으며 Linear regression에서 각각 $r^2=0.125$, 0.150, 0.085로 염기 결핍이 가장 큰 영향력이 있는 것으로 나왔다(Fig. 1).

## IV. 고 찰

응급실처럼 여러 질환의 환자들이 있는 곳에서 환자의 중증도 분류는 매우 중요하다. 중증도를 분류하기 위해 여러 가지 방법이 적용된다. ISS나 MODS 등 점수를 내는 방법과 혈액학적 검사 소견으로 예후를 예측할 수 있는데, 전자는 방사선 촬영과 응급 수술이 필요한 경우 그 수술까지 마친 뒤 환자를 재평가하여 판단해야 하는 제한점이 있다(6). 후자는 혈액 채취 후 검사 결과만 확인하면 된다. 주로 젖산, 염기 결핍, 음이온 차이 등으로 산염기 불균형과 중증도를 파악할 수 있으며, 오래전부터 예후 인자로 사용할 수 있는지, 환자의 중증도를 평가할 수 있는지, 어떤 환자에 적용할 것인지에 대해 많은 관심을 가져왔다. 또한 중증 외상 환자에서 보상되지 못하는 산증을 평가하여 초기에 기도 삽관 및 인공호흡기 치료를 결정하는 데 있어서도 환자의 외형이나 나이, 기존 질환 등을 보고 판단할 게 아니라 혈액 가스 검사로 결정하는 것이 도움이 된다(7). 그 뿐만 아니라 특히 쇼크 상태의 외상 환자의 초기 젖산과 염기 결핍 수치나 그 수치가 정상화되는 데 걸리는 시간은 수혈 필요량, 사망률이나 다발성 장기 부전에 빠질 위험도와 관련성이 높은 것으로 간주된다. 그래서 쇼크 상태의 외상환자를 소생할 때의 최종 목표로 젖산과 염기 결핍을 기준으로 삼기도 한다(8).

중증의 외상 환자들은 대부분 출혈성 쇼크나 대사성 산증이 동반되어 있다. 체내 전해질은 중성을 이루고 음이온과 양이온의 양적 차이가 없어야 되는데 그러한 균형 상태가 깨어지면 산염기 상태의 불균형이 온다. 흔히 염두에

**Table 3.** Biochemical variables used in acid-base evaluation and injury severity between shock group and non-shock group

| Variables | Shock (n=42) | Non-shock (n=94) | p value |
|---|---|---|---|
| pH | 7.33±0.11 | 7.39±5.73 | 0.002 |
| $PaCO_2$ (mmHg) | 35.78±9.60 | 36.22±6.86 | 0.763 |
| $[Na^+]$ (mmol/L) | 138.88±4.30 | 138.86±3.71 | 0.982 |
| $[K^+]$ (mmol/L) | 3.95±0.59 | 3.74±0.46 | 0.032 |
| $[Cl^-]$ (mmol/L) | 110.29±4.65 | 107.24±4.90 | 0.001 |
| $[Ca^{++}]$ (mg/dL) | 7.98±1.17 | 8.62±0.98 | 0.001 |
| Phosphate (mg/dL) | 4.15±1.99 | 3.32±0.89 | 0.014 |
| Albumin (g/dL) | 3.26±0.76 | 4.00±0.60 | 0.000 |
| BE (mmol/L) | -7.67±6.04 | -3.50±4.24 | 0.000 |
| Lactate (mmol/L) | 5.31±3.22 | 2.69±1.76 | 0.000 |
| AG (mmol/L) | 14.08±5.91 | 13.75±4.27 | 0.716 |
| SIDa (mmol/L) | 35.16±5.58 | 40.77±4.44 | 0.000 |
| SIDe (mmol/L) | 27.10±4.57 | 29.03±4.63 | 0.037 |
| SIG | 8.08±4.55 | 11.91±4.22 | 0.000 |
| ISS | 22.45±8.71 | 20.76±6.99 | 0.270 |
| RTS | 6.32±1.49 | 6.91±1.30 | 0.023 |
| APACHE III | 51.41±24.14 | 37.46±23.28 | 0.002 |
| MODS | 5.63±2.70 | 6.02±2.67 | 0.442 |
| GCS | 11.95±4.44 | 11.30±4.43 | 0.432 |

BE: base excess, AG: anion gap, SIDa: strong ion difference apparent, SIDe: strong ion difference effective, SIG: strong ion gap, ISS: injury severity score, RTS: revised trauma score, MODS: multiple organ dysfunction score, APACHE III: acute physiology and chronic health evaluation III, GCS: glasgow coma scale

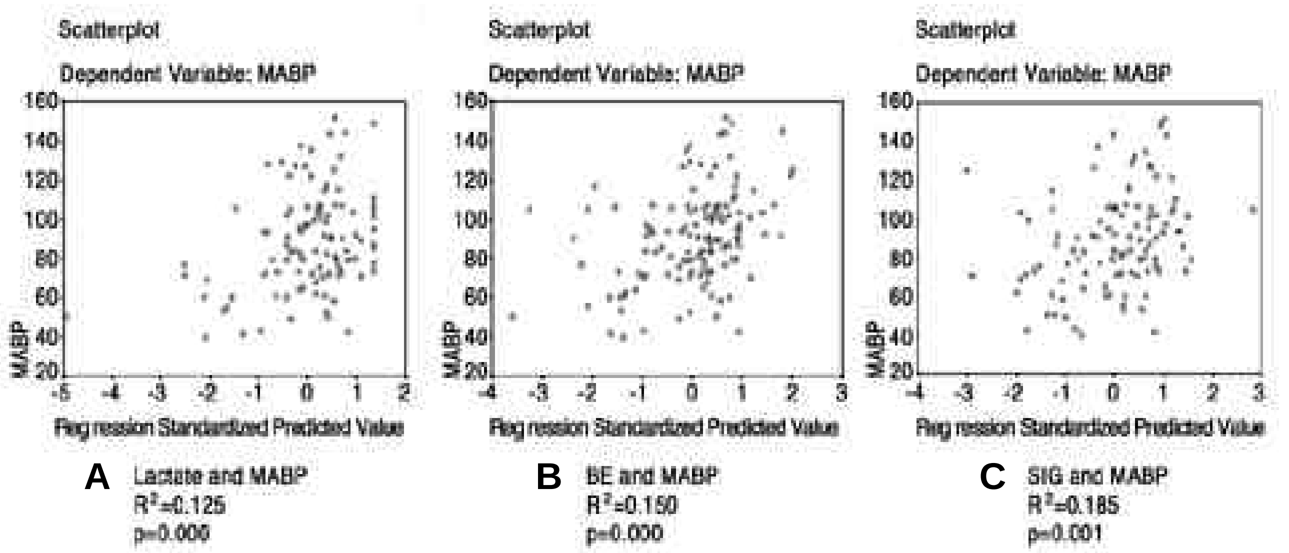
두는 젖산, 염기 결핍이나 음이온 차이 등으로 그 원인과 정도를 파악하려 하지만 이는 환자의 중증도와 비례하지 않거나 이것만으로 원인을 모르는 경우가 있다. 특히 음이온 차이는 $[NA^+]$ - $[Cl^-]$ - $[HCO_3^-]$ 로 계산되며 정상 범위는 10~12 mmol/L 로 즉 측정되지 않은 음이온의 양이 10~12 mmol/L 지만 $[NA^+]$, $[Cl^-]$, $[HCO_3^-]$ 이외에도 측정 가능한 양이온과 음이온을 고려하여 강이온 차이의 개념이 나오게 되었다.

연구 대상에서 신부전이나 간경화를 진단받은 환자를 제외하였다. 이는 신장과 간이 체내 전해질의 평형 유지에 중요한 역할을 하고 특히 신장은 보상작용도 하기 때문이다. 신장은 체내 $[HCO_3^-]$ 함량을 유지시키고 비휘발성 산으로부터 유래된 $[H^+]$를 체외로 배설함으로써 체내 산염기 평형을 유지한다. 만성 신부전 환자는 물론 급성 신부전 환자에서도 대사성 산증이 유발되는데 이는 증가된 비측정 음이온의 산성 효과와 고인산혈증 및 저알부민혈증 등에서 기인한다. 또한 강이온 차이도 신부전이 동반되지 않은 중환자들과 대조군에 비해 약 1.5배 정도 높다(9). 간에서 일어나는 단백질 이화작용 대사물은 $[HCO_3^-]$를 소모하여 배설되므로 만성적인 간질환이 있는 환자들 또한 불균형적인 산염기 평형 상태에 놓여 있다(10). Kellum 등(11)은 운동 후 젖산이 평균 10.98 mEq/L까지 증가한 건강한 사람들의 강이온 차이가 0.30±0.65 mEq/L인데 비해 패혈증이 있거나 간질환이 있는 중환자들은 각각 4.80±4.67 mEq/L, 9.60±6.43 mEq/L으로 측정되지 않는 음이온의 양이 훨씬 많은 것으로 밝혔다.

젖산은 근육에서 무기성 대사 과정의 부산물로 혈중 농도 2 mmol/L까지는 정상으로 생각하지만 조직에 산소가 부적절하게 전달되는 쇼크 상태에서는 더 증가하게 된다. 그래서 젖산은 중환자실에 입원 중인 환자들의 예후나 상태를 예측하는 데 유용하다(1,2). 본 연구에서는 생존군과 비생존군에서 유의한 차이가 없었지만 혈액 순환 상태가 충분하지 않은 쇼크군에서 비쇼크군과 비교하였을 때 의미 있는 차이가 있었다(p=0.00). Mikulaschek 등(12)의 연구에서는 응급실을 통해 중환자실에 입원한 외상환자를 대상으로 한 연구에서 젖산만이 생존군과 비생존군에서 의미 있는 차이가 있었고 음이온 차이와 염기 결핍은 차이가 없었다. Husain 등(13)은 외과 중환자실의 환자에서 적극적인 치료에도 불구하고 젖산이 정상화되지 않은 환자는 사망률이 높았으며 젖산을 정상화시키는 것을 소생의 최종 목표(endpoint)로 삼을 수 있다고 하였다.

염기 결핍은 체내 혈장의 정상적인 pH를 유지하기 위해 필요한 염기의 양을 뜻한다. 염기 결핍은 0에 가까워야 체내 pH가 정상에 가깝다는 것을 의미하고 보통 -2~2 meq/I를 정상 범위로 본다. 두부 외상 환자를 완전히 제외한 연구에서 염기 결핍이 3 이상인 환자에서 장기부전률과 사망률이 높았다(14). Story 등(15)의 중환자실에 입원한 환자를 대상으로 한 연구에서는 염기 결핍 5이상인 환자에서 사망률은 1.97배로 높았다. 본 연구에서는 젖산과 같이 생존군과 비생존군에서 염기 결핍이 의미 있는 차이를 보이지 않았고 쇼크군과 비쇼크군에서는 유의한 차이가 있었다.

염기 결핍이나 젖산이 예후 예측 인자로 사용될 수 있지만 이 검사 수치가 정상이라도 측정되지 못한 음이온이 존재할 수 있다. 염기 결핍과 음이온 차이가 정상인 소아 중환자에서 비측정 음이온을 고려한 교정된 염기 결핍(Base




**MABP: mean arterial blood pressure, SIG: strong ion gap, BE: base excess**

**Fig. 1.** Correlation between acid-base variables and mean arterial blood pressure.

excess by unmeasured anions: BEua)이 사망률과 높은 연관을 보여 측정되지 않는 음이온의 양이 환자의 상태를 파악하는 데 도움이 되었다(16). 측정되지 않은 음이온으로서는 무기성 산(inorganic acid)으로 인산(phosphate), 황산(sulfate), 유기성 산(organic acid)으로 케톤(ketoacid), 젖산, 아세토아세테이트, 음이온단백질(anion protein)로 알부민 등이 있고 외인성 음이온(exogenous anion)으로 작용하는 살리신산, 메탄올, 에탄올 등이 있다(17-19).

강이온 차이는 측정되지 못한 음이온의 양을 예측해 냄으로써 환자의 상태를 평가하거나 예후를 예측하기 위해 나온 개념이다. 여러 연구에서 강이온 차이를 생존군과 사망군에서 비교 분석하고 있으며 과연 복잡한 공식을 적용해 구해내는 강이온 차이가 의미가 있는지 보고하고 있다(2, 20-23). 또한 강이온 차이가 0에 가까운 것이 정상이지만 각 연구마다 선택한 환자군이나 혈액 표본이 채취된 시점에 따라 강이온 차이의 값이 다르게 보고되는데 이는 혈장 전해질 농도 측정 기술의 차이에서 기인한다고 한다(21). 대혈관 성형술을 필요로 하는 외상 환자를 대상으로 한 연구에서는 강이온 차이가 사망률 예측 인자로 의미가 있다고 하였다(8). 응급실에 내원한 경증의 외상 환자를 포함한 2,221명을 대상으로 한 연구에서는 생존군은 4.87 mEq/L, 비생존군은 8.20 mEq/L로 비생존군의 강이온 차이의 값이 높게 나와 강이온 차이가 예후 예측인자로 의미가 있었다(22). 반면에 본 연구에서는 생존군와 비생존군에서 강이온 차이의 평균값이 각각 10.49 mEq/L, 10.64 mEq/L로 차이가 없었다. 이는 비생존군의 대부분이 외상성 뇌출혈이 동반된 생체 징후가 안정적인 환자였기 때문으로 생각된다. 다른 연구에서도 생존군과 비생존군에서 강이온 차이의 의미가 없었는데, 내과 및 외과 중환자실 환자를 대상으로 한 연구에서는 $p=0.088$로 생존군과 비생존군 사이에 강이온 차이의 의미가 없었다(23). Rocktaeschel 등(24)은 중환자에서 강이온 차이가 생존군과 비생존군에서 유의한 차이를 보였지만 사망률과의 연관성(correlation)이 낮아 예측 인자로는 사용할 수 없다고 하였다. Martin 등(2)은 중환자실에 입원한 외상 환자를 대상으로 강이온 차이와 염기 결핍 등을 비교 연구하였는데 생존군과 비생존군에서 강이온 차이의 평균값은 거의 같았으며 단지 젖산이 정상인 환자에서만 의미 있는 차이를 보여 젖산이 정상인 환자에서 사망률 예측인자라고 보고하였다.

외상 후 내원 당시에 쇼크인 환자는 적극적인 소생술이 필요하고 사망률과 이환율이 높으며, 응급실에서 장시간동안 심한 저혈압에 빠졌던 환자는 예후가 좋지 않다(25). 본 연구에서는 젖산과 염기 결핍이 쇼크군에서는 5.31 mmol/L, -7.67 mmol/L 이었고 비쇼크군에서는 2.69 mmol/L, -3.50 mmol/L였다. Estenssoro 등(26)은 내원 초기의 쇼크만으로도 장기간 기계호흡 여부를 예측할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 평균동맥혈압을 쇼크의 정도로 사용하였는데 젖산이나 강이온 차이보다 염기 결핍과 평균동맥혈압의 상관 관계가 가장 높았다(Fig. 1). 출혈성 쇼크는 조직으로의 부적절한 순환을 유발하게 되고 결국 산소 이용도도 감소한다. 염기 결핍은 세포 수준에서 산소 결핍 정도를 반영해 준다. 그래서 다발성 외상 환자에서 염기 결핍의 정도는 수축기 혈압, 수혈 필요량, 다발성 장기 부전에 빠질 가능성과 사망률과 상관관계가 높다(27-29).

저자들은 본 연구를 강이온 차이가 사망률을 예측할 수 있을 것이라는 가정 하에 시작하였다. 여러 연구에서 젖산, 염기 결핍, 강이온 차이가 생존자와 비생존자에서 차이가 있었지만 중증의 외상 환자를 대상으로 한 본 연구에서는 30명의 사망한 환자 중 77%인 23명이 대부분 다른 신체 부위를 제외한 단독 두부 손상이었다(Table 1). 심각한 두부 손상만으로도 충분히 사망 원인이 될 수 있었으며 두부 손상만 있었던 환자의 대부분이 응급실 내원 당시에 쇼크 상태가 아니었다. 사망의 예측 인자로 염기 결핍이나 쇼크의 정도보다 두부 손상 자체가 환자의 생존 여부에 많은 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 본 연구와 달리 두부 외상을 완전 배제한 연구에서는 응급실에서 측정된 염기 결핍이 환자의 사망률을 예측할 수 있었다(14). 소아 외상 환자를 대상으로 한 연구에서 나이에 무관하게 심각한 두부 손상이 없는 환자보다 두부 손상이 있는 환자에서 사망률이 3.8배로 높았으며, 염기 결핍이 높은 환자에서는 두부 손상에 관계없이 사망률이 비슷하였으나 염기 결핍이 낮은 환자에서는 두부 손상이 있는 경우가 사망률이 훨씬 높았다(28). 또한 외상 기전에 따라서도 달라지는데, 두부 외상 환자를 제외하고 자상이나 심한 열상을 입은 환자와 총상이나 둔상을 입은 환자 사이에서 염기 결핍이 유의한 차이가 있었으며 이는 사망률을 예측할 수 있었다(30).

## V. 결 론

두부 손상을 포함한 중증 외상환자에서 응급실 내원 초기 측정한 염기 결핍, 젖산과 강이온 차이는 생존군과 비생존군에서 유의한 차이가 없어 사망률을 예측할 수 있는 인자로는 부적절하였다. 하지만 생존군과 비생존군에서 RTS, APACHE III, MODS 등은 유의한 차이를 보여 사망군의 중증도가 더 높음을 알 수 있었다. 또한 강이온 차이 자체로 예후 예측인자로 사용하기 보다는 응급실에서 처음 환자를 평가할 때 환자의 산염기 불균형을 미리 예측하고 원인을 밝혀내서 환자 치료에 적용해야 될 것으로 사료된다.

## REFERENCES


1) Smith I, Kumar P, Molloy S, Rhodes A, Newman PJ, Grounds RM, et al. Base excess and lactate as prognostic indicators for patients admitted to intensive care. Intensive Care Med 2001;27;74-83.
2) Martin M, Murray J, Berne T, Demetriades D, Belzberg H. Diagnosis of acid-base derangements and mortality prediction in the trauma intensive care unit:the physiochemical approach. J Trauma 2005;58;238-43.
3) 서준석, 이정호, 설동호, 최마이클승필, 서강석, 박정배 등. 외상환자에서의 손상정도와 혈청 유산염 및 염기결핍의 상관관계. 대한응급의학회지 2003;14;425-33.
4) Stewart PA. Modern quantitative acid-base chemistry. Can J Physiol Pharmacol 1983 ;61;1444-61.
5) Figge J, Mydosh T, Fencl V. Serum proteins and acid-base equilibria:a follow-up. J Lab Clin Med 1992;120;713-9.
6) Chawda MN, Hildebrand F, Pape HC, Giannoudis PV. Predicting outcome after multiple trauma:which scoring system? Injury 2004;35;347-58
7) Daniel SR, Morita SY, Yu M, Dzierba A. Uncompensated metabolic acidosis:an underrecognized risk factor for subsequent intubation requirement. J Trauma 2004;57;993-7.
8) Tisherman SA, Barie P, Bokhari F, Bonadies J, Daley B, Diebel L, et al. Clinical practice guideline :endpoints of resuscitation. J Trauma 2004;57;898-912.
9) Rocktaeschel J, Morimatsu H, Uchino S, Goldsmith D, Poustie S, Story D, et al. Acid-base status of critically ill patients with acute renal failure:analysis based on Stewart-Figge methodology. Crit Care 2003;7;60-6.
10) Nicolaou DD, Kelen GD, Acid-base disorders. In:Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski S eds. Emergency Medicine. 6th ed.:McGraw-Hill, 2004; 149-59.
11) Kellum JA, Kramer DJ, Pinsky MR. Strong ion gap: a methodology for explaining unexplained anions. J Crit Care 1995;10;51-5.
12) Mikulaschek A, Henry SM, Donovan R, Scalea TM. Serum lactate is not predicted by anion gap or base excess after trauma resuscitation. J Trauma 1996;40;218-24.
13) Husain FA, Martin MJ, Mullenix PS, Steele SR, Elliott DC. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality and morbidity. Am J Surg 2003;185;485-91.
14) 문준동, 김수진, 문철규, 최성혁, 전정민, 이성우 등. 중증외상환자에서 염기 결핍수치의 유용성. 대한응급의학회지 2001;12;243-50.
15) Story DA, Morimatsu H, Bellomo R. Strong ions, weak acids and base excess:a simplified Fencl-Stewart approach to clinical acid-base disorders. Br J Anaesth 2004;92;54-60.
16) Balasubramanyan N, Havens PL, Hoffman GM. Unmeasured anions identified by the Fencl-Stewart method predict mortality better than base excess, anion gap, and lactate in patients in the pediatric intensive care unit. Crit Care Med 1999;27;1577-81.
17) Fujita M, Tsuruta R, Wakatsuki J, Takeuchi H, Oda Y, Kawamura Y, et al. Methanol intoxication: differential diagnosis from anion gap-increased acidosis. Intern Med 2004;43;750-4.
18) Zehtabchi S, Sinert R, Baron BJ, Paladino L, Yadav K. Does ethanol explain the acidosis commonly seen in ethanol-intoxicated patients? Clin Toxicol (Phil) 2005;43;161-6.
19) Hatherill M, Waggie Z, Purves L, Reynolds L, Argent A. Correction of the anion gap for albumin in order to detect occult tissue anions in shock. Arch Dis Child 2002;87;526-9.
20) 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.
21) Morimatsu H, Rocktachel J, Bellomo R, Uchino S, Goldsmith D, Gutteridge G. Comparison of point-of-care versus central laboratory measurement of electrolyte concentrations on calculations of the anion gap and the strong ion difference. Anesthesiology 2003;98;1077-84.
22) Hucker TR, Mitchell GP, Blake LD, Cheek E, Bewick V, Grocutt M et al. Identifying the sick:can biochemical measurements be used to aid decision making on presentation to the accident and emergency department. Br J Anaesth 2005;94;735-41.
23) Cusack RJ, Rhodes A, Lochhead P, Jordan B, Perry S, Ball JA et al. The strong ion gap does not have prognostic value in critically ill patients in a mixed medical/surgical adult ICU. Intensive Care Med 2002;28;864-9.
24) Rocktaeschel J, Morimatsu H, Uchino S, Bellomo R. Unmeasured anions in critically ill patients:can they predict mortality? Crit Care Med 2003;31;2131-6.
25) Jones AE, Aborn LS, Kline JA. Severity of emergency department hypotension predicts adverse hospital outcome. Shock 2004;22;410-4.
26) Estenssoro E, Gonzalez F, Laffaire E, Canales H, Saenz G, Reina R, et al. Shock on admission day is the best predictor of prolonged mechanical ventilation in the ICU. Chest 2005;127;598-603.
27) Kincaid EH, Miller PR, Meredith IW, Rahman N, Chang MC. Elevated arterial base deficit in trauma patients:a marker of impaired oxygen utilization. J Am Coll Surg 1998;187;384-92.
28) Kincaid EH, Chang MC, Letton RW, Chen JG,

Meredith JW. Admission base deficit in pediatric trauma: a study using the national trauma data bank. J Trauma 2001;51;332-5.
29) Rixen D, Raum M, Bouillon B, Lefering R, Neugebauer E. Base deficit development and its prognostic significance in posttrauma critical illness: an analysis by the trauma registry of the Deutsche Gesellschaft fur unfallchirurgie. Shock 2001;15;83-9.
30) Tremblay LN, Feliciano DV, Rozycki GS. Assessment of initial base deficit as a predictor of outcome:mechanism of injury does make a difference. Am Surg 2002;68;689-93.