중증 화상에서 초기 수액치료 이후 소변량, 혈중젖산, 크레아티닌 수치 변화와 이에 따른 사망률 예측

오세열 · 김도현¹

한림대학교 강남성심병원 외과, ¹한림대학교 한강성심병원 화상센터 화상외과

Serum Lactate, Creatinine and Urine Output: Early Predictors of Mortality after Initial Fluid Resuscitation in Severe Burn Patients

Seyoul Oh, M.D. and Dohern Kym, M.D.¹

Department of General Surgery, Kangnam Sacred Heart Hospital, Hallym University Medical Center, ¹Department of Surgery and Critical Care, Burn Center, Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: PL, creatinine and urine output are biomarkers of the suitability and prognosis of fluid therapy in severe burn patients. The purpose of this study is to evaluate the usefulness of predicting mortality by biomarkers and its change during initial fluid therapy for severe burn patients.

Methods: A retrograde review was performed on 733 patients from January 2014 to December 2018 who were admitted as severe burn patients to our burn intensive care unit (BICU). Plasma lactate, serum creatinine and urine output were measured at the time of admission to the BICU and after 48 hours. ABSI score, Hangang score, APACHEII, revised Baux index and TBSA were collected after admission.

Results: 733 patients were enrolled. PL was the most useful indicators for predicting mortality in burn patients at the time of admission (AUC: 0.813) and after 48 hours (AUC: 0.698). On the other hand, mortality prediction from initial fluid therapy for 48 hours showed different results. Only creatinine showed statistical differences ($P < 0.05$) in mortality prediction. But there were no statistical differences in mortality prediction with PL and UO ($P > 0.05$).

Conclusion: In this study, PL was most useful predictor among biomarkers for predicting mortality. Improvement in creatinine levels during the first 48 hours is associated with improved mortality. Therefore, efforts are needed to improve creatinine levels. (J Korean Burn Soc 2020;23:1-6)

Key Words: Burn, Plasma lactate (PL), Creatinine, Urine output (UO)

서 론

중증 화상은 단일 외상 중에서 가장 위중한 질환으로 피부 손상으로 인한 방어기전의 손상으로 패혈증 등의 합병증과 사망률이 가장 높은 외상 중 하나이다. 중증 화상은 탈수, 저혈량성 쇼크 등을 동반하여 전신의 관류저해를 일으켜 다양한 혈류역학적 장애를 유발할 수 있다. 이러한 혈

류역학적 장애를 동반하는 화상 초기의 화상 쇼크(burn shock)는 심박출량의 감소, 혈관 투과성의 증가, 신장으로의 혈류 저하 등으로 나타난다¹⁾. 이러한 화상 쇼크를 예방하기 위해서 조직관류를 회복하기 위한 수액치료가 필수적이다²⁾.

이 중에서도 초기 수액요법의 성공이 사망률 및 합병증과 연관성이 있는 것으로 밝혀졌다. 초기 수액요법과 관련하여 발생하는 신부전(renal failure)을 급성신손상(AKI)이라 하며 수상 후 0~3일까지로 정의하고 있다³⁾. 급성신손상에 대한 정의는 혈청 크레아티닌(serum creatinine)과 소변량(urine output)으로 시행하며 이들 수치를 바탕으로 초기 수액치료의 적절성을 결정한다³⁻⁵⁾. 또 다른 초기 수액요법의 치료효과를 보기 위한 실험실적인 지표로 혈중젖산

접수일: 2020. 5. 9, 수정일: 2020. 5. 15, 승인일: 2020. 5. 19

책임저자 : 김도현, 서울시 영등포구 버드나루로 7길 12

☎ 07247, 한림대학교 한강성심병원 화상센터 화상외과

Tel: 02-2639-5446, Fax: 02-2678-4386

E-mail: dohern@hallym.or.kr

(plasma lactate, PL), 염기 부족(base deficit, BD) 등이 제시되고 있다⁶⁻⁸⁾. 앞서서 언급한 생체지표들은 수액치료의 성공을 확인하는 것은 물론 화상 환자의 생존과도 연관되어 있다.

연구는 목적은 초기 수액치료(early resuscitation)를 통하여 각종 생체지표(biomarker)의 변화가 화상환자의 사망에 영향을 주는지 알아보기 위함이다.

대상 및 방법

2014년 1월부터 2018년 12월까지 화상으로 한림대학교 한강성심병원에 내원하여 화상중환자실에 입원 치료한 환자 중 18세 이상 성인환자를 대상으로 하였다. 이 중에서 화상 후 24시간 이내에 본원에 도착하여 초기 수액치료를 마친 733명을 대상으로 의무기록(EMR)을 이용한 후향적인 방법으로 분석하였다. 중환자실 입원 치료의 기준은 체표면적 20% 이상의 화상, 10% 이상을 동반한 10세 미만의 환자와 60세 이상의 환자, 흡인화상이 동반된 경우, 10% 이상의 전층화상, 미용적 또는 기능적인 장애를 초래할 수 있는 부분을 포함하는 화상, 모든 고압의 전기화상, 주요 외상 또는 흡인화상을 동반한 모든 화상, 그리고 이외 의학적으로 중환자실 입원이 필요하다고 판단된 경우로, 이 중 수액치료가 필요한 환자들을 대상으로 하였으며, 이외에 입원 환자 중 이 기준에 해당하지 않은 환자는 연구대상에서 제외하였다⁹⁾.

초기 수액요법과 관련한 수액량은 Parkland 공식(4 mL/kg/%burn)을 사용하였고, 시간당 소변량은 1 mL/kg body weight/h를 목표로 수액량을 조절하였다. ARDS과 동반되거나 흡인화상이 동반된 경우 필요에 따라서 기관내삽관 및 인공호흡기를 적용하였다¹⁰⁾.

초기 수액치료의 통한 조직관류의 호전여부를 알아보기 위해 소변량, 혈중젖산, 크레아티닌의 3가지 생체지표를 사용하였고, 호전여부에 대해서 입원 당시 수치와 수액치료

후 48시간 뒤의 수치를 가지고 평가하였다.

또한 위의 3가지 생체지표 이외에 화상과 관련한 질환의 중증도(severity)를 평가하는 도구로서 ABSI score (Table 1)¹¹⁾, 한강 스코어(Table 2, 3)¹²⁾, APACHEII, revised Baux index 등을 살펴보았다.

정규 분포된 모든 연속변수들은 평균±표준편차로 표현

Table 1. Abbreviated Burn Severity Index

Variable	Patient characteristic	Score
Sex	Female	1
	Male	0
Age in years	0~20	1
	21~40	2
	41~60	3
	61~80	4
	81~100	5
Inhalation injury		1
Full thickness burn		1
Total body surface area burned (%)	1~10	1
	11~20	2
	21~30	3
	31~40	4
	41~50	5
	51~60	6
	61~70	7
	71~80	8
	81~90	9
	91~100	10
Total burn score	Threat to life	Probability of survival (%)
2~3	Very low	≥99
4~5	Moderate	98
6~7	Moderately severe	80~90
8~9	Serious	50~70
10~11	Severe	20~40
12~13	Maximum	≤10

Table 2. The Hangang Score for Each Variable

Score	1	5	10	13	14	15	16	17	18	20	22	25	33	36	52
Age (years)			≤50							≤65			>66		
% TSBA burned			≤20						≤40			≤65		≤75	≤75
Inhalation injury			No	Yes											
Lactate (mmol/L)			≤2.0			≤4.0				>4.0					
pH	>7.35	≤7.35	≤7.25												
PT (sec)			≤11.0				≤14.0				>14.0				
Bilirubin (mg/dL)			≤1.2	≤2.4		>2.4									
Myoglobin (ng/mL)			≤65	≤145				>145							
Creatinine (mg/dL)			≤1.2		>1.2										
LD (IU/L)			≤300			≤750				>750					

Table 3. Predicted Mortality according to Hangang Score

Total scores	91	128	133	141	149	157	165	216
Mortality risk (%)	0%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	100%

Table 4. Clinical Characteristics of Patients between the Survival and Non-Survival Group

Death	Survival (n=563)	Non-survival (n=170)	Total (n=733)	P-value
Age (year)	48.0 (39.0~58.0)	55.5 (45.0~68.0)	50.0 (40.0~60.0)	0.000
Sex (male/female)	459/104	143/27	602/131	0.510
Mode of burn				0.000
FB/SB/EB/CoB/ChB	377/51/106/16/13	150/11/3/4/2	527/62/109/20/15	
TBSA (%)	25.0 (15.0~37.0)	60.0 (37.0~80.0)	30.0 (20.0~45.0)	0.000
Inhalation (n, %)	217 (38.5%)	112 (65.9%)	329 (44.9%)	0.000
APACHE II	34.0 (25.0~47.0)	60.0 (49.0~72.0)	39.0 (27.0~55.0)	0.000
Hangang score	127.0 (117.0~137.0)	158.0 (148.0~172.0)	131 (120.0~146.0)	0.000
ABSI	7.0 (6.0~9.0)	11.0 (9.0~13.0)	8.0 (6.0~10.0)	0.000
rBaux index	82.0 (66.0~98.0)	125.0 (106.0~144.0)	90.0 (71.0~110.0)	0.000
ICU stay	15.0 (6.0~30.0)	13.0 (7.0~24.0)	14.0 (6.0~29.0)	0.625
Creatinine at admission	0.8 (0.7~1.0)	1.0 (0.8~1.4)	0.8 (0.7 (1.0)	0.000
Creatinine at HD3	0.6 (0.5~0.8)	0.8 (0.6~1.3)	0.6 (0.5~0.8)	0.000
Lactate at admission	3.0 (2.1~4.5)	6.2 (4.3~8.4)	3.6 (2.3~5.6)	0.000
Lactate at HD3	1.9 (1.4~2.6)	2.6 (2.0~3.6)	2.1 (1.5~2.8)	0.000
UO/kg/hour at admission	1.9 (1.2~3.0)	1.4 (0.8~2.2)	1.8 (1.1~2.8)	0.000
UO/kg/hour at HD3	2.0 (1.6~2.6)	1.5 (1.0~2.1)	1.9 (1.4~2.5)	0.000
Change of lactate				0.000
YY	276 (49.0%)	19 (11.2%)	295 (40.2%)	
NY	80 (14.2%)	38 (22.4%)	118 (16.1%)	
YN	117 (20.8%)	15 (8.8%)	132 (18.0%)	
NN	90 (16.0%)	98 (57.6%)	188 (25.6%)	
Change of creatinine				0.000
YY	386 (68.6%)	50 (29.4%)	436 (59.5%)	
NY	113 (20.1%)	44 (25.9%)	157 (21.4%)	
YN	13 (2.3%)	11 (6.5%)	24 (3.3%)	
NN	51 (9.1%)	65 (38.2%)	116 (15.8%)	
Change of urine output				
YY	53 (9.4%)	25 (14.7%)	78 (10.6%)	
NY	51 (9.1%)	54 (31.8%)	105 (14.3%)	
YN	299 (53.1%)	44 (25.9%)	343 (46.8%)	
NN	160 (28.4%)	47 (27.6%)	207 (28.2%)	

Data are medians (IQRs, interquartile ranges) or frequencies.

FB = flame burn, SB = scald burn, EB = electrical burn, CoB = contact burn, ChB = chemical burn, HD = hospital day, UO = urine output.

됐으며, 비정규 분포된 연속변수들은 중간값(interquartile range [IQR])으로 나타냈고 범주형 변수의 빈도는 백분율로 표현했다. 연속 변수들은 정규 분포가 있는 경우 독립 t-test을 시행했고, 정규분포를 따르지 않을 경우 Mann-Whitney U-test로 분석했다. 범주형 변수들은 카이제곱검정(Chi-square test)과 피셔정확검정(Fisher's exact test)을 이용하여 평가했다.

입원 당시 및 48시간 뒤의 혈중젖산, 크레아티닌, 소변량 각각의 수치를 이용하여 ROC curve의 AUC를 사용하여 사망률 예측 정확도를 평가했다. Cut-off value는 ROC curve에서 Youden index를 이용하여 계산했으며, 이를 기준으로 각각 생체지표가 입원 당시보다 48시간 이후에 호전되었는지 여부에 따라, YY (호전상태유지), YN (악화), NY (호전), NN (악화상태유지) 네 가지 그룹으로 구분하였다.

각각의 생체지표의 변화여부 및 화상위험요인이 나이(age), TBSA, 흡인화상의 여부가 사망률에 영향을 주는지 평가하기 위해 다변량 로지스틱 회귀분석(multivariable logistic regression)을 시행하였다. 모든 통계적 분석은 P-value가 0.05 이하일 경우 통계학적으로 유의성이 있는 것으로 보았으며, 통계분석은 statistical computing R-project version 3.6.0을 사용했다.

결 과

전체 733명의 환자 중에서 입원기간 동안 생존한 환자는 563명(76.8%)였으며 사망한 환자는 170명(23.2%)이었다. 생존한 환자의 나이의 중앙값은 48.0세이고 사망한 환자의 나이의 중앙값은 55세로 사망한 환자에서 더 높았다. 그리고 생존한 군의 TBSA는 25.0%이고 사망한 군의 TBSA는 60.0%로 사망한 군의 평균적인 TBSA가 통계적으로 유의미하게 더 높았다($P=0.000$). 또한 사망한 군(170명)에서 흡인손상이 동반된 경우가 112명(65.9%)으로 흡인손상이 동반될 때 사망률이 높았다. 화상 환자의 중증도를 평가하는 도구인 APACHE II score, Hangang score, ABSI, revised Baux index 모두 통계적으로 의미가 있으며, 사망한 환자 군에서 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다(Table 4).

입원 당시와 48시간 이후에 구한 각각의 cut-off값보다 좋은 그룹을 Y로 표시했고, 나쁜 그룹을 N으로 구분했으며, 이런 변화에 따라서 YY, YN, NY, NN의 총 4개 그룹으로 구분하고 이를 통해서 사망률의 차이와 영향을 살펴보았다(Table 4). 생존한 563명의 환자 집단에서 혈중젖산은 초기 cut-off값인 4.1보다 낮은(Y) 수치에서 낮게 유지된(Y) 경우는 276명, 4.1보다 높은(N) 값에서 4.1보다 낮아진(Y) 경우는 80명, 호전에서 악화는 117명, 악화에서 악화는 90

명이었다. 같은 방식으로 크레아티닌의 경우 호전에서 호전은 386명, 악화에서 호전은 113명, 호전에서 악화는 13명, 악화에서 악화는 51명이었다. 마지막으로 소변량의 경우 호전에서 호전은 53명, 악화에서 호전은 51명, 호전에서 악화는 299명, 악화에서 악화는 160명이었다. 반면에 사망한 170명의 환자 집단에서 PL값의 변화양상은 호전에서 호전은 19명, 악화에서 호전은 38명, 호전에서 악화는 15명, 악화에서 악화는 98명이었다. 크레아티닌은 호전에서 호전은 50명, 악화에서 호전은 44명, 호전에서 악화는 11명, 악화에서 악화는 65명이었다. 소변량의 경우 호전에서 호전은 25명, 악화에서 호전은 54명, 호전에서 악화는 44명, 악화에서 악화는 47명이었다.

입원 당시 실시한 측정된 생체지표의 값과 초기 수액치료가 끝난 48시간이후에 측정된 생체지표 값이 각각 그 당시에 사망률을 얼마나 정확히 예측하는지 알아보기 위해서 ROC curve를 그려보았다(Fig. 1, 2). 입원 당시 및 수액치료 48시간 뒤 환자들의 혈중젖산, 크레아티닌, 소변량 수치를 이용하여 사망률 예측의 정확도를 보기 위해서 ROC curve를 구했으며, 이들 각각의 입원 당시 AUC값들은 혈중젖산 0.813 (0.779~0.847), 크레아티닌 0.715 (0.670~0.761), 소변량 0.633 (0.585~0.682)이었다(Fig. 1). 초기 수액 치료가 종료된 48시간 뒤의 각각 생체지표의 AUC값들은 혈중젖산 0.698 (0.654~0.742), 크레아티닌 0.690 (0.640~0.741), 소변량 0.672 (0.622~0.721)이었다(Fig. 2).

이 ROC curve (Fig. 1, 2)를 통해 유의미한 사망률을 보이는 각각 생체지표의 cut-off값들은 입원 당시에 PL은 4.1 (mmol/L), creatinine은 0.93 (mg/dL), 그리고 UO는 1.53 (mL/kg/h)이었다. 반면 48시간 뒤의 cut-off값은 혈중젖산 2.3 (mmol/L), 크레아티닌 0.88 (mg/dL), 그리고 소변량은 1.40 (mL/kg/h)이었다(Table 5). 혈중젖산의 cut-off값인

Fig. 1. AUC for prediction of mortality at admission.

Fig. 2. AUC for prediction of mortality at 48 hours later.

Table 5. Cutoff Value at Admission and 48 Hours Later

	At admission	48 hours later
Lactate (mmol/L)	4.1	2.3
Creatinine (mg/dL)	0.93	0.88
Urine output (mL/kg/h)	1.53	1.40

4.1은 Athina 등¹³⁾이 발표한 4.0과 Mokline 등¹⁴⁾이 발표한 4.46과 유사했다. 크레아티닌의 cut-off 값인 0.93은 Kym 등¹⁵⁾이 언급한 0.93와 동일하고, 소변량의 cut-off값인 1.53은 Sen 등¹⁶⁾이 발표한 1.12보다 높은 수치였다.

화상환자 사망률에 영향을 미치는 인지를 포함한 생체지표의 사망률을 비교했을 때(Table 6), 나이가 한 살 증가할수록 사망률은 1.064배 증가하며, TSBA가 1% 증가할수록 사망률은 1.070배 증가하고, 흡인 화상을 동반하면 1.825배 증가한다. 혈중젖산은 악화에서 호전된 그룹(NY)이 사망률이 4.523배 증가($P=0.000$)했으며, 양호했으나 악화된 그룹(YN)의 사망률은 1.233배로 증가했으나 $P>0.05$ 로 통계적인 의미는 없었다. 한편 크레아티닌의 경우, 나쁨에서 악화된 그룹(NN)의 사망률이 5.283배($P=0.000$)이었고 양호에서 악화된 경우(YN)의 사망률은 7.457배($P=0.002$)로 두 그룹에서 통계적인 의미가 있었다. 마지막으로 소변량의 호전유무는 모든 그룹에서 $P>0.05$ 로 통계적인 의미가 없었다.

고 찰

중증화상은 높은 합병증과 사망률을 나타내기 때문에 초기부터 적극적인 치료가 필요하고, 초기의 적절한 치료를 판단할 수 있는 지표가 다양하게 논의되고 있다. 이번 연구는 입원 당시의 혈중젖산 및 크레아티닌 농도, 소변량 수치와 적절한 수액치료가 이루어진 48시간 뒤의 혈중 레벨의 변화와 소변량의 변화가 환자의 사망률의 예측의 효용성이 있는지를 평가하고자 하였다. 입원 당시 및 초기수액치료 48시간 뒤 실시한 검사 및 소변량 측정을 통해 유의미한 사망률과 연관된 위의 3가지 생체지표의 cut-off값을 정하였다. 통계적으로 유의미한 사망률과 연관된 각각의 생체지표의 입원 당시의 cut-off값과 48시간 뒤의 cut-off값을 정하였으며 이들 값이 사망의 예측도에 얼마나 기여하는지를 ROC curve (Fig. 1, 2)를 통해 알아 볼 수 있었다. 또한 혈중젖산, 크레아티닌, 그리고 소변량의 각각의 초기 cut-off값을 통해서 이들 수치가 48시간 뒤에 호전된 군(Y)과 그렇지 않은 군(N)과의 사망률에 대한 비교를 실시했다. 이런 비교를 통해 통계적으로 유의미한 경우($P<0.05$) 기준에 알려진 화상환자의 사망률과 연관된 요인들인, 연령, TSBA, 그리고 흡인손상의 동반 유무를 포함하여 다변량 로지스틱 회

Table 6. Multivariable Logistic Regression Analysis for Prediction of Mortality

Variables	Odds ratio (95% CI)	P-value
Age	1.064 (1.044~1.084)	0.000
TBSA	1.070 (1.055~1.085)	0.000
Inhalation	1.825 (1.065~3.129)	0.029
Lactate YY	reference	
Lactate NY	4.523 (2.048~9.991)	0.000
Lactate YN	1.233 (0.514~2.962)	0.639
Lactate NN	5.211 (2.510~10.819)	0.000
Creatinine YY	reference	
Creatinine NY	2.225 (1.183~4.188)	0.013
Creatinine YN	7.457 (2.089~26.622)	0.002
Creatinine NN	5.283 (2.667~10.466)	0.000
Urine output YY	reference	
Urine output NY	2.092 (0.788~5.551)	0.138
Urine output YN	0.540 (0.214~1.367)	0.194
Urine output NN	0.733 (0.285~1.891)	0.521

OR = odd ratio, CI = confidence interval.

귀분석(multivariable logistic regression)을 통해 각각의 생체지표의 사망률 예측성과의 연관성을 알아보도록 했다.

혈중젖산, 크레아티닌, 그리고 소변량의 호전유무를 비교하여 사망률의 교차비(odd ratio)와 통계적인 유의성을 구해본 결과(Table 6), 입원 당시의 혈중젖산의 수치가 유의미한 사망률을 나타내는 cut-off값보다 나쁜 경우(N)에 초기 수액치료 48시간 후에 혈중젖산 수치의 호전 유무와 상관없이 사망률이 증가함으로, 혈중젖산은 시간에 따른 호전 유무 보다는 입원 당시에 높은 사망률을 예측하는 지표로써 볼 수 있다. 반면에 크레아티닌의 입원 당시 ROC curve의 AUC값이 혈중젖산보다 작아 입원 당시의 사망률을 예측하는 지표로써는 더 우수하지 않았으나, 입원 당시와 48시간 뒤 수치변화에 따른 사망률의 교차비를 비교했을 때, 호전에서 악화(YN)된 군(odd ratio=7.457, $P<0.05$), 악화에서 악화(NN)된 군(odd ratio=5.283, $P<0.05$), 악화에서 호전(NY)된 군(odd ratio=2.225, $P<0.05$) 순서대로 교차비가 낮아지는 것을 보아 크레아티닌의 수치가 호전되지 않은 그룹에서 사망 가능성이 높으므로 크레아티닌은 시간에 따른 사망률을 반영하는 것으로 볼 수 있다. 마지막으로 소변량은 악화에서 호전(NY), 호전에서 악화(YN), 악화에서 악화(NN)의 모든 군에서 통계적인 유의성($P>0.05$)이 없는 것으로 보여, 소변량의 시간에 따른 변화는 사망을 예측하는데 영향을 주는 것으로 보기 힘들고, 그 이유는 화상환자가 중환자실에 입원한 초기부터 적절한 관류를 위한 소변량을 확보하기 위해 충분히 수액을 공급했기 때문일 거라고 생각할 수 있다.

본 연구의 제한점은 첫째, 후향적 연구이기 때문에 명확

한 인과관계를 알아내는데 한계가 있다는 점이다. 둘째, 한강성심병원 화상중환자실(BICU)에 입원한 환자를 대상으로 실시한 단일기관 연구이기 때문에 여러 화상센터에 보편화시키기에 한계가 있다. 셋째, 수상 후 환자가 입원한 시간이 모두 다르며 검사가 시행된 시간이 환자마다 일치하지 않아 결과가 부정확할 수 있다. 하지만 이런 제한점에도 불구하고 혈중젖산, 크레아티닌, 그리고 소변량과 같은 생체지표들은 간단하고 신속하게 결과를 확인할 수 있는 값들으로써, 중증화상 환자의 예후를 예측할 수 있는 유용한 지표로 사용될 수 있다. 현재까지 중증화상환자의 사망률의 예측에 대한 지표로 혈중젖산이 주로 논의되는 한편, 크레아티닌은 화상환자의 급성신손상(Acute kidney injury) 발생과의 연관성^{17,18)}에 대해 주로 논의되고 있었다. 이번 연구를 바탕으로 향후 연구는 크레아티닌의 수치를 개선하기 위한 노력을 바탕으로 사망률의 호전에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

중증 화상환자에서 초기에 적절한 수액치료를 통해 조직 관류를 회복하는 것은 환자의 생존율에 큰 영향을 미친다. 이러한 수액 치료의 적절성을 판단할 수 있는 생체 지표로는 혈중젖산, 크레아티닌, 소변량 등이 있다. 본 연구의 결과에 따르면 입원 당시 중증화상 환자의 사망률을 예측하는데 가장 좋은 지표는 순서대로 혈중젖산, 크레아티닌, 소변량이었다. 반면 초기 수액치료가 완성되는 48시간 뒤에 3가지 생체 지표의 호전유무에 따른 사망률 예측에 대해서는 혈중젖산과 소변량은 의미가 없었지만, 크레아티닌의 호전유무는 사망률의 개선에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 초기에 화상환자의 사망률 예측으로 혈중젖산 값을 이용할 수 있으며, 크레아티닌 값의 호전유무가 사망률에 영향을 미치는 것으로 보아 이런 수치들을 정상화시키려는 노력으로 중증 화상환자의 사망률을 낮추는데 기여할 필요가 있다.

REFERENCES

- 1) Nielson CB, et al. Burns: Pathophysiology of Systemic Complications and Current Management. *J Burn Care Res.* 2017; 38:e469-481.
- 2) Gillenwater J, Garner W. Acute Fluid Management of Large Burns: Pathophysiology, Monitoring, and Resuscitation. *Clin Plast Surg.* 2017;44:495-503.
- 3) Clark A, et al. Acute kidney injury after burn. *Burns.* 2017; 43:898-908.
- 4) Clark AT, et al. Acute Kidney Injury After Burn: A Cohort Study From the Parkland Burn Intensive Care Unit. *J Burn Care Res.* 2019;40:72-78.
- 5) Yang HT, HY, Cho YS, Kym D, Hur J, Kim JH, Chun W, Kim HS. Assessment of biochemical markers in the early post-burn period for predicting acute kidney injury and mortality in patients with major burn injury: comparison of serum creatinine, serum cystatin-C, plasma and urine neutrophil gelatinase-associated lipocalin. *Critical Care.* 2014.
- 6) Cho YS, et al. Serum Lactate and Base Deficit: Early Predictors of Morbidity and Mortality in Burn Patients with Inhalation Injury. *Journal of the Korean Surgical Society.* 2011. 80.
- 7) Ha CM, Ahn HY, Cho IS, Jung YM, Choi SY, Pyo CH. Plasma lactate and base deficit: Early predictors of morbidity in burn patients. *Journal of Korean Burn Society.* 2014;17:20-24.
- 8) Kamolz LP, et al. Lactate: early predictor of morbidity and mortality in patients with severe burns. *Burns.* 2005;31:986-90.
- 9) Seo DK, et al. Epidemiological trends and risk factors in major burns patients in South Korea: a 10-year experience. *Burns.* 2015;41:181-7.
- 10) Fagan SP, Bilodeau ML, Gerverman J. Burn intensive care. *Surg Clin North Am.* 2014;94:765-79.
- 11) Hwang TS, Yoon CJ, Yang JS, Kim KS, Chung SP. The Utility of ABSI for the Prediction of Prognosis in Burn Patients. *Journal of the Korean Surgical Society.* 2002.
- 12) Kim Y, et al. Development of a risk prediction model (Hangang) and comparison with clinical severity scores in burn patients. *PLoS One.* 2019;14:e0211075.
- 13) Lavrentieva A, et al. Determinants of Outcome in Burn ICU Patients with Septic Shock. *J Burn Care Res.* 2017;38:e172-179.
- 14) Mokline A, AA, Rahmani I, Gharsallah L, Tlili S, Harzallah I, Gasri B, Hamouda R, Messadi AA. Lactate: Prognostic biomarkers in severely burned patients. *Annals of Burns and Fire Disasters.* 2017;30:35.
- 15) Kym D, et al. Evaluation of diagnostic biomarkers for acute kidney injury in major burn patients. *Ann Surg Treat Res.* 2015;88:281-8.
- 16) Sen S, et al. Whole blood neutrophil gelatinase-associated lipocalin predicts acute kidney injury in burn patients. *J Surg Res.* 2015;196:382-7.
- 17) Emami A, et al. Predictive Biomarkers for Acute Kidney Injury in Burn Patients. *J Burn Care Res.* 2019;40:601-605.
- 18) Wu G, et al. Risk Factors for Acute Kidney Injury in Patients With Burn Injury: A Meta-Analysis and Systematic Review. *J Burn Care Res.* 2017;38:271-282.