

## 토끼에서 급성출혈성 속시 전해질용액 종류에 따른 비교

연세대학교 의과대학 마취과학교실

배선준 · 남순호 · 남용택 · 김정섭

= Abstract =

### The Comparison of the Effects of Various Crystalloid Solutions on the Resuscitation in Rabbits with Acute Hemorrhagic Shock

Sun Joon Bai, M.D., Soon Ho Nam, M.D., Yong Taek Nam, M.D.  
and Jung Sub Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University  
College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** The purpose of this study is to evaluate what kind of crystalloid solution could function as the best buffer and correct the metabolic acidosis most effectively in rabbits with hemorrhagic shock.

**Methods:** Twenty eight rabbits were bled until mean arterial pressure(MAP) became 70% of control. Thirty minutes after hemorrhagic shock fluid resuscitation was started with either plasmalyte or Hartmann's solution or 0.9% normal saline until MAP returned to 90% of the control. Hemodynamic and blood gas study, plasma lactate and electrolyte concentration were measured before, during, and 30 minutes after recovery from shock.

**Results:** The amount of shed blood to reduce MAP to 70% of control ranged 76~87 ml. And the volume for fluid resuscitation was 274~324 ml. There was no statistically significant difference among the three groups. The pH decreased during shock in all group and still decreased after resuscitation in Hartmann's solution and normal saline. But it increased significantly after resuscitation in plasmalyte. Lactate was increased in all group during shock and decreased by 22 and 23 mg/dl after resuscitation in plasmalyte and normal saline. But it still increased by 40 mg/dl in Hartmann's solution. Serum potassium level decreased significantly after resuscitation with normal saline. Serum calcium level decreased significantly after resuscitation with plasmalyte and normal saline.

**Conclusion:** With the above results the plasmalyte which has pH closer to that of normal blood might be able to avoid the metabolic acidosis and maintain acid-base equilibrium effectively after fluid resuscitation in acute hemorrhagic shock. (*Korean J Anesthesiol* 1998; 35: 16~22)

---

**Key Words:** Acid-base equilibrium; metabolic acidosis; pH. Fluids: plasmalyte; Hartmann's solution; saline. Shock: hemorrhagic.

---

논문접수일 : 1998년 3월 21일

책임저자 : 배선준, 서울시 서대문구 신촌동 134번지, 신촌 세브란스병원 마취과학교실, 우편번호: 120-752, Tel: 361-5847, Fax: 312-7185

서 론

출혈성 속은 손상이나 수술중 자주 만나게 되는데 속이란 산소요구량에 비해 산소공급이 부족한 상태, 즉 조직에 손상을 줄만큼 진신적으로 관류가 감소된 상태로 즉시 적절한 처치가 이루어지지 않으면 치명적인 결과를 초래하게 된다. 수액 소생술의 초기목적은 순환혈액량을 복구시켜 심장으로의 정맥혈 환류량, 즉 전부화를 증가시키고 심박출량을 증가시킴으로써 조직으로의 산소운반을 증가시키는 것이다.<sup>1-3)</sup> 이 때 실혈량 만큼의 신선 저장 혈액을 수혈하는 것이 가장 이상적이겠지만 이것은 쉽게 구할수 없으므로 저장혈을 사용하거나, 수혈할 저장혈이 공급될 때까지는 혈액을 대신할 수 있는 수액 제재를 사용하게 된다.<sup>4)</sup> 이러한 수액제재는 정질용액(crystalloid solution)과 고질용액(colloid solution)으로 나눌 수 있는데<sup>5)</sup> 두가지 중 어느 것을 선택하느냐에 대한 비교<sup>6-10)</sup>는 많이 되어 왔으나 같은 정질용액 종류에 대한 비교는 별로 보고된 바 없으며 또한 최근에 사용하기 시작한 plasmalyte와 정질용액에 대한 비교는 아직 보고된 바 없다.

출혈성 속은 조직 관류압의 감소를 일으키고 이의 결과로 대사성 산증이 일어나는 것은 이미 잘 알려져있다. 대사성 산증은 심근 수축력과 심박출량을 감소시키며 catecholamines에 대한 심혈관계 반응을 저하시킨다.<sup>11,12)</sup> 대사성 산증의 심한 정도는 속으로 인한 조직 손상의 정도와 소생술의 효과 및 예후 판단의 기준이 될 수 있다. 대사성 산증은 최근 그 치료와 임상적인 의미에 대하여 축소되는 경향이 있으나 아직 산염기의 교정은 속치료에서 중요하다.<sup>13,14)</sup>

이에 저자들은 토끼에서 출혈성 속을 일으킨 후 각각 구성성분과 pH가 다른 plasmalyte와 하트만 용액 그리고 생리 식염수를 이용한 수액 소생술 시 어떤 용액이 효과적인 완충제(buffer) 역할을 하고 수액 소생술 후 대사성 산증을 완화할 수 있는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

암수 구별 없이 체중 2.5 kg 내외의 성체 한국산 토끼 28마리를 대상으로 하였다. 마취 유도는 ketamine hydrochloride를 체중 kg당 20~25 mg을 귀의 정맥에 정주한 후 토끼를 수술대 위에 앙와위로 고정하고 기관절개를 하여 내경 3.0 mm의 기낭이 있는 튜브로 기관내 삽관을 시행하였다. 기관내 삽관 후 halothane 1.0 vol%로 마취를 유지하였으며 vecuronium 1 mg을 정주하여 근육 이완을 유지하였고 Ugobasil<sup>®</sup> 동물 환기기(Ugobasil Co., Comerio-Varese, Italy)를 이용하여 O<sub>2</sub> 1 : 1로 10~15 ml/kg의 일회 환기량과 분당 30~35회의 호흡수로 조절호흡을 시킴으로써 동맥혈 이산화탄소 분압이 40±5 mmHg 정도로 유지토록 하였다. 부정맥과 심박수를 감시하기 위하여 심전도 lead II의 피하 바늘 전극을 부착하였다. 또한 전 실험과정 동안 직장에 전기 체온 소자를 삽입하여 YSI<sup>®</sup>-Telethermometer(Yellow Springs, Ohio, U.S.A)에 연결하고 가온 담요와 백열 전구를 사용하여 체온을 37~38°C로 유지하였다. 양쪽 서혜부에 피부절개를 하여 대퇴동맥을 노출시킨 후 22G 카테터를 삽관하여 출혈을 유도하였고 다른 한 쪽으로는 지속적인 동맥압을 관찰하였다. 또한 대퇴정맥에 20G 카테터를 거치하여 수액 주입로로 사용하였다.

토끼를 세군으로 나누어 출혈성 속에 대한 수액

Table 1. Comparison of Extracellular Fluid and Various Crystalloid Solutions(mEq/L)

	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH	Base
ECF	142	5	103	5	3	7.4	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : 27
Plasmalyte	140	5	98	0	3	7.4	Acetate:27
Hartmann's	130	4	109	3	0	6.5	Lactate:28
Normal saline	154	0	154	0	0	6.0	

ECF; extracellular fluid, Hartmann's; Hartmann's solution

Table 3. Changes of Mean Blood Pressure(mmHg) and Heart Rate(beat/min)

Group		Control	Hemorrhage	Resuscitation
Mean blood pressure	Plasmalyte	81 ± 2.7	57 ± 1.7	72 ± 1.3
	Hartmann	81 ± 2.4	57 ± 1.4	74 ± 2.7
	Saline	78 ± 2.4	55 ± 1.8	69 ± 2.1
Heart rate	Plasmalyte	285 ± 6.6	295 ± 4.5	287 ± 4.4
	Hartmann	285 ± 5.2	289 ± 7.2	275 ± 6.8
	Saline	262 ± 8.0	283 ± 6.8	263 ± 8.2

Values are mean ± SEM, control; measured immediately before bleeding, hemorrhage; measured 30 min after bleeding, resuscitation; measured 30 min after fluid resuscitation.

Table 2. Amount of Blood Loss and Fluid Resuscitation (ml)

Group	Blood loss	Fluid resuscitation
Plasmalyte	87 ± 4.7	324 ± 27.5
Hartmann	76 ± 5.2	274 ± 19
Saline	79 ± 3.5	313 ± 22.4

Values are mean ± SEM.

소생술시 사용한 용액의 종류에 따라 plasmalyte를 투여한 군(plasmalyte군, n=10), 하트만 용액을 투여한 군(Hartmann군, n=9), 생리 식염수를 투여한 군(saline군, n=9)으로 분류하였다. 수액 소생술시 사용한 용액의 전해질 구성성분과 pH는 다음과 같다(Table 1). 모든 감시 장치설치를 완료하고 심혈관계가 안정된 다음 출혈전(control)의 동맥압, 심박수 그리고 동맥혈 가스 및 젖산(lactate)을 측정하였다. 그 후 평균 동맥압이 대조군의 70%정도가 될 때까지 대퇴동맥로를 통해 약 10분간에 걸쳐 출혈을 시켰으며 약 30분 정도의 속을 지속시킨 후 출혈성 속시(hemorrhagic phase)의 혈액학적 측정 및 검사를 실시하였다. 그 후 평균 동맥압이 대조군의 90% 이상이 될 때까지 수액 소생술을 실시하였고, 수액 소생술 30분후(resuscitation phase) 동일한 혈액학적 측정 및 검사를 실시하였다. 모든 측정치는 평균 ± 표준 오차로 표시하였고 각 시점에서 각 실험군간의 결과 비교는 p < 0.05 유의 수준에서 ANOVA(analysis of variance)와 Student's t-test로 실시하였으며 p값이 0.05 이하일 때 통계적으로 의의가 있는 것으로 간주하였다.

Table 4. Changes of Hemoglobin(g/dl) and Hematocrit(%)

Group		Control	Hemorrhage	Resuscitation
Plasmalyte	Hgb	9.7 ± 0.3	6.6 ± 0.2	5.5 ± 0.3
	Hct	28.9 ± 1.0	19.9 ± 0.5	16.4 ± 2.5
Hartmann	Hgb	9.3 ± 0.5	6.6 ± 0.4	5.7 ± 0.3
	Hct	27.9 ± 1.4	19.9 ± 1.3	17.3 ± 1.0
Saline	Hgb	9.0 ± 0.2	6.3 ± 0.2	5.3 ± 0.6
	Hct	27.1 ± 0.4	18.9 ± 0.5	16.8 ± 0.6

Values are mean ± SEM, control; measured immediately before bleeding, hemorrhage; measured 30 min after bleeding, resuscitation; measured 30 min after fluid resuscitation.

## 결 과

### 1) 실혈량과 수액요구량

실혈량은 76~87 ml정도로 세군간에 유의한 차이가 없었으며, 수액소생술시 요구된 수액량도 274~324 ml정도로 통계적으로 세군간에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

### 2) 평균동맥압(mean arterial pressure)과 맥박수(pulse rate)

평균동맥압은 출혈시 대조치의 70% 정도였으며 수액 주입 후부터 모든군에서 대조치의 90% 정도로 동일하게 증가하였다. 또한 맥박수도 각각의 상태에서 세군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

### 3) 적혈구(hemoglobin)와 적혈구 용적치(hematocrit)

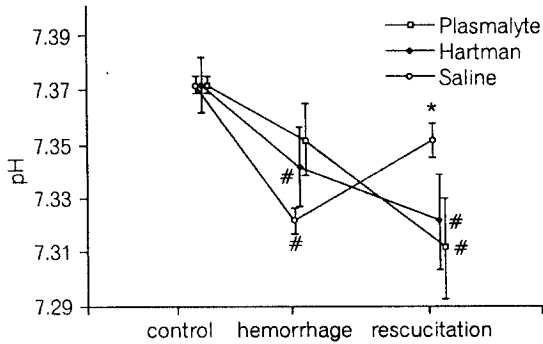
적혈구와 적혈구 용적치는 출혈시부터 계속 감소하

는 경향을 보였고 수액소생후에는 더욱 감소하였다. 세군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4).

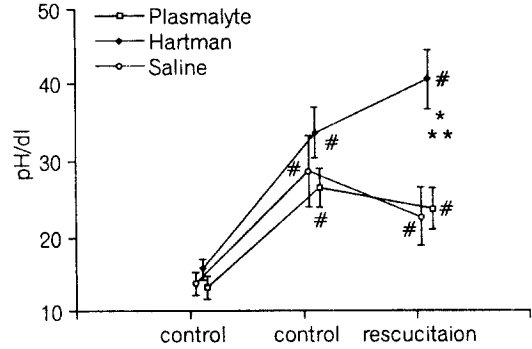
4) pH

pH는 출혈시 plasmalyte군 7.32, Hartman군 7.34 ± 0.06, saline군 7.35 ± 0.04로 대조치 7.37에 비해 감소

하였으나 세군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나 수액소생 후에는 plasmalyte군 7.35, Hartmann군 7.32 ± 0.06, saline군 7.31 ± 0.07로 plasmalyte군이 saline군에 비해 통계적으로 유의있게(p < 0.05) 높았다(Fig. 1).



**Fig. 1.** This figure shows change of pH at control, hemorrhage and resuscitation. All values are mean ± SEM. \*; p < 0.05 compared with saline group #; p < 0.05 compared with control



**Fig. 2.** This figure shows change of lactate at control, hemorrhage and resuscitation. All values are mean ± SEM. \*; p < 0.05 compared with Hartman group \*\*; p < 0.05 compared with plasmalyte group #; p < 0.05 compared with control

**Table 5.** Effects of Fluid Resuscitation on Electrolyte

Electrolyte	Group	Control	Hemorrhage	Resuscitation
Na (mEq/L)	Plasmalyte	136.8 ± 0.8	135 ± 1.3	134.6 ± 1.1
	Hartmann	134.6 ± 1.5	134.2 ± 1.1	133.1 ± 1.4
	Saline	139 ± 1.9	137.7 ± 1.9	140.9 ± 1.7
K (mEq/L)	Plasmalyte	4.2 ± 0.3	4.1 ± 0.2	4.0 ± 0.2
	Hartmann	3.8 ± 0.4	3.8 ± 0.2	3.6 ± 0.4
	Saline	3.5 ± 0.1	3.4 ± 0.1	3.2 ± 0.5*
Cl (mEq/L)	Plasmalyte	103.9 ± 1.5	103.8 ± 1.4	104.1 ± 0.9
	Hartmann	104.6 ± 1.2	105.5 ± 1.8	105.7 ± 1.6
	Saline	111.9 ± 1.7	112.9 ± 2.2	119.3 ± 2.2
Ca (mg/dL)	Plasmalyte	5.5 ± 0.3	5.3 ± 0.4	4.5 ± 0.2*
	Hartmann	5.5 ± 0.3	5.5 ± 0.2	5.4 ± 0.2
	Saline	5.4 ± 0.2	5.3 ± 0.2	4.8 ± 0.4*

Values are mean ± SEM, control; measured immediately before bleeding, hemorrhage; measured 30 min after bleeding, resuscitation; measured 30 min after fluid resuscitation.

\*: p < 0.05, compared with control

### 5) 젖산치(lactate)

젖산치는 출혈성 속상대에서는 plasmalyte군  $28 \pm 4.7$ , Hartmann군  $33 \pm 3.3$ , saline군  $26 \pm 2.6$  mg/dl로 대조치에 비해 유의있게 증가하였으나 세군간에 커다란 차이는 없었다. 그러나 수액소생술 후에는 plasmalyte군  $22 \pm 3.9$ , saline군  $23 \pm 2.7$  mg/dl로 감소하였으나 Hartmann군에서는  $40 \pm 3.9$  mg/dl로 계속적으로 증가하여 Hartmann군에서 plasmalyte군과 saline군에 비해 통계적으로 유의있게 높았다(Fig. 2).

### 6) 전해질(electrolyte)

혈장전해질은 출혈시 대조치와 비슷하였고 세군간에 커다란 차이는 없었다. 그러나 수액소생술 후에는 칼슘( $Ca^{2+}$ )은 plasmalyte군에서  $4.5 \pm 0.2$  mg/dl, saline 군에서  $4.7 \pm 0.4$  mg/dl로 감소하여 대조치에 비해 통계적으로 유의있게( $p < 0.05$ ) 낮았다. 포타슘( $K^+$ )은 수액소생술 후 세군에서 모두 감소하였으나 saline 군에서 대조치에 비해 통계적으로 유의있게( $p < 0.05$ ) 감소하였다. 나트륨( $Na^+$ )과 염화물( $Cl^-$ )은 saline군에서 대조치에 비해 약간 증가하였으나 통계적으로 의의는 없었다(Table 5).

## 고 찰

속이란 조직관류 부전에 의해 조직으로의 산소 및 영양공급에 장애가 일어난 상태를 말하는데 치료시 그 원인에 관계없이 순환 혈액량의 보충은 중요한 의미를 갖는다.<sup>15)</sup> 특히 출혈성 속의 경우 진혈량의 20% 손실까지는 교감신경 흥분에 의한 정맥용량혈관의 수축으로써 보상이 가능하나 40% 이상 손실시에는 교감신경 흥분만으로 정맥관류와 심박출량, 평균동맥압을 유지할 수 없기 때문에 저혈압과 속이 빠지게 된다.<sup>16)</sup> 또한 40 mmHg 이하의 저혈압이 계속되면 심근 세포의 손상이 초래되어 비가역성 속이 빠지게 되는데 이때는 혈액량을 보충하여도 조직의 생명력이 회복되지 않는다.<sup>17)</sup> 그러므로 출혈성 속에서 빠른 수액 치료로 혈액량을 회복시켜 주는 것이 매우 중요하다.

어떠한 수액제제가 출혈성 속에 대한 치료시 최선인가에 대해서는 많은 연구가 되어왔다. 현재 임상에서 주류를 이루는 하트만 용액, 생리식염수 등

의 정질액은 값싸고 쉽게 얻을 수 있으며 분자량이 작아 모세혈관막을 자유로이 통과하므로 투여시 혈장뿐 아니라 간질액에도 분포하여 세포외액의 보충을 위하여 권장되는 반면 혈장증량 효과가 적어 실험량의 3~4배의 투여량을 필요로 하며<sup>18-21)</sup> 동물실험에서 실험량의 4배 투여시 심박출량은 일단 회복되나 30분 내지 8시간부터 다시 저하되어 약물보조가 필요하고 심박출량의 감소와 다발성 장기부전과의 관련 등 문제점을 갖고 있다.<sup>22)</sup> 교질성 용액을 이용한 수액소생술의 장점으로는 정질액보다 적은 용량으로 조기에 혈압을 상승시킬 수 있고 소생후 조직부종 및 뇌압 상승을 감소시킬 수 있지만 속의 정도가 심하여 모세혈관막이 이미 손상된 경우에는 간질로의 교질분자 유출이 증가하여 간질의 교질삼투압을 증가시키므로 오히려 조직 부종을 더욱 조장할 수 있다.<sup>18,19,23)</sup> 이와 같이 수액의 종류에 따라 장단점이 있으나 문제는 상황이나 요인별로 최선의 효과를 나타내는 것이 어떤 제제인가가 중요하다.

우리가 보편적으로 사용하는 정질액인 하트만 용액과 생리식염수 그리고 최근에 쓰이기 시작한 plasmalyte는 각각 구성성분과 pH가 다르다. 하트만 용액과 생리식염수는 pH가 6.5, 6.0으로 정상혈액보다 낮고 plasmalyte는 7.4로 정상혈액과 유사하다. 또한 중탄산염의 전구물질로 하트만 용액은 젖산이 포함되어 있지만 plasmalyte는 초산염(acetate)이 포함되어 있어 보다 적절히 혈액의 pH를 정상적으로 복귀시킬 수 있다. Blecic등은<sup>24)</sup> 심근소생술시 세포내 산소의 공급이 원활치 못해 혐기성대사의 발생으로 젖산증(lactic acidosis)이 발생하고 또한 pH의 감소는 칼슘의 troponin과의 결합력을 떨어뜨리고 catecholamine에 대한 반응을 감소시켜 심근 수축력을 감소시킨다고 하였다. 그러나 이러한 대사성 산증을 교정하기 위해 중탄산염(sodium bicarbonate)의 투여에 대해서는 현재로는 대사성산증을 더욱 심화시킨다는 의견이 지배적이다. Cooper등은<sup>25)</sup> 대사성 산증환자에서 중탄산염의 투여가 2가지의 중요한 부작용을 초래한다고 하였는데, 첫번째는 이온화된 칼슘의 농도를 감소시켜 심근수축력을 감소시키며 둘째는 CO<sub>2</sub>의 생성을 증가시켜 대사성 산증을 더 심화시켜 심근 수축력을 감소시킨다고 하였다. Groutides와 Michell은<sup>26)</sup> 송아지에서 인위적으로 설사를 일으킨

후 하트만용액, 생리식염수, Darrow's solution, 그리고 plasmalyte를 이용해서 수액치료를 하였더니 나트륨을 포함하고 있는 생리식염수나 plasmalyte가 탈수를 치료하는데 효과적이라 하였으며 산염기교정에는 중탄산염 전구물질인 젖산이나 초산을 함유한 하트만용액이나 plasmalyte가 효과적이라 하였다. 본 연구에서도 출혈성 속에서 수액소생술시 plasmalyte를 투여한 군에서 생리식염수를 투여한 군보다 의의있게 대사성산증을 완화시켜 주었고, 통계학적으로 의의는 없었지만 하트만 용액을 투여한 군보다 대사성산증을 완화시켜 주었다. 또한 하트만 용액을 투여한 군에서 수액소생술 후 다른군에 비해 의의있게 젖산치가 높게 나왔다. 이러한 결과는 심한 대사성 산증을 동반한 출혈성 속시 plasmalyte로 수액소생술을 하였을 경우 다른 정질액으로 수액소생술을 하였을 경우보다 심근수축력과 심박출량을 증가시키는 효과도 기대할 수 있겠다.

결론적으로 출혈성 속에서 대사성 산증을 교정하기 위해 정상혈액에 가까운 산도를 갖는 수액의 투여가 소생술 후 대사성 산증을 완화시킬 수 있는 것으로 생각되며, 또한 이러한 효과는 대사성 산증에서 현재 사용하고 있는 탄산수소나트륨의 투여에 의한 부작용을 보완 해줄 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Shoemaker WC, Czer LSC: Evaluation of the biologic importance of various hemodynamic and oxygen transport variables: Which variables should be monitored in postoperative shock? *Crit Care Med* 1979; 7: 424-31.
2. Shoemaker WC, Chang P, Czer L, Bland R, Shabot MM, State D: Cardiorespiratory monitoring in postoperative patients. I. Prediction of outcome and severity of illness. *Crit Care Med* 1979; 7: 237-42.
3. Falk JL, Rackow EC, Astiz M, Weil MH: Fluid resuscitation in shock. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2: Suppl 1: 33-8.
4. Moss GS, Siegel DC, Cochin A, Fresquez V: Effects of saline and colloid solutions on pulmonary function in hemorrhagic shock. *Surg Gynec Obstet* 1971; 143: 53-8.
5. Shoemaker WC, Schluchter M, Hopkins JA, Appel PL, Schwartz S, Chang PC: Comparison of the relative effectiveness of colloids and crystalloids in emergency

- resuscitation. *Am J Surg* 1981; 142: 73-84.
6. Wagner BK, D'Amelio LF: Pharmacologic and clinical considerations in selecting crystalloid, colloidal, and oxygen-carrying resuscitation fluids. Part 1. *Clin Pharm* 1993; 12(5): 335-46.
7. Imm A, Carlson RW: Fluid resuscitation in circulatory shock. *Crit Care* 1993; 9: 313-33.
8. Rackow EC, Falk JL, Fein IAa, Siegel JS, Packman MI, Haupt MT, et al: Fluid resuscitation in circulatory shock: A comparison of the cardiorespiratory effects of albumin, hetastarch, and saline solutions in patients with hypovolemic and septic shock. *Crit Care Med* 1983; 11: 839-50.
9. Velanovich V: Crystalloid versus colloid fluid resuscitation: a meta-analysis of mortality. *Surgery* 1989; 105: 65-71.
10. 김옥성, 권재영, 김해규, 김인세, 정규섭: 출혈을 일으킨 개에서 Ringer's lactate와 Pentastarch의 투여효과에 관한 연구. *대한구급의학회지* 1992; 7: 105-12.
11. Benjamin E, Oropello JM, Abalos AM, Hannon EM, Wang JK, Fischer E, et al: Effects of acid-base correction on hemodynamics, oxygen dynamics, and resuscitability in severe canine hemorrhagic shock. *Crit Care Med* 1994; 22: 1616-23.
12. Camilion MC, Argel MI, Cingolani HE: Influence of acid-base alterations on myocardial sensitivity to catecholamines. *Arch Pharmacol* 1981; 317: 219-24.
13. Ayus JL, Krothapalli RK: Effect of bicarbonate administration on cardiac function. *Am J Med* 1989; 87: 5-6.
14. Kette F, Weil MH, Gazmuri RJ: Buffer solutions may compromise cardiac resuscitation by reducing coronary perfusion pressure. *JAMA* 1991; 266: 2121-6.
15. Falk JL, Rackow EC, Astiz M, Weil MH: Fluid resuscitation in shock. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2 (suppl.): 33-8.
16. Walley KR, Wood LDH: Shock 1992 IN; Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH. Principles of critical care: McGraw-Hill INC. 1992, pp 1393-416.
17. Mergner WG, Marzella L: Heart in shock. 1986. IN; Barrett J, Nyhus LM, Textbook of shock. Principles and practice. 2nd ed. Lea & Febiger. 1986, pp 117-35.
18. Shoemaker WC, Schluchter M, Hopkins JA, Appel PL, Schwartz S, Chang P: Fluid therapy in emergency resuscitation: Clinical evaluation of colloid and crystalloid regimens. *Crit Care Med* 1981; 9: 367-8.
19. Quon CY: Clinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of colloidal plasma volume expanders. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2(Suppl): 13-23.

20. Tommasino C, Moore S, Todd MM: Cerebral effect of isovolemic hemodilution with crystalloid or colloid solution. *Crit Care Med* 1988; 16: 862-8.
  21. Falk JL, Rackow EC, Weil MH: Colloid and crystalloid fluid resuscitation. 1989. IN; *Textbook of Critical Care*. 2nd ed. WB Saunders Co. 1989, pp 1055-73.
  22. Wang P, Chaudry IH: Crystalloid resuscitation restores but do not maintain cardiac output following severe hemorrhage. *J Surg Res* 1991; 50: 163-9.
  23. Sturm JA, Carpenter MA, Lewis FR, Grazino C, Trunkey DD: Water and protein movement in sheep lung after septic shock. Effect of colloid versus crystalloid resuscitation. *J Surg Res* 1979; 26: 233-48.
  24. Bleic S, Backer DD, Deleuze M, Vachery JL, Vincent JL: Correction of metabolic acidosis in experimental CPR: A comparative study of sodium bicarbonate, Carbicarb, and dextrose. *Ann Emerg Med* 1991; 20: 235-8.
  25. Cooper DJ, Walley KR, Wiggs BR, Russell JA.: Bicarbonate Does not improve hemodynamics in critically ill patients who have lactic acidosis. *Ann Intern Med* 1990; 112: 492-8.
  26. Groutides CP, Michell AR: Intravenous solutions for fluid therapy in calf diarrhea. *Research in Veterinary Science* 1990; 19: 291-7.
-