



외상 환자의 수액 치료

허 요[✉] · 유재리

아주대학교 의과대학 아주대학교병원 외과학교실 외상외과

Fluid Management of Trauma Patients

Yo Huh, M.D.[✉], Jaeri Yoo, M.D.

Division of Trauma Surgery, Department of Surgery, Ajou University Hospital, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Received April 3, 2023

Revised April 3, 2023

Accepted April 3, 2023

✉Correspondence to:

Yo Huh, M.D.

Division of Trauma Surgery,
Department of Surgery,
Ajou University Hospital,
Ajou University School of Medicine,
164 WorldCup-ro, Yeongtong-gu,
Suwon 16499, Korea
Tel: +82-31-219-7492
Fax: +82-31-219-7481
E-mail: ermdhuhyo@gmail.com

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

Fluid therapy is one of the fundamental treatments for the management of trauma patients. Apart from supplementary hydration, fluid therapy is also applied for resuscitation. Especially in cases of hypovolemic shock due to bleeding, fluid therapy needs to be carefully adjusted to correct the shock. The importance of fluid therapy is increasing not only in resuscitation and treatment after hospitalization but also in pre-hospital care. Fluid therapy needs to be adjusted based depending each patient's volume status. The various classifications of fluids include crystalloid solutions, glucose solutions, and colloid solutions. Although not included as a fluid therapy, blood transfusion is increasingly gaining more importance than fluid therapy in unstable trauma patients. Early appropriate fluid therapy is crucial in the treatment of hemodynamically unstable patients such as multiple trauma and massive bleeding, whereas comprehensive fluid therapy should be applied by considering the characteristics of specific injuries such as fractures, vascular damage, and cerebral hemorrhage, as well as the age groups (children, the elderly, and pregnant women).

Key Words: Fluid therapy, Trauma, Resuscitation, Hemorrhagic shock, Crystalloid, Colloid

서론

외상은 질병 다음으로 주요한 사망 원인 중 하나이며, 최근 한국에서 외상으로 인한 사망은 전체 사망 원인 중 8.2%로 보고된 바 있다.¹⁾ 출혈에 의한 저혈량성 쇼크는 이러한 외상 사망률의 주요 기전 중 하나이다.²⁾ 외상 환자의 내원 즉시, 환자의 기도 및 환기 상태를 확인하고 혈액순환 상태 또한 평가해야 한다. 특히 환자가 쇼크 상태인지를 판명하고, 쇼크를 인지하였다면 그에 맞는 처치를 즉시 시작하는 것이 환자의 예후에 중요한 역할을 한다.³⁾ 정맥로의 확보와 동시에 의사는

환자에게 수액 치료를 어떻게 시작할지 결정해야 한다.⁴⁾ 초기 소생술 시기뿐만 아니라 장기적인 입원 기간 동안에도 수액 치료를 유지하며 보존적 처치를 진행할 수 있다.⁵⁾ 불충분하거나 과도한 수액의 주입은 환자의 예후를 악화시킬 수 있기에 각 환자에게 맞춘 개별화된 접근이 필수적이다.⁶⁾ 본 종설에서는 외상 환자에서 수액 치료의 시작 시기 및 유지, 재평가의 방법과 특정 외상 환자에서의 고려 사항에 대해 알아보 고자 한다.

본 론

1. 병원 전 단계의 수액 치료

구급대원은 병원 전 단계인 현장에서 외상 환자의 중증도를 정확하게 평가하고 분류한 후에 근거리의 의료기관을 거치지 않고 외상의 중증도에 근거하여 적정 수준의 의료기관을 선정하여 이송해야 한다. 중증외상의 기준에 해당하는 경우 중증외상 진료가 가능한 가까운 권역외상센터 및 외상 전문의 수련센터 선정병원으로 이송함을 원칙으로 하되, 권역외상센터 선정 병원 등 지역별 여건에 따라 의료 지도 등을 받아 치료가 가능한 가까운 지역응급의료센터 이상으로 이송할 수 있다(Table 1).⁷⁾ 특히 병원 전 단계에서도 출혈에 의한 저혈량성 쇼크는 빠르게 악화될 수 있기 때문에 가능한 한 빠르게 출혈의 원인에 대한 지혈을 시행하면서 순환 혈류량을 회복하는 것이 중요하다.^{8,9)} 환자의 수축기 혈압이 90 mmHg 미만인 경우 직접의료지도를 요청하여 18 G 이상

으로 정맥로를 1개 이상 확보하여 300 ml (소아는 5 ml/kg)의 생리식염수나 젖산 링거액을 투여하고, 혈압, 맥박수, 의식 등이 정상 범위로 회복되는지 확인한다. 쇼크가 지속될 경우 1 L (소아는 10 ml/kg)까지 수액을 지속적으로 투여하도록 한다.³⁾

2. 외상 환자의 병원에서의 수액 치료 요법

외상 환자가 내원하면 즉시 기도와 환기에 대한 평가가 필요하다. 그 다음으로 혈액순환 상태를 확인한다.¹⁰⁾ 환자의 혈압 및 맥박과 같은 활력징후를 측정하고 충분히 큰 직경의 정맥로를 2개 확보하여야 한다.^{11,12)} 확보된 정맥로로 수액을 주입할 때는 우선적으로 성인에서 1 L 또는 소아에서 20 ml/kg을 투여할 수 있다.³⁾ 병원에 도착하기 전, 이전 병원 또는 구급대에서 수액이 이미 주입되었을 수 있기 때문에 너무 과도한 수액을 주지 않도록 주의하여야 한다.⁶⁾ 수액의 필요량은 환자의 손상 및 출혈 정도와 활력징후의 반응 등

Table 1. Field Triage Decision Scheme for Trauma Patients

Step 1: physiologic sign	• AVPU (Alert/Verbal/Pain/Unresponsive) consciousness scale: verbal or less • Glasgow coma scale 13 or less • Systolic blood pressure <90 mmHg • Respiratory rate per minute <10 or >29
Step 2: physical sign	• All penetrating injuries to head, neck, torso and extremities proximal to the elbow and knee • Chest wall instability or deformity (e.g., flail chest) • Two or more proximal long-bone fractures • Crushed, degloved, mangled extremities • Amputation proximal to wrist or ankle • Pelvic fractures • Open or depressed skull fractures • Paralysis
Step 3: trauma mechanism	• Falls (adults: >6 m or 3 stories, children: >3 m or 2 stories) • High-risk motor vehicle crash (intrusion, including roof >30 cm, ejection from vehicle, death in same passenger compartment, vehicle rollover) • Auto vs. pedestrian/bicyclist thrown, run over, or with significant (>30 km/hr) impact • Motorcycle crash >30 km/hr • Direct impact of explosion
Step 4: special situations	• Transport to a trauma center or hospital capable of timely and through evaluation and initial management of potentially serious injuries. Consider consultation with medical direction • Older adults age >55 years or children age <15 years • Anticoagulant use and bleeding disorders • Burns with trauma • End stage renal disease requires hemodialysis • Patients with extremities injuries are at high risk for rapid deterioration • Pregnancy >20 weeks • EMS (emergency medical services) provider judgement

에 따라 달라진다.⁹⁾ 수액 주입에 대한 반응이 예상 이하라면 과도한 수액을 주기보다 수혈을 고려해야 한다.¹³⁾ 저혈량성 쇼크에 대한 치료는 순환 혈류의 회복, 호기성 대사의 증대, 출혈의 지혈 및 저체온증이 해결되었을 때 종료를 고려할 수 있다.^{14,15)} 혈액량의 회복도 중요하나, 환자의 출혈 원인을 찾고 그에 대한 지혈 및 처치가 반드시 같이 이루어져야 한다. 출혈이 지속되는 채로 처치가 진행될 경우 소생술의 목표를 달성하기 어렵고, 파종성혈관내응고와 같은 응고 장애가 나타날 수 있다.¹⁶⁾

3. 저혈량성 쇼크

쇼크는 단순히 활력징후가 불안정한 것 외에도 부적절한 조직 관류와 산소 공급이 동반되어야 한다. 쇼크는 크게 심장성, 저혈량성, 신경성, 패혈성 및 과민성 쇼크로 분류될 수 있으나 외상 원인으로는 저혈량성(출혈성) 쇼크가 가장 많이 발생된다. 쇼크의 처치로 가장 먼저 의료진은 쇼크의 여부를 인지하여야 하며, 그 다음으로는 쇼크의 원인을 판명하고 그에 따른 치료를 진행해야 한다.^{17,18)} 환자의 저혈압을 확인한 후 쇼크를 인지하는 경우가 많으나 혈압이 감소한 상황은 이미 약 31%~40%의 출혈이 진행되고 난 후의 경우일 수 있다. 맥박수의 변동이 혈압 변동보다 우선 반응하는 지표이며, 활력징후에 변화가 없다고 하더라도 출혈이 진행되고 있을 수 있기 때문에 주의가 필요하다.^{4,19)} 출혈량에 따른 저혈량성 쇼크 상태를 확인하며, 출혈의 정도에 따라 활력징후의 변화, 증상이 변화할 수 있고 그에 따른 대처도 달라져야 한다(Table 2).

특히 두 개 이상의 장골 골절의 환자들은 예상되는 출혈량이 최소 1.5 L 이상이 될 수 있기 때문에 쉽게 저혈량성 쇼크에 빠질 수 있는 환자이므로 외상센터로 이송해야 한다.^{7,20)} 또한 중증외상 환자에서 쇼크가 진행되고 있으나 원인이 명

확하지 않을 때에는 반드시 저혈량성 쇼크의 가능성을 염두에 두어야 한다.⁴⁾

소량의 출혈에서는 수액 치료 없이 경과 관찰을 시도해볼 수 있으나 경등도 및 중등도의 출혈에서는 수액 치료의 시작이 필수적이다. 중등도 이상의 출혈에서는 수액 요법으로도 충분한 반응을 보이지 않을 경우 수혈을 고려할 수 있다. 고등도의 심각한 출혈에서는 출혈에 의해 환자의 생명이 위독하기 때문에 대량 수혈이 필요하다.^{3,21)}

4. 외상 환자에 대한 임상 평가와 수액 요법

외상 환자에서 수액 치료를 시작하고 그에 대한 반응을 확인하여 치료의 지속 또는 종료를 결정하려면 환자의 순환혈액량에 대한 임상 평가 또한 필수적이다. 활력징후를 측정하기에 앞서 환자에게 병력청취를 하거나 간단한 신체검사를 통해 대략적인 환자의 상태를 평가할 수 있다.¹⁵⁾

쇼크 환자는 가벼운 증상으로 현기증 및 갈증을 호소하는 것부터 환자가 초조하고 과민한 반응을 보이는 것까지 다양한 증상을 나타낼 수 있다.²²⁾ 반면 환자의 의식이 떨어지거나 혼수 상태를 보이는 경우 예상보다 심각한 쇼크가 이미 진행 중일 수 있기 때문에 주의를 요하며, 즉각적인 처치가 필요할 수 있다.²¹⁾

활력징후를 측정하기에 앞서 환자의 요골동맥, 대퇴동맥 및 경동맥을 촉지하여 대략적인 혈압 상태를 확인할 수 있다.²³⁾ 요골동맥이 잘 촉진되면 수축기압이 80 mmHg 이상인 것으로 예상 가능하다.²⁴⁾ 이 방법은 빠르며, 환자의 이송 시와 같이 장소 및 시간의 제한이 있거나 또는 혈압계의 측정을 신뢰할 수 없는 경우 유용하다.²⁵⁾ 피부의 탄력성, 결막의 시진은 진단적 가치가 높지 않다. 말초혈관 충만 시간의 진단적 역할은 아직 정립되지 않았다.¹⁹⁾

Table 2. Signs and Symptoms according to Stage of Hypovolemic Shock

Parameter	Class I	Class II (mild)	Class III (moderate)	Class IV (severe)
Approximate blood loss	<15%	15%-30%	31%-40%	>40%
Heart rate	↔	↔/↑	↑	↑/↑↑
Blood pressure	↔	↔	↔/↓	↓
Pulse pressure	↔	↓	↓	↓
Respiratory rate	↔	↔	↔/↑	↑
Urine output	↔	↔	↓	↓↓
Glasgow coma scale score	↔	↔	↓	↓
Base deficit	0-2 mEq/L	-2 to -6 mEq/L	-6 to -10 mEq/L	-10 mEq/L or less
Need for blood products	Monitor	Possible	Yes	Massive transfusion protocol

활력징후 중 양와위 빈맥 및 양와위 저혈압은 진단적 가치가 낮으며, 체위 빈맥은 출혈량이 많을 시 환자의 저혈량성 상태를 반영하는 지표가 될 수 있다.²⁶⁾ 중심정맥압의 경우 혈액량 측정과의 일관적인 상관관계를 보이지 않아 혈액량을 평가하는 지표로 더 이상 사용되지 않는다.^{27,28)}

또한 급성 출혈에서는 혈액소와 적혈구 용적률도 정상수치를 보일 수 있어, 이 둘의 혈액검사 결과만을 통해 출혈을 배제해서는 안 된다.²⁹⁾ 혈청 젖산의 경우 2 mmol/L 이상으로 증가하는 경우 환자의 쇼크를 인지할 수 있는 지표이며, 쇼크의 예후를 예측할 수 있는 인자이기도 하다.³⁰⁾ 환자의 수상 이후 24시간 이내에 혈청 젖산이 2 mmol/L 이하로 감소하는 경우 수액 치료가 적절히 이루어졌음을 의미할 수 있고 쇼크의 경감을 기대할 수 있다. 그러나 혈청 젖산이 감소되지 않거나 지속적으로 상승하는 경우 환자의 예후는 대부분 좋지 않다.^{31,32)} 상대정맥에 거치한 중심정맥관을 통해 중심정맥 산소포화도(central venous O₂ saturation, S_{cv}O₂)를 확인할 수 있으며, 70% 미만인 경우 저혈량증을 확진할 수 있다.^{33,34)} 초음파를 통해 병상에서 실시간으로 환자의 순환혈액량의 평가 또한 가능하다. 늑골하 위치에서 하대정맥이 우심방과 맞닿는 지점의 약 2 cm 앞에서 하대정맥의 직경을 측정하며, 이렇게 측정된 직경은 환자의 자발 호흡에 따라 허탈되며 변화를 보일 수 있다.³⁵⁾ 호흡에 따른 하대정맥의 직경 변화가 클수록 환자의 저혈량성 상태를 의심할 수 있으나, 이러한 변화와 수액에 대한 반응성의 관계는 아직 논란의 여지가 있다.^{36,37)}

환자에게 동맥관이 삽입된 상태라면 추가적인 모니터링을 통해 일회박출량변이(stroke volume variation, SVV)와 맥박 압력변화(pulse pressure variation, PPV)를 확인할 수 있다.³⁸⁾ SVV가 12% 또는 PPV가 13%를 초과하는 경우 수액에 대한 반응성이 있을 것으로 예측할 수 있으나, 환자가 기계 호흡이 아닌 자발 호흡을 하고 있고 심장 리듬이 규칙적이지 않다면 반응이 정확하게 되지 않을 수 있기 때문에 적용에 주의가 필요하다.^{39,40)}

활력징후 및 혈액검사, 기타 임상 증상을 통하여 환자의 용적을 평가할 수 있으나 수액 치료에 의해 실제로 환자 장기의 관류와 산소의 공급이 개선되었는지 확인하기에는 제한이 있다.⁸⁾ 신장의 기능 및 혈류량을 반영하는 임상 지표로 소변 배출량을 사용할 수 있다.⁴¹⁾ 환자의 체중당 적절한 양의 소변량은 성인에서 0.5 ml/kg/h, 소아에서 1 ml/kg/h 및 1세 이하에서는 2 ml/kg/h로 계산한다.^{3,42)}

5. 수액의 종류

1) 결정질 용액

결정질 용액(crystalloid fluid)은 이온 또는 비이온성 입자가 포함된 전해질 용액으로, 0.9% 염화나트륨용액(normal saline, NS) 링거젖산용액(lactate Ringer's solution/Hartmann's solution, HS)이 가장 널리 이용되고 있다. 0.9% NS는 혈장에 비해 Na⁺와 Cl⁻ 농도가 높으며 pH는 낮고, 혈액과 같은 오스몰 농도로 등장성 용액에 해당한다. HS의 경우 화학적 완충제로 젖산이 포함되어 있는 용액으로, 혈장에 낮은 Na⁺와 오스몰 농도와 pH가 낮다. Cl⁻의 농도는 혈장과 유사하다.^{43,44)} 결정질 용액은 주입된 양의 최대 1/3만큼 혈관 내 용적을 확보할 수 있으나 주입 30분 후에는 16%만이 순환혈류량으로 잔존하기에, 외상 환자에서 결정질 용액으로만 출혈량을 대체하려면 출혈량의 3-4배의 수액이 필요할 수 있다.^{8,45,46)} 0.9% NS를 대량 주입할 시 부작용으로 간질성 부종 또는 고염소혈증성 대사산증이 일어날 수 있으며, HS의 경우에는 고염소혈증성 대사산증의 가능성은 적으나 오스몰 농도가 낮기 때문에 외상성 뇌손상 환자와 같이 뇌부종의 가능성이 있는 경우 사용을 지양하여야 한다.^{43,47,48)}

어떤 수액이 환자의 치료에 있어 가장 적합한지에 대해서는 아직 완전히 의견이 합치되지 않았으나, ATLS (Advanced Trauma Life Support)에서는 외상 환자에서 소생술 시 초기 수액을 HS로 시작할 것을 권고하고 있다. 그러나 임상 증상, 환자의 상태와 치료 목적에 따라 판단하는 것이 중요하다.³⁾ 또한 저혈량성 쇼크에서는 저체온이 응고장애를 일으키거나 악화시킬 수 있기 때문에 수액을 가온하여 주입하도록 한다.⁸⁾

2) 포도당 용액

5% dextrose water (DW), 10% DW, 5% dextrose saline (DS)과 같이 포도당이 포함된 용액은 고혈당이 발생할 위험이 있으며, 쇼크 상황에서 필요한 유효 순환 혈류인 혈장 용적을 증가시키기보다는 세포 내 용적을 주로 증가시키기 때문에 출혈 또는 소생술 시 급속 주입을 위한 용도로는 적합하지 않다.^{49,50)} 또한 주입된 포도당은 쇼크가 발생한 중환자에서 젖산으로 전환되어 오히려 혈청 젖산을 증가시킬 수 있다.⁵¹⁾ 식이가 불충분하거나 일시적으로 금식하는 환자에서 당질 및 열량 보급을 위해 고려될 수 있다.⁴⁹⁾

3) 콜로이드 용액

콜로이드 용액으로 알부민 용액과 포도당 중합체인 dex-trans, hydroxyethyl starch (HES) 용액 등이 있다. 알부민 용액의 경우 결정질 수액보다 높은 용적 효과를 보이는 것으로 알려져 있다. 특히 25% 알부민 용액의 경우 약 3-4배의 혈장 용적 증가를 나타낼 수 있다. 이러한 효과는 주입 12시간 후에는 소실된다.⁵⁰⁾ 순환 혈액량을 일시적으로 증가시키는 역할로 알부민 용액의 사용을 고려할 수 있으나, 알부민은 소실된 체액을 대체하지 못하며 체액의 이동을 오히려 촉진시키기 때문에 급성 혈액 손실에서 소생술 시 사용할 수 없다.⁵²⁾ 또한 외상성 뇌손상 환자에서 주요 수액으로 사용한 경우 사망률의 증가를 보였다.⁵³⁾ Dextran, HES와 같은 포도당 중합체 용액은 알부민보다 더 높은 용적 증가 효과를 보였으나, 출혈 위험이 증가하는 경향이 있으며 알부민 및 다른 콜로이드 용액에 비해 사망률의 유의한 차이를 보여주지 않았다.^{54,55)}

4) 수혈

수혈은 수액 치료에 해당하지는 않지만 수액 치료에 반응하지 않는 중등증 또는 중증 쇼크의 경우 수혈을 반드시 고려해야 한다.^{48,56)} 수혈을 시작할 경우에는 링거젓산용액과 같은 정맥로로 주입될 경우 구연산 항응고제에 의해 응고 반응이 나타날 수 있으므로 주의하여야 한다.⁴³⁾ 또한 수혈이 같이 진행될 때 환자의 수분섭취가 과도하게 증가하지 않았는지 섭취배설량 및 수액의 주입량을 재평가할 필요가 있다.¹³⁾

6. 외상 환자의 고려 요소

1) 골절 및 연부조직 손상 환자

외상으로 인한 골절 또는 연부조직 손상으로 인해 다량의 출혈이 일어날 수 있다.²⁰⁾ 혈관 밖으로 나온 혈액은 외부로 소실될 수도 있으나 결체조직 및 연부조직 사이와 같은 가변적 공간에 고이면서 지속적인 출혈과 염증, 감염의 원인이 되기도 한다. 손상된 연부조직이 전신적인 염증 반응을 일으키면서 혈관의 투과성을 변화시켜 조직 부종을 유발할 수 있고, 이러한 조직 부종은 순환혈류량의 감소를 일으켜 추가적인 수액 치료 및 조정을 요구할 수 있다.^{57,58)}

2) 외상성 뇌출혈 및 뇌손상 환자

외상성 뇌손상의 증상으로 두개내압 항진, 뇌부종 및 저나트륨혈증이 진행될 수 있다.⁵⁹⁾ 이러한 외상성 뇌손상 환자에서 고장성 식염수(hypertonic saline)는 일반적인 0.9% NS와

비교하여 적은 용량으로도 큰 용적 증가 효과가 있으며, 두개내압의 감소를 기대할 수 있다.⁸⁾ 그러나 의식 저하가 동반된 외상성 뇌손상 환자에서 고장성 식염수의 사용이 다른 수액을 사용한 경우에 비해 생존율의 차이가 있는지는 논란의 여지가 있다.^{60,61)}

3) 소아, 노인, 임산부

성인에 비해 소아는 상대적으로 더 넓은 체표면적과 큰 순환 용적을 가지고 있으나, 절대적인 용적 자체는 성인보다 적다. 소아는 성인처럼 정확한 병력청취가 어려울 수 있으며 진료에 협력하지 못하는 경우도 발생 가능하다. 이러한 소아의 특징은 소아에서 쇼크를 더 늦게 인지하게 되는 원인이 될 수 있으며, 출혈과 같은 저혈량성 손상에 더욱 취약할 수 있다.⁶²⁾ 소아에서 수액 치료는 체중에 따른 수액량과 속도를 확인하여야 하며, 40 ml/kg 이상의 수액은 주지 않아야 한다.⁶³⁾ 또한 소아의 저나트륨혈증은 치명적인 예후로 이어질 수 있으므로 가능하다면 등장성 용액으로 처치를 진행하도록 한다.⁶⁴⁾

소아와 반대로 노인에서는 순환 용적이 감소된다. 순환기계 및 신장계를 포함한 다양한 장기의 부전 및 혈관 투과성이 변하거나, 때로는 복용하는 다양한 약들에 의해 유발될 수도 있다. 쇼크 상태에서도 활력징후의 변화가 미약하여 쇼크의 인지가 늦어질 수 있고, 결체조직의 노화는 성인보다 많은 양의 출혈과 혈종을 일으킬 수 있다.⁶⁵⁾ 저혈량증에 유의하되 과도한 수액이 주입되는 것에 주의하여야 하며, 초기 수액 주입 속도는 20 ml/kg을 초과하지 않도록 한다. 추후 환자의 반응 및 상태에 따라 주입 속도는 재조정이 필요하다.^{8,66)}

임산부의 외상 시 태아와 임산부를 같이 고려해야 한다. 임산부의 순환 용적과 심박출량은 성인보다 증가되어 있고, 이러한 변화 때문에 쇼크에 대한 반응이 늦어지거나 나타나지 않을 수 있다.⁶⁷⁾ 20주 이상의 산모가 양와위로 누웠을 때는 자세로 인한 저혈압이 유발될 수 있으므로 좌측 측와위 자세가 도움이 된다. 심각한 손상 시에는 소생술을 연기시키지 않도록 하고, 필요하다면 소아청소년과와 산부인과의 협진을 즉시 요청한다.⁶⁸⁾

결론

외상 환자에서 수액 요법을 통해 조직 관류와 산소의 공급을 개선시킬 수 있으나 적절하지 않은 수액 사용은 부작용을 일으킬 수 있다. 환자의 체액 및 혈액학적 상태, 손상 종류에

따라 적합한 종류의 수액을 선택하고 지속적으로 조정하여야 한다.

요 약

외상 환자에서 수액 치료를 통해 조직 관류와 산소 공급을 개선시킬 수 있다. 외상의 출혈로 인한 저혈량성 쇼크 상황에서 수액 치료는 반드시 고려되어야 하며, 병원 전 단계의 수액 주입 또한 도움이 될 수 있다. 혈액검사, 초음파 등을 통해 환자의 체액 상태를 평가하고 진행하고 있는 수액 요법을 조절하여야 한다. 주로 사용되는 수액의 종류로는 결정질 용액, 포도당 용액 및 콜로이드 용액이 있으며, 혈액학적 상태, 손상 종류 및 환자의 개별적 특성에 따라 적합한 종류의 수액을 선택하고 지속적인 조정 및 관리가 필요하다.

색인 단어: 수액 치료, 외상, 소생술, 출혈성 쇼크, 결정질 용액, 콜로이드 용액

ORCID

허 요, <https://orcid.org/0000-0002-1220-1534>

유재리, <https://orcid.org/0000-0003-0370-6685>

References

1. Statistics Korea: Causes of death statistics in 2021. Daejeon, Statistics Korea: 2022.
2. Trunkey DD, Lim RC: Analysis of 425 consecutive trauma fatalities: an autopsy study. JACEP, 3: 368-371, 1974.
3. American College of Surgeons: Advanced trauma life support: student course manual. 11th ed. Chicago, American College of Surgeons: 2018.
4. Cherkas D: Traumatic hemorrhagic shock: advances in fluid management. Emerg Med Pract, 13: 1-19; quiz 19-20, 2011.
5. Silversides JA, Major E, Ferguson AJ, et al: Conservative fluid management or deresuscitation for patients with sepsis or acute respiratory distress syndrome following the resuscitation phase of critical illness: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med, 43: 155-170, 2017.
6. Acheampong A, Vincent JL: A positive fluid balance is an independent prognostic factor in patients with sepsis. Crit Care, 19: 251, 2015.
7. National Fire Agency: The standard protocol for 119 emergency medical services providers. Sejong, National Fire Agency: 2019.
8. Nolan J: Fluid resuscitation for the trauma patient. Resuscitation, 48: 57-69, 2001.
9. Wise R, Faurie M, Malbrain ML, Hodgson E: Strategies for intravenous fluid resuscitation in trauma patients. World J Surg, 41: 1170-1183, 2017.
10. Baskett PJ: ABC of major trauma. Management of hypovolaemic shock. BMJ, 300: 1453-1457, 1990.
11. Dula DJ, Muller HA, Donovan JW: Flow rate variance of commonly used IV infusion techniques. J Trauma, 21: 480-482, 1981.
12. Millikan JS, Cain TL, Hansbrough J: Rapid volume replacement for hypovolemic shock: a comparison of techniques and equipment. J Trauma, 24: 428-431, 1984.
13. British Committee for Standards in Haematology; Stainsby D, MacLennan S, Thomas D, Isaac J, Hamilton PJ: Guidelines on the management of massive blood loss. Br J Haematol, 135: 634-641, 2006.
14. McCunn M, Dutton R: End-points of resuscitation how much is enough? Curr Opin Anaesthesiol, 13: 147-153, 2000.
15. Chatrath V, Khetarpal R, Ahuja J: Fluid management in patients with trauma: restrictive versus liberal approach. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 31: 308-316, 2015.
16. Jacob M, Kumar P: The challenge in management of hemorrhagic shock in trauma. Med J Armed Forces India, 70: 163-169, 2014.
17. Antonelli M, Levy M, Andrews PJ, et al: Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference, Paris, France, 27-28 April 2006. Intensive Care Med, 33: 575-590, 2007.
18. Harris T, Thomas GO, Brohi K: Early fluid resuscitation in severe trauma. BMJ, 345: e5752, 2012.
19. Sinert R, Spektor M: Evidence-based emergency medicine/rational clinical examination abstract. Clinical assessment of hypovolemia. Ann Emerg Med, 45: 327-329, 2005.
20. Lieurance R, Benjamin JB, Rappaport WD: Blood loss and transfusion in patients with isolated femur fractures. J Orthop Trauma, 6: 175-179, 1992.
21. Mutschler M, Nienaber U, Brockamp T, et al: A critical reappraisal of the ATLS classification of hypovolaemic shock: does it really reflect clinical reality? Resuscitation, 84: 309-313, 2013.
22. Dutton RP: Current concepts in hemorrhagic shock. Anesthesiol Clin, 25: 23-34, viii, 2007.
23. Gutierrez G, Reines HD, Wulf-Gutierrez ME: Clinical review: hemorrhagic shock. Crit Care, 8: 373-381, 2004.
24. Deakin CD, Low JL: Accuracy of the advanced trauma life support guidelines for predicting systolic blood pressure using carotid, femoral, and radial pulses: observational study. BMJ, 321: 673-674, 2000.
25. McManus J, Yershov AL, Ludwig D, et al: Radial pulse character relationships to systolic blood pressure and trauma outcomes. Prehosp Emerg Care, 9: 423-428, 2005.
26. McGee S, Abernethy WB 3rd, Simel DL: The rational clinical

- examination. Is this patient hypovolemic? *JAMA*, 281: 1022–1029, 1999.
27. Marik PE, Baram M, Vahid B: Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*, 134: 172–178, 2008.
 28. Oohashi S, Endoh H: Does central venous pressure or pulmonary capillary wedge pressure reflect the status of circulating blood volume in patients after extended transthoracic esophagectomy? *J Anesth*, 19: 21–25, 2005.
 29. Cordts PR, LaMorte WW, Fisher JB, et al: Poor predictive value of hematocrit and hemodynamic parameters for erythrocyte deficits after extensive elective vascular operations. *Surg Gynecol Obstet*, 175: 243–248, 1992.
 30. Trzeciak S, Dellinger RP, Chansky ME, et al: Serum lactate as a predictor of mortality in patients with infection. *Intensive Care Med*, 33: 970–977, 2007.
 31. Okorie ON, Dellinger P: Lactate: biomarker and potential therapeutic target. *Crit Care Clin*, 27: 299–326, 2011.
 32. McNelis J, Marini CP, Jurkiewicz A, et al: Prolonged lactate clearance is associated with increased mortality in the surgical intensive care unit. *Am J Surg*, 182: 481–485, 2001.
 33. Reinhart K, Kuhn HJ, Hartog C, Bredle DL: Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med*, 30: 1572–1578, 2004.
 34. Madsen P, Iversen H, Secher NH: Central venous oxygen saturation during hypovolaemic shock in humans. *Scand J Clin Lab Invest*, 53: 67–72, 1993.
 35. Zengin S, Al B, Genc S, et al: Role of inferior vena cava and right ventricular diameter in assessment of volume status: a comparative study: ultrasound and hypovolemia. *Am J Emerg Med*, 31: 763–767, 2013.
 36. Yanagawa Y, Nishi K, Sakamoto T, Okada Y: Early diagnosis of hypovolemic shock by sonographic measurement of inferior vena cava in trauma patients. *J Trauma*, 58: 825–829, 2005.
 37. Kory P: COUNTERPOINT: should acute fluid resuscitation be guided primarily by inferior vena cava ultrasound for patients in shock? No. *Chest*, 151: 533–536, 2017.
 38. Rathore A, Singh S, Lamsal R, Taank P, Paul D: Validity of pulse pressure variation (PPV) compared with stroke volume variation (SVV) in predicting fluid responsiveness. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 45: 210–217, 2017.
 39. Futier E, Christophe S, Robin E, et al: Use of near-infrared spectroscopy during a vascular occlusion test to assess the microcirculatory response during fluid challenge. *Crit Care*, 15: R214, 2011.
 40. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A: Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med*, 37: 2642–2647, 2009.
 41. Peitzman AB, Billiar TR, Harbrecht BG, Kelly E, Udekwu AO, Simmons RL: Hemorrhagic shock. *Curr Probl Surg*, 32: 925–1002, 1995.
 42. Boluyt N, Bollen CW, Bos AP, Kok JH, Offringa M: Fluid resuscitation in neonatal and pediatric hypovolemic shock: a Dutch Pediatric Society evidence-based clinical practice guideline. *Intensive Care Med*, 32: 995–1003, 2006.
 43. Reddy S, Weinberg L, Young P: Crystalloid fluid therapy. *Crit Care*, 20: 59, 2016.
 44. Awad S, Allison SP, Lobo DN: The history of 0.9% saline. *Clin Nutr*, 27: 179–188, 2008.
 45. Watenpaugh DE, Gaffney FA: Measurement of net whole-body transcapillary fluid transport and effective vascular compliance in humans. *J Trauma*, 45: 1062–1068, 1998.
 46. Svensén C, Drobin D, Olsson J, Hahn RG: Stability of the interstitial matrix after crystalloid fluid loading studied by volume kinetic analysis. *Br J Anaesth*, 82: 496–502, 1999.
 47. Lobo DN: Fluid overload and surgical outcome: another piece in the jigsaw. *Ann Surg*, 249: 186–188, 2009.
 48. Santry HP, Alam HB: Fluid resuscitation: past, present, and the future. *Shock*, 33: 229–241, 2010.
 49. Powell-Tuck J, Allison SP, Gosling P, et al: Summary of the British consensus guidelines on intravenous fluid therapy for adult surgical patients (GIFTASUP)—for comment. *J Intensive Care Soc*, 10: 13–15, 2009.
 50. Imm A, Carlson RW: Fluid resuscitation in circulatory shock. *Crit Care Clin*, 9: 313–333, 1993.
 51. Degoute CS, Ray MJ, Manchon M, Claustrat B, Banssillon V: Intraoperative glucose infusion and blood lactate: endocrine and metabolic relationships during abdominal aortic surgery. *Anesthesiology*, 71: 355–361, 1989.
 52. Stockwell MA, Soni N, Riley B: Colloid solutions in the critically ill. A randomised comparison of albumin and polygeline. 1. Outcome and duration of stay in the intensive care unit. *Anaesthesia*, 47: 3–6, 1992.
 53. SAFE Study Investigators: Saline or albumin for fluid resuscitation in patients with traumatic brain injury. *N Engl J Med*, 357: 874–884, 2007.
 54. Boldt J, Heesen M, Müller M, Pabsdorf M, Hempelmann G: The effects of albumin versus hydroxyethyl starch solution on cardiorespiratory and circulatory variables in critically ill patients. *Anesth Analg*, 83: 254–261, 1996.
 55. Zhong JZ, Wei D, Pan HF, et al: Colloid solutions for fluid resuscitation in patients with sepsis: systematic review of randomized controlled trials. *J Emerg Med*, 45: 485–495, 2013.
 56. Napolitano LM, Kurek S, Luchette FA, et al: Clinical practice guideline: red blood cell transfusion in adult trauma and critical care. *Crit Care Med*, 37: 3124–3157, 2009. Erratum in: *Crit Care Med*, 38: 1621, 2010.
 57. Napolitano LM, Koruda MJ, Meyer AA, Baker CC: The impact of femur fracture with associated soft tissue injury on immune

- function and intestinal permeability. *Shock*, 5: 202–207, 1996.
58. Szczesny G, Olszewski WL: The pathomechanism of posttraumatic edema of the lower limbs: II—changes in the lymphatic system. *J Trauma*, 55: 350–354, 2003.
59. Gaddam SS, Buell T, Robertson CS: Systemic manifestations of traumatic brain injury. *Handb Clin Neurol*, 127: 205–218, 2015.
60. Tan SK, Kolmodin L, Sekhon MS, et al: The effect of continuous hypertonic saline infusion and hypernatremia on mortality in patients with severe traumatic brain injury: a retrospective cohort study. *Can J Anaesth*, 63: 664–673, 2016.
61. Berger-Pelleiter E, Émond M, Lauzier F, Shields JF, Turgeon AF: Hypertonic saline in severe traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *CJEM*, 18: 112–120, 2016. Erratum in: *CJEM*, 18: 243, 2016.
62. Avarello JT, Cantor RM: Pediatric major trauma: an approach to evaluation and management. *Emerg Med Clin North Am*, 25: 803–836, x, 2007. Erratum in: *Emerg Med Clin North Am*, 25: xv, 2007.
63. Hussmann B, Lefering R, Kauther MD, Ruchholtz S, Moldzio P, Lendemans S; TraumaRegister DGU®: Influence of prehospital volume replacement on outcome in polytraumatized children. *Crit Care*, 16: R201, 2012.
64. Au A, Bell MJ: Prevention of hospital-acquired hyponatremia in children: are hypotonic solutions safe? *Pediatr Crit Care Med*, 11: 528–529, 2010.
65. Taffett GE: Physiology of aging. In: Cassel CK, Leipzig RM, Cohen HJ, Larson EB, Meier DE, Capello CF ed. *Geriatric medicine: an evidence-based approach*. 4th ed. New York, Springer: 27–35, 2003.
66. Corcoran TB, Hillyard S: Cardiopulmonary aspects of anaesthesia for the elderly. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 25: 329–354, 2011.
67. Talbot L, MacLennan K: Physiology of pregnancy. *Anaesth Intensive Care Med*, 17: 341–345, 2016.
68. Mattox KL, Goetzl L: Trauma in pregnancy. *Crit Care Med*, 33(10 Suppl): S385–S389, 2005.