

대량 재난에서

Recommendations for the Management of
Crush Victims in Mass Disasters

압궐 손상자의 관리에 대한 권고안



European Renal Association - European Dialysis and Transplant Association 가이드라인 한국어 번역본

Korean version of the European Renal Association - European Dialysis and Transplant Association clinical practice guidelines



ISSN 0931-0509 (Print) ISSN 1460-2385 (Online)

Volume 27 Supplement 1 April 2012

ndt

NEPHROLOGY DIALYSIS TRANSPLANTATION
Basic and clinical renal science

RECOMMENDATIONS FOR THE MANAGEMENT OF CRUSH VICTIMS IN MASS DISASTERS



Workgroup Co-Chairs: Mehmet Sukru Sever and Raymond Vanholder

OXFORD  OPEN

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

www.ndt.oxfordjournals.org



Official Publication of the European
Renal Association - European Dialysis
and Transplant Association

Cover figures reprinted with permission-

Left: ENFIC MARTI/AP/Press Association Images

Centre: AFP/Getty Images

Right: Author's own photograph



대량 재난에서 압괴 손상자의 관리에 대한 권고안

Recommendations for the Management of Crush Victims in Mass Disasters

목차

고지	9
원문 고지	9
발간의 말: 대한신장학회	10
발간의 말: 대한재난의학회	11
추천의 말	12
원저자 발간 축하	13
Work Group Membership	14
주요 약어 및 우리말 의학용어	16
권고 요약	19
Section I. 정의와 기본 개념	
I.1: 재난과 압궤증후군, 급성콩팥손상(AKI), 급성신부전(ARF)과 관련한 용어	29
I.2: 진단 및 치료적 개입과 관련한 용어	31
Section II. 재난 현장에서의 개입	
II.1: 의료 관리 인력의 상태 결정	33
II.2: 초기 개입의 계획	33
II.3: 구출 전 개입	34
II.4: 구출하는 동안의 개입	36
II.5: 구출 후 초기 일반적인 처치	37
II.6: 구출 후 초기 수액 투여 및 소변량 감시	40
II.7: 구출 후 시행해야 하는 다른 조치들	44
Section III. 병원에 입원 후 개입	
III.1: 입원 시 모든 환자에 대한 일반적인 처치	47
III.2: 입원 시점에서 압궤증후군 환자에 대한 특수한 처치	51
Section IV. 압궤증후군 손상자에서의 근막절개술과 절단	
IV.1: 근막절개술	61
IV.2: 절단	62
Section V. 압궤증후군 손상자에서 급성콩팥손상의 예방 및 치료	
V.1: 압궤 관련 급성콩팥손상의 예방	64
V.2: 압궤 관련 급성콩팥손상 환자의 핏뇨 기간 동안의 보존적인 치료	66
V.3: 압궤 관련 급성콩팥손상 환자에서의 투석 치료	70
V.4: 다뇨 시기의 압궤 관련 급성콩팥손상의 치료	74
V.5: 장기 추적 검사	74

Section VI. 압제 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료	
VI.1: 압제 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료	76
Section VII. 압제증후군 피해자 치료에 대한 물류 관리 문제	
VII.1: 재난 구호를 위한 물류 관리 지원	79
VII.2: 의료 인력 및 물자의 일반적인 수송 계획	81
VII.3: 콩팥 질환에 대한 의료 인력과 자원의 수송 계획	82
Section VIII. 콩팥 재난 대응 프로그램의 확립	
VIII.1: 재난 발생 전 준비사항	85
VIII.2: 재난 여파에 대한 대응	89
부록 1	
I. 지진 후 외상 손상자에 대한 초기 평가 및 관리	97
II. 선별 분류	98
III. 국제신장학회(ISN) 산하 콩팥재난대응대책반(RDRTF)	99
IV. 국경없는의사회	102
V. 유럽 신장 모범 사례(European Renal Best Practice, 글래스고혼수척도)	104
VI. 전향적 정보 수집 및 평가 양식	104
부록 2	106
참고문헌	109

고지

대한신장학회 재난대응위원회는, 본 진료지침의 번역 및 출판에 대하여 대표 저자의 허락과 지지를 받았으며, 저작권을 보유하고 있는 Oxford University Press(OUP)와 유럽신장학회(ERA)로부터 인도주의적이고 비영리적인 사용 목적에 대해 정식 허가를 취득하였습니다. 이 진료지침은 아직 대한민국의 진료현장에서 접해보지 못했던 대규모 재난상황의 의료 현장에서 유용한 준비 자료로 활용되기를 바라며, 특정 치료 방법이나 절차를 강제하거나 규제하지 않습니다. 개별 환자의 상태와 진료 환경에 따라 다양한 접근법과 치료 방법이 필요할 수 있으며, 최종적인 진료 결정은 의료진의 임상적 판단과 환자의 특수한 상황에 따라 이루어져야 합니다. 이 진료지침은 법적 구속력을 가지지 않으며, 환자의 치료 결과에 대한 책임은 전적으로 치료를 담당하는 의료진에게 귀속됩니다. 번역 및 재배포와 관련하여, 본 지침은 저작권자의 사전 허가 없이 수정, 변형, 또는 무단 전제가 금지됩니다. 또한, 본 지침을 인용하거나 사용하는 경우에는 반드시 Oxford University Press 및 ERA의 허락을 바탕으로 작성된 내용임을 명시해야 하며, 대한신장학회 재난대응위원회와 사전 논의 후 사용하셔야 합니다. 추가적인 문의사항이 있을 경우, 대한신장학회 재난대응위원회로 연락 주시기 바랍니다.

원문 고지

권고 사항의 사용에 대하여

이 권고사항은 2011년 8월 기준으로 이용 가능한 정보를 바탕으로 작성되었습니다. 이는 정보를 제공하고 의사 결정을 돕기 위한 목적으로 설계되었으며, 표준 진료를 정의하거나 표준 진료로 간주되어서는 안 됩니다. 또한, 배타적인 치료 방침을 제시하거나 처방하는 것으로 해석되어서는 안 됩니다. 개별 환자의 필요, 이용 가능한 자원, 특정 환경, 기관 또는 진료 유형에 고유한 제한 사항을 고려할 때, 진료 방식에 차이가 발생하는 것은 불가피하며 적절할 수 있습니다. 이 권고사항을 사용하는 모든 의료 전문가는 특정 임상 상황에서 이를 적용하는 것이 적절한지 평가할 책임이 있습니다.

공개 선언(Disclosure)

유럽 신장질환 최선진료실무그룹(ERBP)과 국제신장학회(ISN) 산하 콩팥재난대응대책반(RDRTF)는 실무 그룹의 구성원이 외부 관계, 개인적, 전문적 또는 사업적 이익으로 인해 실제 또는 잠재적으로 발생할 수 있는 이해 충돌을 회피하기 위해 최선의 노력을 기울이고 있습니다. 작업 그룹의 모든 구성원은 그러한 관계가 실제 또는 잠재적 이해 충돌로 인식될 수 있는 경우 이를 명시한 공개 및 서약서를 작성, 서명 및 제출해야 합니다. 보고된 모든 정보는 최종 발행물에 기재되며, RDRTF-ISN에 보관됩니다.

발간의 말: 대한신장학회

최근 지구온난화로 인한 급격한 기후변화와 함께 전 세계적으로 유례없는 폭우, 폭염, 산불, 지진 등 자연재해의 빈도와 강도가 급증하고 있습니다. 우리나라도 예외는 아니며, 지진 안전지대로 여겨졌던 한반도에서 2017년 포항 지진, 2023년 동해 지진, 2024년 부안 지진 등 규모 4.0 이상의 중규모 지진이 점차 빈번해지고 있습니다. 자연재해 외에도 도시화와 인구 밀집으로 대형 인파 사고 위험이 증가하고 있습니다. 2022년 이태원 압사 사고는 이러한 위험이 현실화된 비극적 사례로, 대규모 재난 상황에서의 의료 대응 체계 구축의 시급성을 일깨웠습니다.

재난 상황에서 생명을 구하는 의료진의 판단과 대응은 무엇보다 중요합니다. 대량 재난 시 흔히 발생하는 압괴 손상은 초기 대응이 생존을 좌우하는 치명적 상태입니다. 이러한 손상의 예방과 치료는 신장내과 의료진뿐 아니라 모든 재난 대응 의료진에게 필수 역량입니다. 그러나 지금까지 우리나라에는 대량 재난 상황에서의 압괴 손상자 관리를 위한 표준화된 진료지침이 부족했습니다.

『대량 재난에서 압괴 손상자의 관리에 대한 권고안』은 의료진이 현장에서 실질적으로 활용할 수 있도록 정리된 임상 지침서로, 유럽신장협회(ERA)와 국제신장학회(ISN) 산하 콩팥재난대응대책반(RDRTF)의 풍부한 경험과 과학적 근거를 기반으로 합니다. 권고안은 압괴 손상자의 초기 대응, 수액 요법, 투석 적응증, 병원 내 치료 및 물류 관리까지 포괄적으로 다루어, 대규모 재난 발생 시 현장에서 신속하고 체계적인 대응을 가능하게 합니다.

이 번역본은 이해를 돕기 위해 직역보다는 자연스러운 문체를 사용하려고 노력하였으며, 우리나라의 임상 현장에서 실질적으로 활용될 수 있도록 용어를 통일하고 문맥을 자연스럽게 다듬는 데 중점을 두었습니다. 그럼에도 불구하고, 생소한 개념이나 현장 맥락에서 완전히 동일하게 적용되기 어려운 내용이 있을 수 있음은 양해해 주시기 바랍니다. 다만, 이 지침서가 보다 많은 의료인들에게 읽히고 이해되어, 국내 재난 대응 시스템의 내실을 다지는 데 조금이나마 기여할 수 있기를 진심으로 바랍니다.

2025년 6월

대한신장학회 재난대응위원회 이사 이영기

발간의 말: 대한재난의학회

현대 사회의 도심형 재난은 예측이 어렵고 일상 속에서 갑작스럽게 발생하여 큰 충격과 깊은 상처를 남깁니다. 높은 인구 밀집도와 복잡한 도시 기능은 작은 사고조차 순식간에 대형 재난으로 확산시킬 수 있는 잠재적 위험을 내포하고 있으며, 우리는 부산 공설운동장, 서울역, 이태원 참사 등 여러 사례를 통해 그 심각성을 체감해 왔습니다. 특히 도시 환경에서는 안전에 대한 경각심이 일상에 묻히기 쉬워 순간의 방심이 대규모 인명 피해로 이어질 수 있기에 도심형 재난의 위험성은 더욱 중대하게 다루어져야 합니다.

재난의료는 극한의 시간과 자원 제약 속에서 생명을 구하기 위한 특수한 의료 분야로, 특히 신속한 초기 대응이 환자의 생존율을 좌우합니다. 대형 교통사고, 건물 붕괴, 군중 사고 등 다양한 상황에서 흔히 발생하는 압궂 손상은 신체 일부가 무거운 물체에 눌리거나 장시간 압박되어 생기는 위중한 응급 상황으로, 정확한 진단과 시의적절한 처치는 신장내과 전문의뿐 아니라 모든 재난의료 담당자에게 필수적 역량입니다. 그러나 국내에는 아직까지 압궂 손상 관리에 대한 표준화된 지침이 부족한 실정입니다.

이에 유럽신장학회(ERA)와 국제신장학회(ISN) 산하 재난대응대책반의 과학적 근거와 현장 경험을 바탕으로 마련된 ‘대량 재난에서 압궂 손상자의 관리에 대한 권고안’을 대한신장학회와 대한재난의학회가 공동 번역하여 발간하게 되었습니다. 양 학회는 2023년 MOU를 체결하고, 인공신장실 화재 대응 교육 영상 공동 개발 등 협력 관계를 이어가고 있으며, 향후 재난의학 교과서에 말기신부전 환자 관련 내용을 포함할 계획입니다.

이번 번역본은 압궂 손상 환자의 생존율을 높이기 위한 실용적인 지침서로, 의료진과 구조대원이 현장에서 즉시 적용할 수 있도록 구성되었습니다. 구조 전 초기 수액요법과 평가, 현장 처치, 투석 적응증 판단, 병원 내 치료, 의료 자원 관리까지 전 과정을 포괄하여 다수사상자 상황에서도 체계적인 대응을 가능하게 합니다. 특히 초기 수액요법의 중요성과 단계별 전략이 명확히 제시되어 있어 재난의료 제공자의 전문성 향상을 위한 핵심 자료로 활용될 수 있을 것입니다.

이 지침서가 국내 의료진에게 널리 읽히고 깊이 이해되어 우리나라의 재난 대응 역량을 한층 강화하고 더 많은 생명을 구하는 데 기여하기를 진심으로 기대합니다.

2025년 6월

대한재난의학회 이사장 최대해

추천의 말

전 세계적으로 기후변화에 따른 자연재해와 다양한 인재로 인한 재난이 증가하면서 재난 상황에서 의료적 대응 체계 마련이 중요한 과제로 떠오르고 있습니다. 특히 압궐 손상은 대규모 재난 상황에서 빈번히 발생하며 초기 대응이 환자의 생존을 좌우하는 결정적 요소입니다. 그러나 지금까지 우리나라에서는 재난 상황에 특화된 표준 진료지침이 부족하여 의료진들이 현장에서 신속하고 효율적으로 대응하는 데 어려움이 있었습니다.

이러한 배경에서 대한신장학회 재난대응위원회는 유럽신장학회(ERA)와 국제신장학회(ISN) 산하 콩팥재난대응대책반(RDRTF)이 발표한 『대량 재난에서 압궐 손상자의 관리에 대한 권고안』을 번역 발간하게 되었습니다. 이 권고안에는 압궐 손상 환자의 초기 대응과 처치, 수액 치료, 급성콩팥손상 환자의 예방 및 투석 치료, 물류 관리와 콩팥 재난 대응 프로그램 등 실질적이고 포괄적인 내용이 담겨 있습니다.

본 권고안이 우리나라 의료진에게 실질적으로 활용되어 재난 발생 시 보다 많은 생명을 구하고 환자들의 고통을 최소화하는 데 큰 도움이 되기를 기대합니다. 더불어 이 권고안이 대한민국의 재난 대응 체계를 한층 발전시키는 소중한 밑거름이 되기를 바랍니다.

끝으로 번역본의 출간을 위해 소중한 시간과 열정을 기울여 주신 대한신장학회 재난대응위원회의 여러 선생님들께 깊은 감사를 드립니다. 특히 본 권고안의 공식 번역과 출판을 흔쾌히 승인해주신 Oxford University Press 및 ERA 관계자 여러분께도 이 자리를 빌려 감사의 말씀을 전합니다.

2025년 6월

대한신장학회 제19대 이사장 박형천

원저자 발간 축하

Natural disasters, particularly if they are destructive (e.g. earthquakes, hurricanes, wars), pose significant challenges to healthcare providers worldwide. Among the most severe medical complications following such catastrophes is the crush syndrome, a life-threatening condition that requires timely recognition and appropriate management to prevent fatal outcomes. The importance in disaster settings where resources are often limited, of well-prepared medical teams, equipped with the necessary knowledge and protocols, cannot be overstated. In addition, the need for rapid decision-making is critical.

This guideline has been meticulously developed to provide comprehensive, expert opinion-based recommendations for the treatment of crush syndrome victims in post-disaster scenarios. Drawing from both scientific literature and real-world disaster response experiences, it aims to offer practical guidance to healthcare professionals working in the field. The structured approach presented here covers early recognition, fluid resuscitation, renal protection, and other critical aspects of care to enhance patient outcomes. Although the original was published already in 2012, we are convinced that these guidelines remain highly relevant, in view of the fact that the preventative, therapeutic and logistic approaches have largely remained the same.

We are honored that this document is being translated into Korean, allowing it to reach and benefit a wider audience of medical professionals. Given South Korea's history of disaster preparedness and its strong medical infrastructure, we are confident that this guideline will serve as a valuable resource in both training and emergency response efforts.

We extend our sincere gratitude to all those involved (especially to Dr. Kyung Don Yoo) in the translation and dissemination of this work. It is our hope that these recommendations will contribute to improving patient survival and reducing suffering in disaster-stricken communities.

Warm regards,

Mehmet Sukru Sever MD, Raymond Vanholder MD, PhD

WORK GROUP MEMBERSHIP

Work Group Co-Chairs

Mehmet Sukru Sever, MD
Istanbul University
Istanbul, Turkey

Raymond Vanholder, MD, PhD
Ghent University Hospital
Ghent, Belgium

Work Group

Itamar Ashkenazi, MD
Hillel Yaffe Medical Center
Hadera, Israel

Gavin Becker, MD
The Royal Melbourne Hospital
Melbourne, Australia

Ori Better, MD
Israel Institute of Technology,
Technion Bat Galim,
Haifa Israel

Adrian Covic, MD
C. I. Parhon University Hospital
Iasi, Romania

Martin De smet, MD
Medecins Sans Frontieres
Brussels, Belgium

Kai-Uwe Eckardt, MD
University of Erlangen-Nuremberg
Erlangen, Germany

Garabed Eknoyan, MD
Baylor College of Medicine
Houston, Texas, US

Noel Gibney, MB FRCP(C)
University of Alberta
Edmonton, Canada

Eric Hoste, MD, PhD
Ghent University Hospital
Ghent, Belgium

Rumeyza Kazancioglu, MD
Bezmialem Vakif University
Istanbul, Turkey

Norbert Lameire, MD, PhD
Ghent University Hospital
Ghent, Belgium

Valerie Luyckx, MD, MB BCh
University of Alberta
Edmonton, Canada

Didier Portilla, MD
University of Arkansas for Medical Sciences
Little Rock, Arkansas, US

Serhan Tuglular, MD
Marmara University
Istanbul, Turkey

Wim Van Biesen, MD, PhD
Ghent University Hospital
Ghent, Belgium

주요 약어 및 우리말 의학용어

약어	영문	국문
AKI	acute kidney injury	급성콩팥손상
ARF	acute renal failure	급성신부전
ATLS	Advanced Trauma Life Support	상급외상소생술
ATN	acute tubular necrosis	급성세관괴사
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	질병관리본부
CK	creatine phosphokinase	크레아틴인산화효소
CRAMS	circulations, respirations, abdomen/thorax, motor, speech	
CRRT	continuous renal replacement therapy	지속신대체요법
CSF	cerebrospinal fluid	뇌척수액
CVP	central venous pressure	중심정맥압
DIC	disseminated intravascular coagulation	파종혈관내응고
ECG	electrocardiography	심전도
ERBP	European Renal Best Practice	유럽 신장 모범 사례
ESKD	end-stage kidney disease	말기콩팥병
ESRD	end-stage renal disease	말기신장병
FFP	fresh frozen plasma	신선냉동혈장
GCS	Glasgow Coma Scale	글래스고혼수척도
HA	human albumin	인간 알부민
IHD	intermittent hemodialysis	간헐혈액투석
ISN	international society of nephrology	국제신장학회
IV	intravenous	정맥내-
KDIGO	Kidney Disease: Improving Global Outcomes	콩팥병전체결과개선
MSF	Médecins Sans Frontières	국경없는의사회
NGO	non-governmental organization	비정부기구
PD	peritoneal dialysis	복막투석
RBC	red blood cell	적혈구
RDRTF	Renal Disaster Relief Task Force	콩팥재난대응대책반
RIFLE	risk, injury, failure, loss, end stage renal failure	
START	simple triage and rapid treatment	간편 선별 및 신속한 치료

약어	영문	국문
Td	tetanus, diphtheria	
Tdap	tetanus, diphtheria, acellular pertussis	
TIG	tetanus immune globulin	
TPR	time period under the rubble	파편 아래 깔려 있는 시간

권고 요약

Section II. 재난 현장에서의 개입

II.1: 의료 관리 인력의 상태 결정

잠재적으로 구조 활동이 가능한 의료 대응 인력은:

- 구조 활동에 참여하기 전에 각자의 재난 관련한 문제들을 해결하고 본인 가족들의 주거 환경과 필요 사항에 대한 계획을 세워야 한다.
- 일반적인 재난 구조 활동에 참여하기 어려운 경우 가능한 즉시 조정권자들에게 알려야 한다; 이 경우 현지 구조와 의료 행위에 일시적으로 참여하는 것을 고려해야 한다.

II.2: 초기 개입의 계획

도움을 제공하고자 하는 개인이나 단체는 개입 위치와 종류, 개입의 정도에 대해 사전에 준비해야 한다.

II.3: 구출 전 개입

II.3.A: 손상된 건물에 접근하는 경우 개인 신변의 안전을 확실히 해야 한다. 부분적 또는 완전히 무너진 건물에서의 직접적인 손상자 구출에는 참여하지 않는다. 이미 구조된 손상자에 대한 도움과 치료에 집중한다.

II.3.B: 끼인 손상자와 압제 손상자에 대한 생명 유지 및 수액 치료, 압제 손상 관련 급성콩팥손상(AKI)에 익숙해져야 한다.

II.3.C: 구출 전이라도, 연락을 받은 즉시 끼인 손상자에 대한 의학적 평가를 시작한다.

II.3.D: 손상자가 파편 아래에 있는 경우라도 손이나 발에 큰 직경의 정맥 주입 접근로를 확보한다. 첫 2시간 동안 성인의 경우 시간당 1000 ml의 속도, 아동의 경우 체중 시간당 15-20 ml의 속도로 생리식염수 투여를 시작한다; 이후 성인은 시간당 500 ml, 소아는 체중 시간당 10 ml 이하의 속도로 감량한다. 적은 양이라도 칼륨을 포함하고 있는 수액(예: Ringer's lactate)은 사용하지 않는다.

II.3.E: 현장에서 구조 인력과 의료 인력이 합동으로 구출 시기를 계획하고 결정한다. 가능하다면 구출하는 동안에도 손상자를 재평가한다.

II.4: 구출하는 동안의 개입

II.4.A: 구출이 진행되는 동안(통상 45-90분) 시간당 1000 ml의 속도로 생리식염수를 투여한다. 구출이 2시간 이상 지연되는 경우 수액 주입 속도를 시간당 500 ml를 넘지 않도록 감량하되, 손상자의 나이와 체중, 외상 양상, 주변 온도, 소변량, 전반적인 추정 체액 손실량에 따라 속도를 조정한다.

II.4.B: 현장에서의 절단은 압제증후군의 예방이 아닌, 손상자를 현장에서 꺼내기 위한 것 등 인명 구조 개입의 목적으로만 시행한다.

II.5: 구출 후 초기 일반적인 처치

- II.5.A: 구조적으로 무너진 장소로부터 가능한 빠르게 구출된 손상자를 빼낸다. 신체 징후를 측정하고 필요한 의료 개입의 정도와 종류를 결정하기 위한 1차 조사를 시행한다. 치료의 우선 순위를 결정하기 위해 생존 가능성이 낮은 손상자를 선별 분류한다.
- II.5.B: 생명을 위협하는 출혈의 경우에만 동맥 압박띠(tourniquet)를 적용한다.
- II.5.C: 경미한 손상이나 초기에 명백한 압제 징후가 없는 경우라도, 1차 조사를 진행하는 동안 발견하지 못한 손상을 진단하고 처치하기 위해 가능한 빠르게 손상들을 정리하고 압제증후군의 후기 징후(소변량의 감소나 진한 소변, 요독 증상) 등을 포함한 2차 조사를 시행한다.

II.6: 구출 후 초기 수액 투여 및 소변량 감시

- II.6.A: 구출 직후 압제 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 모든 손상자들에게 수액을 투여한다. 효과와 투여 유용성을 고려하여 선호되는 수액은 생리식염수이다.
- II.6.B: 필요 수액량을 결정하기 위해 손상자의 수분 상태를 평가한다. 구출 전에 정맥을 통해 수액이 공급되지 않은 경우, 구조 즉시 정맥 내 생리식염수를 성인의 경우 시간당 1000 ml(소아의 경우 체중 시간당 15-20 ml)의 속도로 주입한다. 3-6 L의 수액을 투여하는 초기 6시간 동안 정기적으로 손상자를 확인한다. 인구학적인 특징과 의료적인 증상과 징후, 환경 및 이송 여건 등을 고려하여 수액 투여량을 개별화한다. 추가 수액 투여를 결정하기 위해 소변량과 혈액학적인 상태를 평가한다.
- II.6.C: 소변량을 면밀히 감시한다. 의식이 있는 환자의 경우 용기에 소변을 보도록 하고, 배뇨를 조절하기 어려운 남성의 경우 콘돔 카테터(condom catheter)를 이용한다. 적절한 수액 공급 후에도 소변량이 전무한 경우 요도 출혈이나 열상을 배제한 후 배뇨 카테터를 삽입한다.
- II.6.D: 무뇨가 확인되었거나 체액 부족이 배제되고 수액 처치 후에도 소변량이 없는 경우 수액 투여량을 전일에 측정되거나 추정된 수액 손실량에 일당 500-1000 ml를 더한 양의 수액으로 제한한다.
- II.6.E: 수액 투여 후 소변량이 있는 경우(시간당 50 ml 이상) 손상자를 면밀히 감시하기 어렵다면 수액을 하루 3-6 L 정도로 투여한다. 면밀히 감시할 수 있는 경우에는 하루 6 L 이상의 수액을 투여하는 것도 고려한다.

II.7: 구출 후 시행해야 하는 다른 조치들

- II.7.A: 급성콩팥손상과의 관련 여부와 관계없이 기도 폐쇄나 호흡 부전, 통증, 저혈압, 고혈압, 심근 허혈이나 경색, 심부전, 골절, 오염된 상처 등을 포함한 다른 문제들에 대해 치료한다.
- II.7.B: 가능한 빠르게 고칼륨혈증을 진단하고 치료한다.
- II.7.C: 안정이 된 후에는 환자를 가장 빠르게 수용할 수 있는 병원으로의 이송을 준비한다.

- II.7.D: 병상 부족으로 환자를 집으로 보내는 경우, 환자에게 적어도 3일 동안 매일 소변 색깔과 양을 확인하고, 소변량이 감소하거나 소변색이 진해지고, 부종이나 오심이 관찰되는 등 압궤증후군이 의심되는 경우 곧바로 의료진의 도움을 받도록 교육한다.

Section III. 병원 입원 후 개입

III.1: 입원 시 모든 환자에 대한 일반적인 처치

- III.1.A: 손상자를 적절한 치료 구역으로 분류한다.
- III.1.B: 압궤 환자의 치료를 위해 검증된 외상 및 급성공팔손상 권고안을 따른다.
- III.1.C: 신체 검진을 통해 체액 상태를 평가한다. 가능하다면 중심정맥압(CVP)을 이용하고, 이것이 불가능한 상황이라면 상대적인 변화를 고려해 체액 상태를 판단한다.
- III.1.D: 혈량저하 손상자의 경우 원인을 규명하고 교질(colloid)보다 크리스털로이드(crystalloid)를 이용해 치료한다.
- III.1.E: 모든 상처는 오염이 된 것으로 가정한다. 괴사나 심각한 감염이 있는 경우 항생제와 더불어 외과적인 괴사 조직 제거를 고려한다. 항생제를 투여하기 전에 배양 검사를 시행한다. 개방된 상처가 있는 모든 환자에게, 지난 5년 이내에 예방접종을 시행한 것이 확실하지 않은 경우, 파상풍 변성독소(toxoid)를 투여한다.
- III.1.F: 저체온증이 있는 경우 교정한다.
- III.1.G: 의료적, 사회적, 법률적인 상황에 대비하여 환자의 기록을 보관한다.

III.2: 입원 시점에서 압궤증후군 환자에 대한 특수한 처치

- III.2.A: 상처가 경미하더라도 모든 재해 손상자에게 압궤증후군의 증상이나 징후가 있는지에 대해 확인한다.
- III.2.B: 투여되는 모든 수액을 확인하고 칼륨이 포함된 수액을 배제한다.
- III.2.C: 가능한 빠르게 혈청 칼륨 농도를 확인한다. 유용한 검사 시설이 없거나 검사가 지연되는 경우 현장 내 치료(point-of-care) 장치(예: iSTATr)를 이용하거나 고칼륨혈증의 확인을 위한 심전도를 시행한다.
- III.2.D: 고칼륨혈증을 즉시 치료하고 보다 확실한 2차 긴급 조치를 시행한다. 1) 응급 조치에는 글루콘산칼슘(calcium gluconate), 포도당-인슐린 혼합수액(glucose-insulin), 탄산수소소듐(sodium bicarbonate), 베타2 작용제(β2-agonist)가 있다. 2) 2차 긴급 조치에는 투석과 케이엑살레이트(kayexalate)가 있다.
- III.2.E: 요도 출혈이나 열상을 배제한 후 모든 압궤 손상자에게 도뇨관을 삽입하고 소변량을 확인한다. 핏뇨, 무뇨가 확인된 급성공팔손상 환자나 정상적인 공팔 기능으로 회복한 환자의 경우에는 도뇨관을 제거한다.
- III.2.F: 요 시험지(Dipstick) 방식으로 요 검사를 시행하고, 가능하면 현미경적인 검사도 수행한다.

III.2.G: 핏노 환자에서 체액 과부하가 있는 경우 수액 투여를 제한하고 필요에 따라 투석과 함께 또는 단독으로 초여과를 시행한다.

III.2.H: 산증이나 알칼리증, 증상을 동반한 저칼슘혈증, 감염 등과 같은 공존하는 응급 상황을 치료한다.

Section IV. 압케증후군 손상자에서의 근막절개술과 절단

IV.1: 근막절개술

IV.1.A: 신체 징후나 구획 내 압력 측정을 통해 확실한 적응증이 아닌 경우 일상적으로 근막절개술을 시행하지는 않는다.

IV.1.B: 금기가 아니라면 예방적인 조치로 구획 내 압력의 증가를 치료하기 위해 마니톨(mannitol) 투여를 고려한다.

IV.2: 절단

IV.2.A: 손상된 사지에 의해 환자의 생명이 위태로운 경우 절단한다.

IV.2.B: 엄격한 적응증에 근거하여 절단술을 시행한다.

IV.2.C: 명백한 적응증의 경우 가능한 빠르게 절단술을 시행한다.

Section V. 압케증후군 손상자에서 급성콩팥손상의 예방 및 치료

V.1: 압케 관련 급성콩팥손상의 예방

V.1.A: 압케 관련 급성콩팥손상 환자의 예방 및 조기 치료는 일반적인 급성콩팥손상의 원칙과 동일하게 적용하는 것을 고려한다.

V.1.A.1: 혈량저하 환자에서는 정상 혈량을 유지하기 위해 조기에 빠르게 수액 치료를 시작하고, 정상 혈량의 환자에서는 적절한 소변량을 유지하기 위해 수액을 유지한다.

V.1.A.2: 압케 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 지속신대체요법(CRRT)이나 고리작용 이뇨제(loop diuretics), 도파민(dopamine)과 같은 증명되지 않은 개입을 시행하지 않는다.

V.2: 압케 관련 급성콩팥손상 환자의 핏노 기간 동안의 보존적인 치료

V.2.A: 치료적인 접근 방법을 결정할 때, 초기에는 핏노를 보이거나 후반에는 다뇨로 진행하기 때문에 항상 소변량을 고려해야 한다.

V.2.B: 환자의 핏노가 유지되는 동안:

V.2.B.1: 콩팥 기능의 회복을 방해하는 요소(예: 신독성 물질, 요도 폐쇄, 요로 또는 전신 감염증, 저혈압, 고혈

압, 심부전, 위장관 출혈, 빈혈)를 예방하고, 제거하고, 치료한다.

V.2.B.2: 가능한 빠르게 체액량과 전해질 균형을 감시하고 이상 소견을 치료하기 위해 적어도 하루 2회 혈청 칼륨 농도를 측정하고, 수분 섭취 및 소실과 혈청 나트륨, 인, 칼슘은 적어도 하루 한 번 측정한다.

V.2.B.3: 적어도 하루 한 번 혈액 가스 분석을 시행한다. 혈청 수소이온농도(pH)가 7.1 미만으로 감소하면 중탄산염(bicarbonate)을 투여한다. 이후에도 수소이온농도가 계속 감소하는 경우 중탄산염 투여량을 증량한다. 단, 중탄산염은 투석이 가능해질 때까지 일시적으로 사용한다.

V.2.B.4: 분해대사 작용을 예방하고 상처 치유를 돕기 위해 균형 잡힌 단백질과 탄수화물, 지방 섭취로 적절한 영양 상태를 유지한다.

V.2.B.5: 지속적으로 내과적, 외과적인 합병증을 평가하고 적절히 치료한다.

V.3: 압궐 관련 급성콩팥손상 환자에서의 투석 치료

V.3.A: 투석은 인명 구조를 위함이다. 체액 상태나 전해질, 산염기 균형에 변화가 발생하는 경우 재난 압궐 손상자에게 투석을 할 수 있도록 가능한 모든 노력을 다해야 한다.

V.3.B: 투석 용량을 개별화한다. 투석의 빈도나 강도를 결정함에 있어 생명을 위협하는 요독 관련 합병증을 교정하는 것을 목표로 한다.

V.3.C: 적절한 시기에 투석을 시행할 수 있도록 투석의 적응증이 발생하는지에 대해, 특히 고칼륨혈증이나 체액 과부하, 심한 요독증 발생에 대해 면밀히 감시한다.

V.3.D: 시행 가능성이나 환자의 상태에 따라 지속신대체요법(CRRT)이나 복막투석(PD)을 적용할 수 있으나, 간헐혈액 투석(intermittent HD)을 우선적인 치료 방법으로 한다.

V.3.E: 출혈 경향을 보이는 환자의 경우 항응고제를 사용하지 않고 혈액투석을 시행하거나 복막투석을 시행한다.

V.3.F: 투석 치료를 중단하는 경우 투석 치료의 재개를 요하는 임상적, 실험실적 검사 결과의 악화에 대해 면밀히 감시한다.

V.4: 다뇨 시기의 압궐 관련 급성콩팥손상의 치료

V.4.A: 압궐 관련 급성콩팥손상의 회복기에 다뇨 시기에 특징적인 저혈량증을 예방하고 전해질 균형을 유지해야 한다.

V.4.B: 콩팥 기능이 회복하기 시작하면 점진적으로 수액 공급량을 줄이고 임상적, 실험실적 소견을 면밀히 감시한다.

V.5: 장기 추적 검사

V.5.A: 퇴원 후에도 늦게 발생하는 콩팥 및 전신 합병증의 발생을 확인하기 위해 압궐증후군 손상자를 적어도 일년에 한 번 평가한다.

Section VI. 압계 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료

VI.1: 압계 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료

- VI.1.A: 개입을 최적화하고 결과를 개선하기 위해 압계 관련 급성콩팥손상의 합병증을 미리 예측하고 예방한다.
- VI.1.B: 감염을 조기에 적절하게 진단하고 치료한다.
- VI.1.C: 균혈증과 패혈증이 발생하지 않도록 가능한 빠르게 혈관 내 카테터(catheter)를 제거한다.
- VI.1.D: 구획증후군으로 인한 말초신경병증을 척수 손상으로부터 구분하여 적절한 치료법을 결정한다.
- VI.1.E: 심리적 지원을 제공하고, 특히 자살 사고가 있는 압계 손상자의 경우 친인척이나 직원, 가까운 제3자를 가까이 있도록 한다.

Section VII. 압계증후군 손상자 치료에 대한 물류 관리 문제

VII.1: 재난 구호를 위한 물류 관리 지원

- VII.1.A: 효과적인 물류 관리 지원을 조직하기 위해 대규모 재난의 심각성과 범위를 조기에 평가한다.
- VII.1.B: 효과적인 구조 계획을 수립하기 위해 가능한 한 빨리 압계 손상자의 수와 발생률을 추정한다.
- VII.1.C: 물자 손상이나 부족과 관련된 문제를 배제하기 위해 지역 의료 시설의 상태를 평가한다.
- VII.1.D: 압계 손상자들을 가능한 빨리 재난 지역으로부터 보다 안전하고, 멀리 떨어져 있으며, 잘 갖추어진 시설로 이송한다.
- VII.1.E: 적절한 의료 체계를 마련하기 위해 입원의 빈도와 시기를 예측한다.
- VII.1.F: 정신건강학적인 문제와 의료적 위험성의 발생을 예방하기 위해 재난 지역으로부터 시신을 가능한 빠르게 수습한다.

VII.2: 의료 인력 및 물자의 일반적인 수송 계획

- VII.2.A: 의료인의 극도의 피로(burnout)를 예방하기 위해 쉼 없는 활동을 제한한다. 의료진의 소진 여부를 평가할 수 있는 감독관을 파견하고 의료인이 휴식을 취할 시점을 결정하도록 한다.
- VII.2.B: 재난이 일어난 첫 며칠 동안에는 가장 경험이 많은 인력으로 구성한다.
- VII.2.C: 효과적인 외부 지원이 도착할 때까지는 현존하는 의료 자원을 신중하게 이용한다.
- VII.2.D: 대량의 혈액 제제 투여가 예견되는 경우, 혈액 제제의 과잉과 부족을 예방하기 위해 헌혈을 계획하고 요청한다.

VII.3: 콩팥 질환에 대한 의료 인력과 자원의 수송 계획

- VII.3.A: 갑작스러운 압계 손상자의 유입에 대처하기 위해 재난 지역과 주변의 신장내과 부서에서는 구체적인 재난 대비

계획을 갖추어야 한다.

VII.3.B: 적절한 물자 비축 및 외부 지역으로부터의 긴급 지원을 구성하기 위해 압제증후군 손상자의 치료를 위한 의료 소모품의 정확한 수요를 미리 파악해야 한다.

VII.3.C: 투석 인력은 기능하지 않는 센터에서 기능하는 센터로 재배치되어야 한다.

VII.3.D: 유지 투석 환자의 재배치도 미리 계획되어야 한다.

Section VIII. 공팔 재난 대응 프로그램의 확립

VIII.1: 재난 발생 전 준비사항

VIII.1.A: 공팔 재난 대응 전략은 재난 이후에 채택해야 하는 심층적인 계획을 포함해야 한다.

VIII.1.B: 공팔 재난 대응팀은 수행 조정자와 상태 파악 인원, 구조자, 의료진으로 구성되어야 한다.

VIII.1.C: 미리 지역 내 투석 시설과 의뢰할 수 있는 병원을 파악하고 있어야 하며, 이를 통해 재난 직후 효과적인 재난 대응이 전개될 수 있다.

VIII.1.D: 재난이 발생하기 전에 일반인 및 구조 팀, 의료진 및 준의료진, 유지 투석 환자를 대상으로 하는 프로그램이 개발 및 시행되어야 한다.

VIII.1.E: 지역 내/외 의료진 및 준의료진의 배치, 물자의 배분, 투석 치료의 공급에 대한 계획이 미리 이루어져야 한다.

VIII.1.F: 외부 구호 기구들과의 협력을 위해 재난 대응 각본이 준비되어 있어야 한다.

VIII.2: 재난 여파에 대한 대응

VIII.2.A: 공팔재난대응대책반(RDRTF)의 의장 및 지역 내 의견 결정권자들에게 가능한 빨리 연락해야 한다.

VIII.2.B: 사전에 준비된 실행 계획을 역시 사전에 정해진 조정자의 지휘에 따라 가능한 빨리 시행한다.

대량 재난에서 압궐 손상자의 관리에 대한 권고안

Section I. 정의와 기본 개념

Section I.1 재난과 압괴증후군, 급성콩팥손상(AKI), 급성신부전(ARF)과 관련한 용어

• **재난**: 광범위하고 심각한 손해나 손상, 생명이나 재산의 손실을 유발하며 그 규모에 대처하기 위해 특별한 노력이 필요한 상황. 이러한 상황에서 영향을 받은 사회는 그 활동과 제반 시설의 심각한 지장을 겪게 된다.

• **대량 재난**: 지역 체계의 대응 범위를 넘어서는 수의 손상자를 낳는 재난.

• **자연 재난**: 방대한 파괴와 사망, 발생한 지역 사회의 고통을 유발하는 급작스럽고 주요한 자연의 격변(인간 활동에 의한 것이 아님).

• **인재**: 자연 현상에 의한 재난이 아닌, 인간의 파괴적인 행동에 의한 재난.

• **의학적 재난**: 인간과 환경의 관계에 있어 규모면으로 방대한 생태학적인 붕괴의 결과로 의학적인 수준에서 특별한 정도의 노력을 요하는 재난. 종종 타 지역의 도움을 필요로 한다.

• **손상자(피해자)**: 사망하거나, 자연 재난 또는 인재의 외부 공격에 의해 지속적으로 신체적, 물질적, 정신적인 외상을 경험하는 생존자.

• **횡문근융해증**: 외상 또는 비외상적 원인에 의해 골격근에 손상이 발생하여 근육 세포 내의 물질이 순환기 계로 유리되고, 궁극적으로 임상적, 실험실적 결과의 이상을 유발하는 상태. 혈청 크레아틴인산화효소(creatin phosphokinase, CK)에 대한 다양한 역가(500~3000 unit/l)가 진단 기준으로 제시되고 있으나[7-9], 일반적으로 해당 검사실 정상 범위 상한선의 5배 이상으로 CK 수치가 상승하는 경우 횡문근융해증을 고려할 수 있다 [8,10-13].

• **구출**: 파편에 끼어 있는 손상자를 구조하는 행위.

• **구획증후군**: 제한된 해부학적 공간 내의 압력이 20 mmHg 이상으로 상승하여 해당 조직의 허혈성 변화를 유발하는 상태[14,15]. 임계 압력에 도달하면 미세 혈관의 흐름이 손상되고 횡문근융해증과 허혈성 손상을 악화시키며, 특히 신경과 근육의 손상이 심해진다[16,17]. 이러한 상황이 의심되는 경우, 구획 내 압력을 직접적으로 압력 감시기에 연결된 바늘을 사용해서 측정하거나, 간접적으로 사지의 둘레가 증가하는지 확인하거나 임상적 징후를 확인할 수 있다. 대량 재난의 상황에서 임상적 징후 중 직접적인 압력 측정보다 임상적 징후와 사지의 둘레가 증가하는 것에 의존하게 된다[18]. 한 번 허혈이 발생하게 되면, 허혈의 6'P'[통증(pain), 압박감(pressure), 이상 감각(paresthesia), 맥박 소실(pulselessness), 불완전 마비(paresis), 창백(pallor)]가 점차적으로 나타나게 된다 [19]. 이 중 통증은 종종 심각하고 지속적이며, 조기에 발생하므로 즉시 구획증후군의 발생을 인지해야 한다. 맥박 소실은 후기 징후로 많은 경우 비가역적인 허혈을 의미한다. 따라서 많은 경우 이 징후가 발생하기 전에 구획 내 압력을 낮추기 위한 내과적 또는 외과적인 개입이 필요하다 (Section IV 참조). 이 증후군은 복부 외상이나 주요 수술, 급성 췌장염, 복부 동맥류의 파열에 따른 복강 내 고혈압에 의해 발생하는 복부구획증후군과는 완전히 다른 것이다. 후자는 다발성의 장기 기능 장애를 유발할 수 있으며, 급성콩팥손상도 포함된다(아래 참조).

• **압괴(crush, 으스러짐)**: 맞대고 있는 것들 사이의 압박, 압축으로 장기의 손상이나 골절이 유발되는 것.

• **압괴 손상**: 무너지는 자재나 파편들에 의한 직접적인 영향을 받은 신체 부위의 명백한 근육의 부종이나 신경학적인 이상이 발생하는 손상[20].

• **압괴증후군(Crush syndrome)**: 근육 손상에 의해 압괴 손상과 전신적인 징후가 발생하는 것[16,21,22]. 전신적인 징후에는 급성콩팥손상(AKI)과 패혈증, 급성호흡곤

란증후군(ARDS), 파종혈관내응고(DIC), 출혈, 저혈량성 쇼크, 심부전, 부정맥, 전해질 이상, 정신건강학적 외상이 포함된다[20,23].

• **콩팥 재난:** 주요한 외상에 의해 압궤증후군이나 신부전을 겪는 생존 손상자의 수가 상당한 재난[24]. 많은 수의 손상자는 구조 첫 수시간 동안 생존하나 후기에, 특히 투석 시설이 파괴되었거나 대응할 수 있는 범위 이상의 손상이 발생한 경우 사망할 수 있다. 압궤증후군은 재난 직후 생존자 사망의 2번째로 흔한 원인이며, 직접적인 외상의 영향을 받는 가장 흔한 원인이다[25]. 추가적으로, 지역 내 투석 기관의 파괴는 해당 지역의 만성 유지 투석 환자들도 위험한 상황에 처하게 할 수 있다[26-28].

• **신(콩팥)부전:** 사구체여과율이 15 ml/min/1.73m² 미만으로 감소하며, 대부분의 경우 요독 증상이나 징후를 동반하거나 콩팥 기능의 감소에 따른 합병증을 예방하기 위해 신대체요법(RRT)을 시작할 필요가 있는 상황으로, 이환과 사망의 주요 원인이다[29].

• **핍뇨:** 소변량이 하루 500 ml 미만.

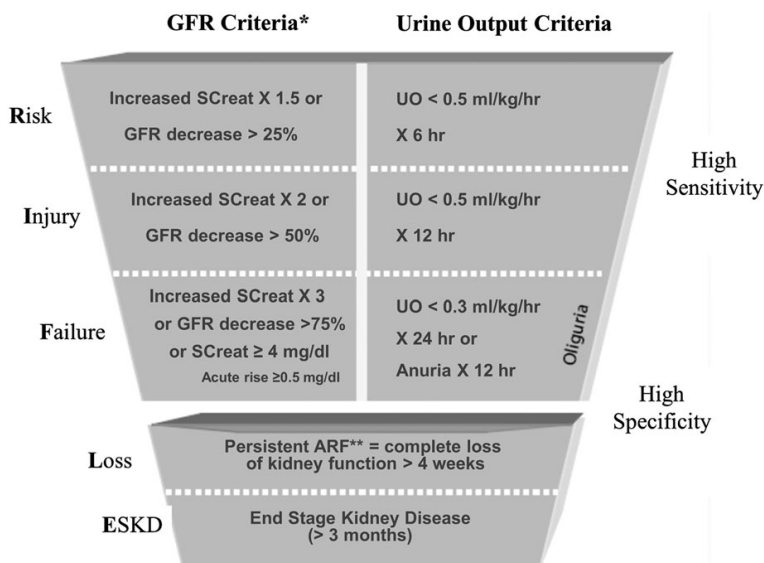
• **무뇨:** 소변량이 하루 50 ml 미만.

• **급성신(콩팥)부전(ARF):** 갑작스럽고 지속적인 콩팥 기능의 감소로 요소(urea)와 크레아티닌(creatinine)과 같은 질소성 및 비-질소성 물질의 적체가 발생하는 것[30]. 최근 이 개념에 대한 심각한 재검토가 이루어졌으며, 급성 콩팥손상(AKI)의 개념이 도입되었다[31,32].

• **급성콩팥손상(AKI):** 이 용어는 콩팥 기능 표지자의 경미한 변화에서 신대체요법을 요하는 경우까지 다양한 정도의 급격한 콩팥 기능의 변화를 아우르는 용어이다. 이는 'RIFLE' 분류법으로 정량화 할 수 있다. RIFLE은 위험(risk)에서 손상(injury), 부전(failure)의 중증도의 악화 단계와 기능 손실(loss)과 말기콩팥병(ESKD)의 두 결과 단계를 의미한다. 세 개의 중증도 단계는 혈청 크레아티닌 또는 소변량의 변화 중 더 좋지 않은 기준에 근거하여 정의된다. 두 가지 결과 기준인 손실(loss)과 말기콩팥병(ESKD)은 콩팥 기능 소실의 기간에 따라 정의된다(그림 1) [32]. 재난 압궤 손상자에서 RIFLE 분류법은 의학적인 합병증의 발생과 치료적인 개입의 필요성, 수송 지원, 퇴원 시점에서의 콩팥 기능을 예견하는 데에 유용하게 활용될 수 있으나 생존 결과를 예견하는 데 한계가 있을 수 있다 [33].

그림 1 급성콩팥손상(AKI)에 대한 RIFLE 분류 기준(허락 하에 [32]에서 수정)

영구적인 급성신(콩팥)부전(loss)은 4주 이상 신대체요법을 요하는 경우로 정의하고, 말기콩팥병(ESKD)은 3개월 이상 투석을 요하는 경우로 정의한다.



* 약어: ARF[급성신(콩팥)부전]; GFR(사구체여과율); SCrea(혈청 크레아티닌 농도); UO(소변량); ESKD(말기콩팥병)

표 1 대량 재난 후 1차 의료 관리가 시행되는 각 장소에서의 개입의 종류[36]

장소	특징	개입 종류	설명
단독 치료 구역	- 의료적 개입을 시행할 수 있는 재난 현장의 모든 장소 - 개입을 위해 의료 인력이 0-1시간 이내에 도착할 수 있어야 함	- 생체 징후 안정	- 의료 개입은 개별적인 의료진에 의해 수행됨 - 손상자는 가능한 빨리 재난 의료 구급 센터로 이송되어야 함(아래 참조)
재난 의료 구급 센터	- 단독 치료 구역으로부터 손상자가 모이는 장소 - 각 센터는 반경 3-4 km 이내의 손상자들을 수용할 수 있어야 하며, 근처에 헬리콥터 착륙이 가능한 장소가 있어야 함 - 각 장소마다 최소 3명의 의사가 있어야함; 2명이 12시간 간격으로 교대 근무하며, 나머지 1명은 유사시 지원 인력	- 1차 의료 수행	- 이 구역의 구조자들은 가장 가까운 손상자 모 집 구역(아래 참조) 및 주변의 병원에 대한 정보를 수집해야 함
손상자 모집 구역	- 단독 치료 구역 및 재난 의료 구급 센터로부터 모인 손상자들을 위한 구역 - 쇼핑물 주차장이나 스포츠 구장, 골프장과 같이 넓고 개방된 공간이 이 구역에 유용함 - 재난 지역 내에서 균등하게 분포되어야 함 (약 15 km 간격)	- 의료 물자 보관 - 인력 파견 - 환자 소개 - 선별 분류 및 심층 의료 관리	- 손상자는 가능한 모든 운송 수단을 이용해서 가능한 빠르게 손상자 모집 구역에서 병원으로 이송되어야 함

Section 1.2 진단 및 치료적 개입과 관련한 용어

• **선별 분류:** 가능한 많은 손상자를 살리기 위한 목적으로 적절한 치료를 받을 필요성과 장소의 우선 순위를 결정하기 위해 손상자를 분류하는 것. 선별 분류는 개입을 통해 가장 많이 이득을 얻을 수 있는 환자에게 의료 자원을 할당하기 위함이다[34]. 선별 분류는 매 단계, 매 장소(재난 현장과 재난 지역의 병원, 2차 또는 3차 케어 센터)에서 시행되어야 한다.

• **1차 조사:** 생명을 위협하는 상태를 확인하는 동시에 치료하는 기초 조사. 실용적인 이유로 손상은 간편한 기억법 ‘A.B.C.D.E’의 순차적인 방식으로 조사가 이루어진다: A는 기도 유지, B는 호흡과 환기, C는 순환, D는 장애(또는 신경학적 평가), E는 노출 또는 손상자의 옷을 완전히 벗기는 것[부록(Appendix) 참조].

• **2차 조사:** 이는 외상 환자에 대한 구체적인 평가를

말하며, 조사가 시행되는 장소에 따라 달라질 수 있다. 재난 현장에서는 1차 조사에서 간과된 손상이 있는지 확인하고 치료하기 위해 몸 전체를 빠르지만 철저하게 확인하는 것으로 구성된다. 그러나 병원에 입원을 하게 되면 2차 조사는 완벽한 병력 청취와 구체적인 신체 검진, 모든 생체 징후의 재사정을 포함해야 하며, 가능하다면 영상학적 검사나 실험실적 검사와 같은 복잡한 조사도 포함된다.

• **근막절개술:** 구획 내 압력을 줄이기 위해 손상된 근육 주변의 근막을 따라 시행하는 외과적인 절개.

• **투석:** 신(콩팥)부전을 치료하기 위한 혈액 정화 방법으로 반투과성 막을 통해 혈액을 통과시킴으로써 요독성 물질 적체를 제거하는 방법. 가용한 투석 방법에는 간헐투석이나 혈액투석여과, 복막투석, 지속동정맥 또는 정정맥 투석/투석 여과가 있다.

• **재난 대응 계획:** 전반적인 재난 대응에 속한 다양한 구성원들에 의한 개입을 기술하는 심층적인 계획. 의학적인 재난 대응 계획은 의료 관리 제공자들을 가능한 빠르게 의료 관리를 제공할 수 있는 팀으로 조직해야 한다. 이러한 팀들의 목표는 현장에서 손상자의 상태를 안정화하고, 미리 정해진 소개 장소 또는 피해를 입지 않은 지역 병원으로의 수송을 용이하게 하는 것이다[35, 36]. 의료적 개입의 종류와 범위, 개입 장소는 재난의 중증도와 시기, 제반 시설의 손상 정도, 인구 밀도, 구조 활동의 잠재적인 효율성, 의학적 개입에 필요한 준비 정도 등에 따라 달라질 수 있다[36,37]. 재난 대응 계획에서 1차 의료 관리는 재난과 개입 사이의 시간 차에 따라 3가지 시기로 나누어 서로 다른 장소에서 제공될 수 있다[36].

● **단독 치료 구역:** 0-1 시간

● **재난 의료 구급 센터:** 1-12 시간

● **손상자 모집 구역:** 12-72 시간

Section II. 재난 현장에서의 개입

II.1: 의료 관리 인력의 상태 결정

II.2: 초기 개입의 계획

II.3: 구출 전 개입

II.4: 구출하는 동안의 개입

II.5: 구출 후 초기 일반적인 처치

II.6: 구출 후 초기 수액 투여 및 소변량 감시

II.7: 구출 후 시행해야 하는 다른 조치들

Section II.1 의료 관리 인력의 상태 결정

II.1 잠재적으로 구조 활동이 가능한 의료 대응 인력은:

- 구조 활동에 참여하기 전에 각자의 재난 관련한 문제들을 해결하고 본인 가족들의 주거 환경과 필요 사항에 대한 계획을 세워야 한다.
- 일반적인 재난 구조 활동에 참여하기 어려운 경우 가능한 즉시 조정권자들에게 알려야 한다; 이 경우 현지 구조와 의료 행위에 일시적으로 참여하는 것을 고려해야 한다.

근거

II.1: 잠재적으로 구조 활동이 가능한 의료 대응 인력은:

- 구조 활동에 참여하기 전에 각자의 재난 관련한 문제들을 해결하고 본인 가족들의 주거 환경과 필요 사항에 대한 계획을 세워야 한다.

대량 재난 후의 환경은 매우 어수선하다. 의료 대응 인력은 재난 현장이나 배정된 병원에서의 과도한 업무량에 압도당할 수 있고, 결과적으로 그들은 집에 수일간 돌아가지 못할 수 있다. 더구나, 가족들과의 소통이 불가능할 수 있다. 따라서 의료 대응 인력은 그들의 가족이 재난 상황에서 살아남기 위한 기본적인 요구 사항들로 인해 그들을 필요로 하지 않는다는 것을 확실히 해야 한다. 또한, 그들은 구조 활동에 온전히 참여하기 전에 집과 음식, 이외의 가족들에게 필요한 것들에 대해 현실적인 계획을 세워야 한다[38].

- 일반적인 재난 구조 활동에 참여하기 어려운 경우 가능한 즉시 조정권자들에게 알려야 한다; 이 경우 현지 구조와 의료 행위에 일시적으로 참여하는 것을 고려해야 한다.

재난 발생 후 상당수의 의료 대응 인력은 지역 내의 다른 사람들과 마찬가지로 일종의 손실을 경험할 수 있기 때문에 신체적, 정신적으로 의료 대응 활동을 수행하는 데 지장이 있을 수 있다[28]. 예를 들면, 고베와 마르마라 지진 발생 후 의료 인력과 그들의 가족의 손상이나 교통난에 의해 구조 지원 가능성이 영향을 받았다[25,28,39]. 의료 인력이 병원에 도착할 수 있더라도 정신적인 쇼크나 애도 상태가 그들의 업무 능력을 제한할 수 있다[37,40,41]. 따라서 의료 대응 인력은 그들이 적절하게 활동을 할 수 없는 경우 즉시 조정권자들에게 상황을 알려 적절한 대안을 적시에 찾을 수 있도록 해야 한다.

Section II.2 초기 개입의 계획

II.2: 도움을 제공하고자 하는 개인이나 단체는 개입 위치와 종류, 개입의 정도에 대해 사전에 준비해야 한다.

근거

II.2: 도움을 제공하고자 하는 개인이나 단체는 개입 위치와 종류, 개입의 정도에 대해 사전에 준비해야 한다.

재난 발생 후 의료 인력은 재난 현장, 현장 내 병원, 병원의 응급실, 병원 병동 등 다양한 장소에서 구조 활동을 시행할 수 있다[1,37]. 따라서, 재난이 자주 발생하는 지역에 거주하는 의료 인력은 조직화된 지역 내 재난 대응 계획에서 미리 그들의 역할을 정해야 한다[42]. 현장이나 현장 내 병원에서의 활동은 복잡하고 신체적으로나 정신적으로 까다로울 수 있는데, 생존 가능성이 낮은 환자를 포기하는 것을 포함하는 어려운 선별 분류를 하거나 손상자나 손상자 가족들의 스트레스와 과격한 행동을 견뎌내야 한다. 대재앙의 상황에서 이러한 도전적인 상황을 해결할 수 없는 의료 인력은 그들의 한계를 인지하고 죄의식 없이 포기함으로써 다른 인력이 필요한 임무를 수행할 수 있도록 해야 한다[37]. 이전에 재난 현장에 대한 경험이 없는 사람은 구조 활동의 경험이 있는 사람들의 지휘하에 행동해야 한다. 지역 내 잠재적 구조 활동의 종류와 범위에 대해 결정하는 것이 중요하다. 전반적인 재난 상황(중증도, 시기, 재난 지역의 인구 밀도)과 지역 내 제반 시설의 손상(통신 가능성, 전기나 수도, 교통, 병원 상태), 수송 상태(구조 팀 유용 가능성, 지역 내 또는 외부의 물자와 자원 유용 가능성) 등을 모두 고려해야 한다[43]. 또한, 개입이 이루어지는 장소(단독 치료 구역, 재난 의료 구급 센터, 손상자 모집 구역)의 특성 또한 고려해야 한다[36](표 1 참조).

Section II.3 구출 전 개입

II.3.A: 손상된 건물에 접근하는 경우 개인 신변의 안전을 확실히 해야 한다. 부분적 또는 완전히 무너진 건물에서의 직접적인 손상자 구출에는 참여하지 않는다. 이미 구조된 손상자에 대한 도움과 치료에 집중한다.

II.3.B: 끼인 손상자와 압제 손상자에 대한 생명 유지 및 수액 치료, 압제 관련 급성콩팥손상(AKI)에 익숙해져야 한다.

II.3.C: 구출 전이라도, 연락을 받은 즉시 끼인 손상자에 대한 의학적 평가를 시작한다.

II.3.D: 손상자가 파편 아래에 있는 경우라도 손이나 발에 큰 직경의 정맥 주입 접근로를 확보한다. 첫 2시간 동안 성인

의 경우 시간당 1000 ml의 속도, 아동의 경우 체중 시간당 15-20 ml의 속도로 생리식염수 투여를 시작한다; 이후 성인은 시간당 500 ml, 소아는 체중 시간당 10 ml 이하의 속도로 감량한다. 적은 양이라도 칼륨을 포함하고 있는 수액(예: Ringer's lactate)은 사용하지 않는다.

II.3.E: 현장에서 구조 인력과 의료 인력이 합동으로 구출 시기를 계획하고 결정한다. 가능하다면 구출하는 동안에도 손상자를 재평가한다.

근거

II.3.A: 손상된 건물에 접근하는 경우 개인 신변의 안전을 확실히 해야 한다. 부분적 또는 완전히 무너진 건물에서의 직접적인 손상자 구출에는 참여하지 않는다. 이미 구조된 손상자에 대한 도움과 치료에 집중한다.

심하게 손상을 입은 건물은 여진 동안 무너질 수 있고 끼인 손상자를 구출하고자 하는 구조자들이 손상을 입을 수 있다. 구조 활동에 경험이 없는 의료(준 의료) 구조자들은 그들 스스로 손상자가 될 수가 있기 때문에 구출 활동은 특수 구조자들에게 맡겨야 한다[44]. 의료 구조자들은 치료적인 개입의 자격이 있으므로 그 활동을 의료적 개입에 국한해야 한다. 그들은 이미 구출된 손상자들을 돌보는 것에 의미가 있다[45].

II.3.B: 끼인 손상자와 압제 손상자에 대한 생명 유지 및 수액 치료, 압제 관련 급성콩팥손상(AKI)에 익숙해져야 한다.

적절한 기도 유지, 출혈 예방, 골절 안정화, 수액 치료, 저체온증 조절 등의 간단하고 주의깊은 내과적, 외과적인 개입을 통해 조기 사망의 13-40%를 예방할 수 있다[46]. 이는 구출 전이나 구출 과정 동안 끼인 손상자들에게 기초적인 생명 유지나 수액 치료에 경험 있는 의료 인력의 참여가 중요하다는 것을 의미한다. 의료 인력이 항상 유용하지는 않기 때문에, 모든 구조 팀원들은 지연된 사지 압박과 관련한 문제들을 인지하고 치료하는 훈련을 받아야 하며, 잠재적인 합병증에 대한 치료제와 적절한 수액을 구비해야 한다[47].

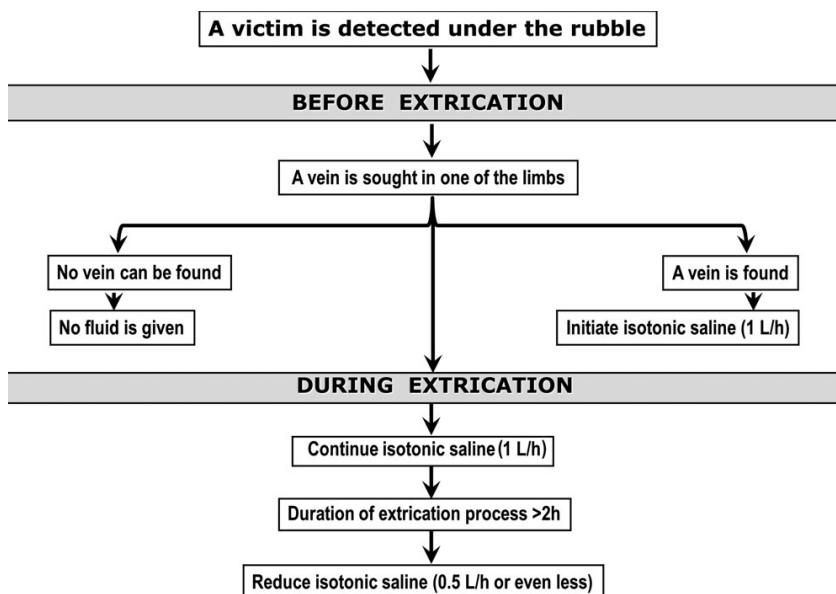
II.3.C: 구출 전이라도, 연락을 받은 즉시 끼인 손상자에 대한 의학적 평가를 시작한다.

중대한 지진이 발생한 후 약 20%의 사망은 구출 직후에 발생한다[46]. 이들 중 일부 손상자들은 구출 전에는 상대적으로 안정적이었다가 구출 후 갑자기 악화되기 시작한다(구조 사망). 이는 외상을 입은 사지로 관류가 재개되고 조직 손상 물질들이 전신 순환계로 유입이 되는 것으로 인해 발생한다[48,49]. 이러한 악화되는 상황과 관련한 합병증을 예방하기 위해, 가능하다면, 파편 아래에 있는 동안에도 끼인 손상자들을 임상적으로 평가하는 것이 필요하며, 이를 통해 치료적 결정, 특히 수액 주입과 관련한 결정을 할 수 있다. 현장에서 의료적인 개입을 받은 끼인 손상자는 구출 과정에서 보다 안정된 상태를 유지할 수 있다[50,51]. 구출 과정이 먼저 수행되면 완전한 1차 평가가 불가능할 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 구두로 물어보거나 직접적으로 검진을 하는 등 모든 수단을 동원해서 손상자의 신체적인 상황을 파악해야 한다(끼임의 종류와 장소, 위치, 생체 징후의 손상이나 출혈, 체액량 상태, 주관적인 증상의 정도 등) [46].

II.3.D: 손상자가 파편 아래에 있는 경우라도 손이나 발에 큰 직경의 정맥 주입 접근로를 확보한다. 첫 2시간 동안 성인의 경우 시간당 1000 ml의 속도, 아동의 경우 체중 시간당 15-20 ml의 속도로 생리식염수 투여를 시작한다; 이후 성인은 시간당 500 ml, 소아는 체중 시간당 10 ml 이하의 속도로 감량한다. 적은 양이라도 칼륨을 포함하고 있는 수액(예: Ringer's lactate)은 사용하지 않는다.

충분하지 않은 수액 보충이나 압궐 손상 후 6시간 이상 지연된 수액 처치는 급성콩팥손상의 발생 위험을 상당히 높인다[52]. 많은 압궐 사망에서 급성콩팥손상은 적절한 초기 수액 치료를 통해 예방될 수 있는데[53,54], 일단 급성콩팥손상이 발생한 후에는 투석을 포함한 광범위한 후속 치료가 필요하다. 대량 재난 상황에서 유용한 투석 센터가 제한될 수 있다는 것, 후기의 수액 치료에 대한 반응이 좋지 않을 수 있다는 것을 고려하면, 일부 압궐 관련 급성콩팥손상 환자들이 적절한 치료를 받지 못하게 될 수도 있다[55]. 어떠한 수를 쓰더라도 이러한 상황은 피해야 한다. 가능한 빠르게 생리식염수를 투여하고, 이상적으로는 손상자가 파편에 묻혀 있는 상태에서도 수액을 투여해야 한다[50, 51]. 수액은 성인의 경우 시간당 1000 ml, 소아의 경우 체중 시간당 15-20 ml의 속도로 투여하는 것이 대부분의 손상자들에게 적절하다(그림 2).

그림 2 대량 재난에서 끼인 성인 손상자의 구출 전과 구출하는 동안 수액 투여 프로토콜



말초 정맥 접근로를 확보하기 어려울 경우에는 시중에 판매되는 kit를 사용하여 뼈 사이로의 투여를 고려한다[예: EZ-IO 골내 주입 시스템(intraosseous infusion system)(Vidacare, San Antonio, TX, USA)]. 그러나 혼란스러운 재난 현장 상황에서 시중에 판매되는 키트(kit)를 구하기 어려울 수도 있고, 이 키트에 대해 충분한 경험이 있는 의료진이 없을 수도 있어 이러한 개입이 불가능할 수도 있다. 정맥이나 뼈 사이로의 투여 접근로가 모두 불가능한 경우 약 1 ml/min의 속도로 생리식염수를 피하로 투여하는 피하주입(hypodermoclysis)을 고려해볼 수 있다. 피하주입의 경우 한 개 이상의 접근로를 확보하는 경우 하루 3 L 정도의 수액을 투여할 수도 있다. 이 방법은 다량의 수액 투여가 필요한 환자에게 이상적인 방법은 아니지만 재난 상황에서는 아무것도 하지 않는 것보다는 나을 수 있다. 출혈 경향이 있거나 말초 부종이 있는 환자에서는 피하주입이 적합하지 않을 수 있다[56].

생리식염수가 구하기가 쉽고 체액을 보충하는 데 효과적이므로 첫 번째로 고려해야 하는 수액 형태이다[57, 58]. 일부 연구에서 Ringer's lactate 수액이 혈청 칼륨 수치에 영향을 미치지 않는다고 보고했으나[59,60], 이 연구들은 입원할 때 저칼륨혈증이 있는 환자들을 대상으로 수행되었다. 급성콩팥손상의 위험이 있는 전형적인 압제 손상자들에서는 치명적인 고칼륨혈증이 발생할 수 있으므로 적은 양의 칼륨을 포함하고 있는 수액도(예: Ringer's lactate) 사용을 피해야 한다.

II.3.E: 현장에서 구조 인력과 의료 인력이 합동으로 구출 시기를 계획하고 결정한다. 가능하다면 구출하는 동안에도 손상자를 재평가한다.

재앙적인 지진에서 파편 아래 깔려 있는 시간(time period under the rubble: TPR)은 재난의 중증도나 해당 지역의 인구 밀도, 건물의 구조적 상태, 구조 작업의 효율성 등 여러 가지에 의해 영향을 받게 된다. 재난 후 13일째에도 살아있는 상태에서 구조된 손상자들이 있다[44,61]. TPR은 직접적으로 이환율과 생존율에 영향을 미치는데[42,62,63] 이는 적절한 치료 수혜의 지연을 유

발하기 때문이다. TPR과 압제증후군 발생의 연관성에 대한 문헌들은 상반된 결과들을 보고하고 있다. 일부 연구는 긴 시간 끼어 있는 상태로 있을수록 급성콩팥손상 발생 위험이 증가한다고 보고한 반면[64-66], 다른 연구는 반대의 결과를 보고했다[61,67,68]. 실제로 0.5-4시간의 짧은 시간 동안에도 많은 재난 상황에서 압제 관련 급성콩팥손상이 발생했다[20,69-71]. 마르마라 지진에서는 파편 아래에 오랫동안 있던 환자들의 콩팥 기능이 더 좋다고 보고되었다[72,73]. 이러한 결과는 긴 시간 끼어 있었음에도 불구하고 생존 상태로 구조된 손상자들이 상대적으로 손상 정도가 적었을 수 있는 선택 편향에 의할 수도 있다[65,73,74]. 따라서, TPR 자체보다 근육 손상의 정도가 급성콩팥손상의 주요 결정 인자라고 할 수 있다.

중대한 출혈이나 기도 폐쇄와 같은 생명을 위협하는 합병증이 끼인 상태에서 발생할 수 있고, 구조 활동을 진행하는 동안에도 2차적인 손상이 지속될 수 있기 때문에 구출 인력 및 다른 의료 관리 제공자들과 구출의 이상적인 시점과 방식을 상의해야 한다. 응급 상황의 경우 빠른 개입이 필요할 수 있으므로(예: 심한 출혈) 구출 전체 과정에서 지속적으로 손상자들을 재평가하는 것이 중요하다. 골반이 끼인 손상자와 발이 심장보다 높은 위치에 있는 손상자의 경우 적극적인 수액 치료로 인해 폐울혈이나 2차적인 호흡 부전이 발생할 수 있으므로 특별히 주의를 기울여야 한다. 그러한 경우, 가능하다면 호흡 수와 폐음을 면밀히 감시하는 것이 중요하다.

Section II.4 구출하는 동안의 개입

II.4.A: 구출이 진행되는 동안(통상 45-90분) 시간당 1000 ml의 속도로 생리식염수를 투여한다. 구출이 2시간 이상 지연되는 경우 수액 주입 속도를 시간당 500 ml를 넘지 않도록 감량하되, 손상자의 나이와 체중, 외상 양상, 주변 온도, 소변량, 전반적인 추정 체액 손실량에 따라 속도를 조정한다.

II.4.B: 현장에서의 절단은 압제증후군의 예방이 아닌, 손상자를 현장에서 꺼내기 위한 것 등 인명 구조 개입의 목적으로만 시행한다.

근거

II.4.A: 구출이 진행되는 동안(통상 45-90분) 시간당 1000 ml의 속도로 생리식염수를 투여한다. 구출이 2시간 이상 지연되는 경우 수액 주입 속도를 시간당 500 ml를 넘지 않도록 감량 하되, 손상자의 나이와 체중, 외상 양상, 주변 온도, 소변량, 전반적인 추정 체액 손실량에 따라 속도를 조정한다.

끼인 손상자에 대한 구조 시기는, 재난의 중증도나 대응팀 수송의 효율성, 재난 지역 및 환자의 상태 등의 변수가 있기는 하나, 대개 45-90분, 경우에 따라서는 4-8시간 정도이다. 따라서, 저혈량증을 예방하고 교정하기 위해 가급적이면 생리식염수를 시간당 1000 ml의 속도로 투여한다. 수액을 빠르게 투여하는 경우 림프 손상자에서, 특히 구출이 2시간 이상 지속되는 경우, 체액 과부하를 유발할 수 있다. 그러한 경우에는 수액 투여 속도를 적어도 50% 이상, 시간당 500 ml 미만으로 감량하거나 적절하게 조절해야 한다(그림 2)[75].

수액 투여 속도에 영향을 미치는 다른 요소들에는 다음과 같은 것들이 있다: 나이(고령이나 소아의 경우 체액 과부하에 취약할 수 있다), 체질량 지수(체질량 지수가 큰 손상자일수록 더 많은 수액이 필요하다), 외상의 양상(심각한 외상의 경우 더 많은 수액 투여가 필요하다), 파편 밑에 깔려 있던 시간(구출이 상당히 지연된 손상자에게 더 많은 수액 투여가 필요하다), 추정 체액 소실량(출혈이 있거나 주변 환경 온도가 높은 경우 더 많은 수액이 필요하다).

울혈성 심부전이나 만성콩팥병과 같은 동반 질환이 있는 경우 이에 대해서도 고려해야 한다. 손상자에게의 접근이 어려운 경우 속옷을 만져 소변량을 사정하도록 노력해야 한다. 출혈과 관련이 없는 축축함이 확인되면 소변이 나오는 것으로 간주하고 권고된 속도대로 수액을 투여해 볼 수 있다.

II.4.B: 현장에서의 절단은 압괴증후군의 예방이 아닌, 손상자를 현장에서 꺼내기 위한 것 등 인명 구조 개입의 목적으로만 시행한다.

끼여 있는 사지를 빼내는 것이 불가능하거나 건물

이 곧 무너질 위험이 있는 경우 등 손상자를 빠르게 빼내야 하는 경우가 있다[76,77]. 이러한 경우 끼여 있는 사지에 대해 가능한 말초에 가깝게 단두대 절단(guillotine amputation)을 시행할 수 있다. 이러한 경우 절단 직후 심한 출혈을 예방하기 위해 상처 부위 위쪽으로 압박띠(tourniquet)를 거치한다; 환자를 구출한 후에는 압박띠를 제거하고 적절한 지혈을 시행한다.

광범위한 조직 괴사를 동반한 심각한 외상을 입은 사지는 전신으로 근색소(myoglobin)를 배출하는 잠재적인 원인이 될 수 있다; 따라서 절단술이 압괴증후군을 예방할 수 있다. 그러나, 절단은 그 자체로 재난 손상자의 사망률과 관련이 있다[23]; 재난 현장에서의 절단은 심각한 출혈과 2차 감염 등의 이유로 사망률을 더 높일 수 있기 때문에 압괴증후군을 예방하기 위한 목적이 아닌, 인명 구조 개입의 목적으로만 수행되어야 한다[49,76].

절단이 필요한 경우 경정맥 케타민(ketamine, 1-2분에 걸쳐 체중당 1-4.5 mg 투여)이 진정 작용 및 진통, 기억 소실 등을 일으키고 자발적인 환기와 구역 반사를 유지하므로 마취제로 적절하다[78].

Section II.5 구출 후 초기 일반적인 처치

II.5.A: 구조적으로 무너진 장소로부터 가능한 빠르게 구출된 손상자를 빼낸다. 신체 징후를 측정하고 필요한 의료 개입의 정도와 종류를 결정하기 위한 1차 조사를 시행한다. 치료의 우선 순위를 결정하기 위해 생존 가능성이 낮은 손상자를 선별 분류한다.

II.5.B: 생명을 위협하는 출혈의 경우에만 동맥 압박띠(tourniquet)를 적용한다.

II.5.C: 경미한 손상이나 초기에 명백한 압괴 징후가 없는 경우라도, 1차 조사를 진행하는 동안 발견하지 못한 손상을 진단하고 처치하기 위해 가능한 빠르게 손상들을 정리하고 압괴증후군의 후기 징후(소변량의 감소나 진한 소변, 요독 증상) 등을 포함한 2차 조사를 시행한다.

근거

II.5.A: 구조적으로 무너진 장소로부터 가능한 빠르게 구출된 손상자를 빼낸다. 신체 징후를 측정하고 필요한 의료 개입의 정도와 종류를 결정하기 위한 1차 조사를 시행한다. 치료의 우선 순위를 결정하기 위해 생존 가능성이 낮은 손상자를 선별 분류한다.

피해 건물은 1차 충격 후 언제라도 여진에 의해 무너질 수 있다. 이러한 경우 피해 건물(또는 명백하게 피해를 입지 않은 건물)에 가까운 곳에서 손상자를 평가하고 치료하는 것은 위험할 수 있다; 손상자를 가능한 빨리 안전한 장소로 옮겨야 한다.

구조 후에는 생명을 위협하는 손상을 진단하고 치료하기 위해, 긴급한 치료가 필요한 손상자를 파악하기 위한 초기의 체계적인 평가를 수행해야 한다.

고급외상생명구조(ATLS)에서는 두 단계로 손상을 평가할 것을 권고한다: 잠재적으로 치명적인 손상을 파악하기 위한 빠른 1차 조사와 보다 충분한 평가를 하는 2차 조사(Section I.2, i5와 부록, i49 참조)[79].

1차 조사는 생명을 위협하는 손상을 빠르게 인지하고 동시에 치료가 필요한 손상자를 가리기 위한 간편한 기억법 'A.B.C.D.E.'에 근거한 잘 확립된 프로토콜에 따라 시행한다(표 2).

표 2 1차 조사 진행 순서

A	경추 보호와 함께 기도 유지 Airway maintenance with cervical spine protection
B	호흡 및 환기 Breathing and ventilation
C	출혈 제어와 함께 순환 유지 Circulations with hemorrhage control
D	신경학적 이상 확인 Disability assessment of neurological status
E	노출(저체온의 위험이 없는 경우 완전히 탈의) 및 환경 Exposure and Environment(completely undress the patient unless there is a risk of hypothermia)

손상자가 의식이 있고 말을 할 수 있으며 사지를 움직일 수 있는 경우, 기도가 확보되어 있고 산소가 뇌로 잘 전달이 되며 주요한 중추 신경 손상이 없다고 판단할 수 있다. A.B.C.D.E. 조사에서 주요 병변이 없다고 판단되는 경우 아래에 기술된 대로 치료를 시작한다.

그러나 환자가 반응이 없거나 눈으로 보이는 잠재적으로 생명을 위협하는, 또는 관통형 외상이 있는 경우 치료 진행 여부를 결정하기 위해 수송 현황(재난의 중증도 및 해당 지역의 인구 밀도, 제반 시설의 손상 정도, 의료 관리 인력의 유용성, 교통 상태) 및 의료적인 여건(손상자의 특징, 외상의 종류와 정도, 신체 검진상 이상의 정도)을 고려해서 선별 분류를 시행한다.

선별 분류는 가능한 많은 생명을 구하기 위해 치료의 우선 순위와 적절한 치료의 장소를 결정하기 위해 손상자를 분류하고 등급화하는 것이다[부록(Appendix) 참조]. 이는 제한된 의료 자원을 가장 많은 이득을 볼 수 있는 환자에게 배정하기 위함이다[34,81]. 대량 재난 상황에서는 시간과 자원을 절약하기 위해 현장에서 생존 확률이 50% 이상인 경우에 치료한다[36]. 생존 확률이 낮은 경우는 심각한 두부 손상이나, 다발성 손상, 심정지, 심각한 화상, 출혈성 쇼크를 동반한 환자들이다[82]. 이송이나 외과적인 처치를 곧바로 시행할 수 없는 경우에는 고식적인 치료를 고려한다.

고베 지진 압괴 손상자들에 대한 분석에서 현장에서 확인이 가능한 13개의 위험 인자들(환자들의 특징(나이, 성별), 시간(구조 시점, 이송 시간), 손상 부위(상지, 하지, 몸통, 골반 골절), 1차 평가 시의 신체 검진(수축기 혈압, 맥박, 호흡 수, 소변 색깔) 중 3가지(분당 120회 이상의 맥박, 3시간 이상의 지연된 구조, 소변 색 이상)만이 혈액투석 시행이나 사망을 예측하는 주요 인자들이었다[83].

그러나 재난이 대량 재난이 아니고 적절한 수의 의료 인력을 동원할 수 있는 경우에는 손상의 정도에 관계없이 모든 손상자들에게 적절한 의료적인 관리를 제공해야 한다.

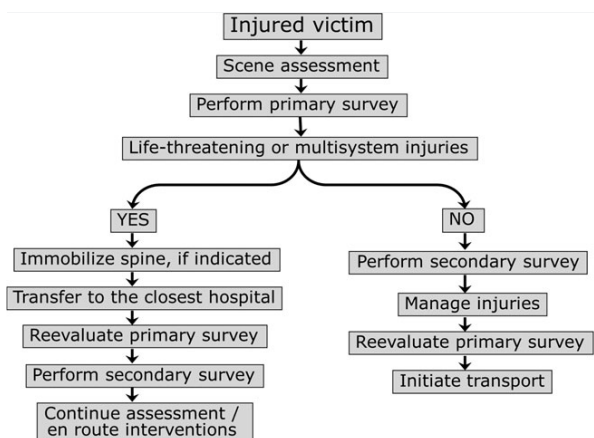
구출 직후 감각 소실이나 유연성 마비와 같은 심각한

신경학적 결함이 확인되는 것이 항상 척수 손상을 의미하는 것은 아니다. 이러한 증상은 구획증후군에 따른 압박에 의해 2차적으로 발생한 말초 신경병증에 의해서도 발생할 수 있으며, 이러한 경우 부분적으로 가역적일 수 있다 [52,69]. 그럼에도 불구하고, 이러한 경우 확실해질 때까지는 모든 손상자에게 척수 손상이 있을 수 있음을 고려해야 한다.

그림 3에 재난 현장에서의 손상자들에 대한 임상적인 접근 방법에 대한 순서도가 제시되어 있다.

그림 3 재난 현장에서 병원으로 이송 전 관리 개요

(허락하에 [84]에서 수정, 1차 및 2차 조사는 Section I.2에서 정의함)



II.5.B: 생명을 위협하는 출혈의 경우에만 동맥 압박띠(tourniquet)를 적용한다.

구출 후 압궐 손상이 있는 사지에 관류가 시작되면 근색소(myoglobin)와 다른 독성 물질이 전신 순환계로 유입될 수 있다[85]. 일부 연구자들은 문혀 있는 손상자에 대한 치료와 더불어 손상이 있는 사지의 근위 부위에 압박띠를 적용하도록 권고하고 있다[86].

근위부에 적용한 압박띠를 장시간 유지하는 경우 환자를 불필요한 마비나 근 괴사, 혈전증, 고통, 농양, 물집, 벗겨짐, 타박상, 눌림 상처 등에 노출시킬 수 있다. 또한 압박띠를 제거한 후 환자에게 불필요한 근색소노나 급성콩팥손상의 발생 위험을 높일 수 있다.

따라서 특히 사지를 살릴 가능성이 있는 경우에는 압궐

증후군을 예방하기 위한 목적으로 압박띠를 적용하지 않아야 한다[76]. 압박띠는 직접적인 압박이나 다른 요법으로도 지혈에 실패하는 경우 마지막 수단으로 사용해야 한다[87-89]. 압박띠 적용이 불가능한 환자의 경우 재난 현장에서 환자를 우선적으로 소개해야 한다. 조직의 허혈이나 사지 소실의 위험을 줄이기 위해 가능한 빨리 압박띠를 제거해야 한다.

II.5.C: 경미한 손상이나 초기에 명백한 압궐 징후가 없는 경우라도, 1차 조사를 진행하는 동안 발견하지 못한 손상을 진단하고 처치하기 위해 가능한 빠르게 손상들을 정리하고 압궐증후군의 후기 징후(소변량의 감소나 진한 소변, 요독 증상) 등을 포함한 2차 조사를 시행한다.

주요한 외상의 종류는 현장 상황에 따라 매우 달라질 수 있다[7,23,74,90-94]. 복부나 흉부 외상이 있는 손상자에서 사망률이 매우 높게 관찰되기 때문에 [20,23,94,95] 가능한 빠르게 2차 조사를 통해 모든 손상자들의 전반적인 외상 양상을 파악해야 한다(Section I.2 참조).

하지는 큰 근육들을 포함하고 있기 때문에, 다리의 연부 조직 외상은 다른 부위의 외상에 비해 보다 광범위한 횡문근융해증을 유발하고 압궐증후군의 발생 위험을 높일 수 있다[69]. 손상자가 딱딱한 바닥에 누워 있거나 움직일 수 없는 경우 광배근(latissimus dorsi)과 같은 몸통 근육의 손상 또한 횡문근융해증을 유발할 수 있음을 고려해야 한다.

그러나 압궐증후군은 경미한 손상 후에도 발생할 수 있다[20,23,61]; 따라서 파편 더미로부터 구출된 모든 환자에게 압궐증후군 발생의 위험성이 있음을 고려해야 한다. 경미한 손상이 있거나 소변량 감소나 짙은 소변색, 요독 증상과 같은 압궐증후군의 후기 징후를 유발할 수 있는 초기 징후가 명백하지 않은 환자라도 면밀히 감시해야 한다.

Section II.6 구출 후 초기 수액 투여 및 소변량 감시

II.6.A: 구출 직후 압괴 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 모든 손상자들에게 수액을 투여한다. 효과와 투여 유용성을 고려하여 선호되는 수액은 생리식염수이다.

II.6.B: 필요 수액량을 결정하기 위해 손상자의 수분 상태를 평가한다. 구출 전에 정맥을 통해 수액이 공급되지 않은 경우, 구조 즉시 정맥 내 생리식염수를 성인의 경우 시간당 1000 ml (소아의 경우 체중 시간당 15-20 ml)의 속도로 주입한다. 3-6 L의 수액을 투여하는 초기 6시간 동안 정기적으로 손상자를 확인한다. 인구학적인 특징과 의료적인 증상과 징후, 환경 및 이송 조건 등을 고려하여 수액 투여량을 개별화한다. 추가 수액 투여를 결정하기 위해 소변량과 혈액학적인 상태를 평가한다.

II.6.C: 소변량을 면밀히 감시한다. 의식이 있는 환자의 경우 용기에 소변을 보도록 하고, 배뇨를 조절하기 어려운 남성의 경우 콘돔 카테터(condom catheter)를 이용한다. 적절한 수액 공급 후에도 소변량이 전무한 경우 요도 출혈이나 열상을 배제한 후 배뇨 카테터를 삽입한다.

II.6.D: 무뇨가 확인되었거나 체액 부족이 배제되고 수액 처치 후에도 소변량이 없는 경우 수액 투여량을 전일에 측정되거나

나 추정된 수액 손실량에 일당 500-1000 ml를 더한 양의 수액으로 제한한다.

II.6.E: 수액 투여 후 소변량이 있는 경우(시간당 50 ml 이상) 손상자를 면밀히 감시하기 어렵다면 수액을 하루 3-6 L 정도로 투여한다. 면밀히 감시할 수 있는 경우에는 하루 6 L 이상의 수액을 투여하는 것도 고려한다.

근거

II.6.A: 구출 직후 압괴 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 모든 손상자들에게 수액을 투여한다. 효과와 투여 유용성을 고려하여 선호되는 수액은 생리식염수이다.

황문근용해증에 의한 급성콩팥손상은 전-콩팥(허혈)성 손상 및 세뇨관 폐쇄, 콩팥 독성을 포함하는 다양한 인자에 의해 발생할 수 있다. 구출 후 출혈이나 제3의 공간으로의 체액 이동 등으로 다량의 체액이 소실될 수 있다. 따라서, 압괴 손상자에서의 저혈량성 쇼크와 급성콩팥손상을 예방하기 위해 양의 수액 균형(positive fluid balance)이 필요하다[54]. 수액 종류를 결정할 때에는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다(표 3).

표 3 재난 압괴 손상자에서 사용할 수 있는 경정맥 수액

	수액(1000 ml)	중탄산염(bicarbonate) 추가	마니톨(mannitol) 추가
crystalloids	생리식염수	해당 없음	해당 없음
	생리식염수 + 5% 포도당	해당 없음	해당 없음
	반 생리식염수 + 중탄산염(bicarbonate)	리터당 50 mmol	해당 없음
	마니톨(mannitol)-알칼리 수액 (기저 수액: 반 생리식염수) ^a	리터당 50 mmol	리터당 20% 마니톨(mannitol) 50ml
colloids	알부민 ^a	해당 없음	해당 없음
	하이드록시에틸 전분(hydroxyethyl starch) ^a	해당 없음	해당 없음

a. 생리식염수와 중탄산염의 적절성에 대해서는 work group 구성원 사이에 의견의 일치가 있으나 마니톨(mannitol)과 알부민(albumin), 하이드록시에틸 전분(hydroxyethyl starch)에 대해서는 이점의 부재(albumin, hydroxyethyl starch) 또는 명백한 부정적인 효과(mannitol)로 인해 사용에 대한 일관된 견해가 없다(자세한 내용은 아래 참조).

1. 목적: 최우선의 목표는 체액량을 보충하는 것이다. 구획 내 압력을 감량하는 것 또한 중요하다. 산증과 고칼륨혈증 발생을 줄이기 위한 전신적인 알칼리화는 치료에 있어 우선 순위가 낮다.

2. 수액 선택:

a) 의료적 인자

- 생리식염수는 체액을 보충하고 급성콩팥손상을 예방하는 데 효과적이다; 가장 구하기 쉬운 수액이며 대량 재난의 혼란한 상황에서 가장 부작용 발생 위험이 적은 수액이다; 따라서 처음 사용하는 수액으로 적합하다. 부작용으로는 체액 과부하나 고혈압, 울혈성 심부전, 산증 등이 있다.

- 가능하다면 열량을 공급하고 고칼륨혈증의 발생을 줄이기 위해 5% 포도당이 첨가된 생리식염수를 투여한다. 이 수액의 부작용은 생리식염수와 크게 다르지 않다.

- 반 생리식염수에 중탄산염이 첨가된 수액은 근색소(myoglobin)와 요산의 세뇨관 침착을 예방하고 대사성 산증을 교정하며, 고칼륨혈증의 발생을 줄이기 위한 목적으로 소변을 알칼리화하는 데 효과적일 수 있다[50, 96]. 작은 규모의 재난 상황에서는 신경근 불안정이나 기면, 마비와 같은 알칼리증에 의한 증상이 없다면 모든 손상자들에게 알칼리 수액을 투여할 수 있다. 과도한 알칼리화의 합병증에는 알칼리증의 증상, 연부 조직에의 칼슘 침착, 저칼슘혈증의 악화, 체액 과부하 등이 있다.

- 마니톨(mannitol)은 이뇨 효과와 항산화, 혈관 확장의 효과가 있으며 긴장성(tonicity)으로 인해 근육의 구획 내 압력을 줄여줄 수 있다[97-99]. 마니톨은 또한 세포외 체액량을 증가시키고 소변량을 늘이며, 콩팥 세뇨관 내 원주(cast) 침착을 예방함으로써 압력 손상자에게 유용하게 사용될 수 있다[100]. 그러나 과도하게 투여하는 경우 울혈성 심부전을 유발할 수 있고, 잠재적으로 콩팥 독성이 있는 점을 고려해야 하며[101], 외상성 횡문근융해증 환자에서 그 효과에 대한 결과가 상이하야[102] 많은 전문가들이 test 용량에 대한 반응을 확인해 볼 것을 권고하고는 있으나(아래 참조) 아직 전문가들 사이에 마니톨 투여에 대

한 일치된 의견은 없다. 마니톨은 무뇨증 환자에게 적용해서는 안 된다.

- 교질(colloid) 수액은 급성콩팥손상의 위험이 있거나 동반한 환자에서 혈관 내 체액량을 늘이기 위한 목적으로 초기에 투여해 볼 수 있다. 그러나, 교질이 이환율이나 사망률과 관련하여 크리스털로이드(crystalloid)에 비해 주요한 이점이 없고, 아나필락시스나 응고 장애, 과량 투여 시 세뇨관 손상(전분 제제), 높은 비용 등을 고려하여, 크리스털로이드 수액이 교질에 비해 일반적으로 수액 요법으로 선호된다(Section III.1.D 참조).

b) 수송 환경: 수송 환경은 재난의 규모 및 대비 정도와 깊게 관련되어 있다.

- 간단하게, 대량 재난 상황에서 생리식염수가 이상적(또한, 유일하게 유용할 수 있다)인 수액일 수 있다.
- 다른 자원이 유용하고 추가 계획이 수립된 경우, (예를 들어 즉각적인 운송이 가능한 매장이 있고, 충분한 의료 구호 활동 인원이 있고, 혼란한 상황이 압도적이지 않은 경우), 포도당이나 저장성 식염수(hypotonic saline)에 중탄산염을 첨가한 수액을 포함하는 보다 복잡한 수액을 사용해 볼 수 있다. 그러나 복합 수액은 조제하는 데 시간이 걸리고 오염의 위험이 있으며, 혼란한 상황에서의 준비 과정에 실수가 발생할 수 있음을 주의해야 한다.
- 면밀한 감시가 가능하다면 마니톨(mannitol) 또한 투여해 볼 수 있다.

3. 적용: 저긴장성 수액(hypotonic solution)에 중탄산염을 추가함으로써 거의 등장성으로 만들 수 있다. 횡문근융해증의 치료에 필요한 중탄산염의 양은 평균 일당 200-300 mmol이다. 마니톨(mannitol)을 사용하는 경우 소변량의 반응을 확인하기 위한 test 용량으로 20% 마니톨 60 ml를 3-5분에 걸쳐 정맥을 통해 투여해볼 수 있다[98,110]. 소변량이 크게 증가하지 않는 경우 마니톨 투여를 중단한다. 그러나 소변량이 기저에 비해 시간당 30-50 ml 이상 증가하는 경우 상기 수액과 더불어 마니톨을 추가할 수 있다. 일반적인 마니톨 용량은 일당 체중당 1-2 g

(총량 일당 120 g)이며, 시간당 5 g의 속도로 투여한다[1].

II.6.B: 필요 수액량을 결정하기 위해 손상자의 수분 상태를 평가한다. 구출 전에 정맥을 통해 수액이 공급되지 않은 경우, 구조 즉시 정맥 내 생리식염수를 성인의 경우 시간당 1000 ml(소아의 경우 체중 시간당 15-20 ml)의 속도로 주입한다. 3-6 L의 수액을 투여하는 초기 6시간 동안 정기적으로 손상자를 확인한다. 인구학적인 특징과 의료적인 증상과 징후, 환경 및 이송 여건 등을 고려하여 수액 투여량을 개별화한다. 추가 수액 투여량을 결정하기 위해 소변량과 혈액학적인 상태를 평가한다.

대량 재난 손상자에서의 체액량을 평가하기 위해 아래와 같은 사항들을 고려한다.

- 생체 징후(혈압, 맥박, 심박수, 심장/폐 청진음)
- 의학적인 증상 및 징후(냉감, 축축함, 청색증이나 창백한 사지, 구토, 경구 수액 섭취가 불가능한 의식 소실, 핏뇨나 무뇨, 건조한 거드랑이, 경정맥압 감소)
- 상처로부터의 출혈 및 혈관 외 구획으로의 체액 이동
- 환경적인 요인(과도한 땀을 유발하는 높은 기온)
- 수송 요인(재난 현장의 혼돈 및 제한된 의료 인력에 비해 많은 환자 수로 인한 적절한 모니터링 불가)

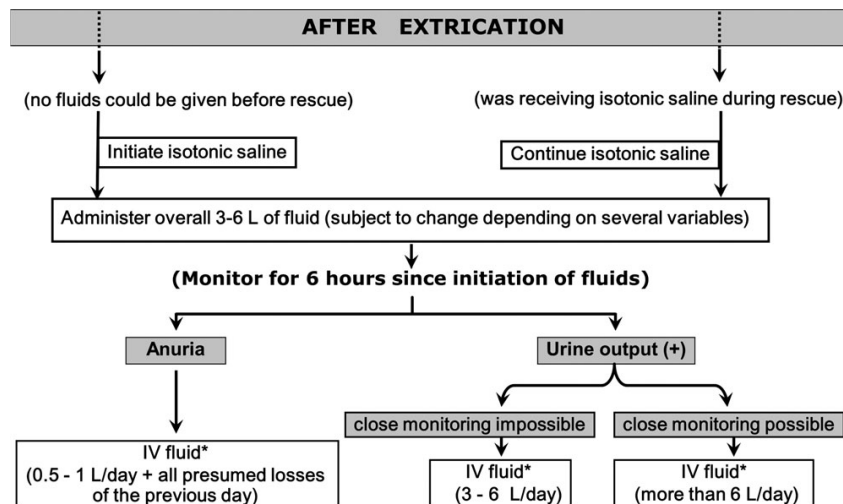
환자의 상태가 허락된다면 임상적으로 유용한 검사 방

법은 다리를 들어보는 것(leg-raising test)이다. 이 방법으로 맥압이나 수축기 혈압이 10% 이상 증가한다면 환자에게 수액을 투여하는 것이 효과적일 수 있다[111].

저혈량증을 동반한 경우 잠재적인 원인을 파악하고 적절한 치료를 시작해야 한다. 출혈이 있다면 지혈을 하고, 심각한 빈혈이 있는 경우에는 수혈을 시작한다[112]. 혈액 제제를 사용할 수 없는 경우, (칼륨을 포함하는 수액을 제외하고), 가능한 모든 종류의 경정맥 수액을 투여해야 한다(표 3). 치명적인 고칼륨혈증이 급성콩팥손상을 동반하지 않은 압제 환자에게도 발생할 수 있기 때문에, 다른 수액의 사용이 불가능한 경우가 아니라면 압제 손상 환자에게 칼륨을 포함한 수액을 사용하지 않는다. 수혈이 칼륨 농도를 증가시킬 수 있으며, 때로는 생명을 위협하는 고칼륨혈증을 유발할 수 있다는 점을 고려해야 한다[113].

손상자가 구조 전(사지에서 접근로를 확보할 수 없었거나, 정맥을 찾을 수 없었거나, 수액이나 능숙한 의료 인력이 없었거나)에 수액 치료를 받지 못한 경우, 즉시 정맥을 통한 생리식염수 투여를 시작하며, 18이나 21 gauge 바늘을 사용해서 성인의 경우 시간당 1000 ml의 속도, 소아의 경우 시간 체중당 15-20 ml의 속도로 투여하는 것이 좋다(그림 4).

그림 4 대량 재난 손상자에서의 체액량을 평가하기 위해 아래와 같은 사항들을 고려한다



약어: IV(경정맥); L(리터)

경정맥 수액: 사용할 수 있는 수액에 대해서는 Section II.6.A 참조. 생리식염수가 최우선 수액이다

말초 정맥 접근로 확보가 불가능한 경우 뼈간(intraosseous) 경로나 피하(hypodermoclysis) 경로를 고려할 수 있다(**Section II.3.D**). 환자가 음용이 가능한 경우, (복부 외상이나 마취를 임박해서 시작할 것이 아니라면), 수액을 경구를 통해서도 투여해 볼 수 있다[114].

작은 규모의 재난에서 가능하다면 손상자를 구출하는 중이나 구출 후에 생리식염수 대신에 반 생리식염수에 중탄산염을 추가한 수액을 사용해 볼 수 있다. 이 수액은 구조 사망의 원인이 될 수 있는 산증이나 고칼륨혈증을 예방하는 데 유용하게 사용될 수 있다(**Section II.6.A, III.1.D** 참조).

추가적인 수액 투여 계획을 세우기 위해 6시간 동안 3-6 L의 수액을 투여하면서 손상자의 체액 상태를 평가하고 소변량을 감시한다. 그 이후에 추가적인 전략을 결정하기 위해 환자의 상태를 재평가한다. 투여하는 수액량은 환자의 인구학적인 특징 및 의학적인 증상과 징후, 환경, 수술 상태 등을 고려해서 개별화한다.

II.6.C: 소변량을 면밀히 감시한다. 의식이 있는 환자의 경우 용기에 소변을 보도록 하고, 배뇨를 조절하기 어려운 남성의 경우 콘돔 카테터(condom catheter)를 이용한다. 적절한 수액 공급 후에도 소변량이 전무한 경우 요도 출혈이나 열상을 배제 한 후 배뇨 카테터를 삽입한다.

시간당 50 ml 이상의 소변량을 유지하는 것이 압궐 관련 급성콩팥손상을 예방하는 가장 좋은 방법이다. 충분한 수의 숙련된 의료진이 있다면 소변이나 땀, 출혈, 구토에 의한 체액 소실과 정맥이나 경구를 통해 투여한 수액량을 통해 수액 균형을 계산한다. 혼수 상태의 환자의 경우에는 기저귀나 시트가 젖는 것을 소변이 생성되는 징후로 간주한다.

소변량을 확인하기 위해 방광 내에 배뇨 카테터를 거치한다. 위생 상태가 좋지 않은 현장 상황에서 카테터를 거치는 경우 요로 감염에 유의해야 한다. 요로 열상이 있는 경우에는 카테터 거치를 피해야 하는데, 열상은 요도 끝에 피가 묻은 것으로 감별할 수 있다. 방광 내 소변이 저

류되어 있는 경우나 요도를 통한 카테터 거치가 금지되는 경우에는 치골 상부(suprapubic) 카테터 거치를 고려할 수 있다.

요도를 통한 카테터는 48시간 후 또는 무뇨증이거나 의식이 있고 배뇨를 할 수 있는 환자에서 명백하게 안정적으로 소변이 나오는 등 더 이상 필요가 없는 경우 즉시 제거한다.

II.6.D: 무뇨가 확인되었거나 체액 부족이 배제되고 수액 처치 후에도 소변량이 없는 경우 수액 투여량을 전일에 측정되거나 추정된 수액 손실량에 일당 500-1000 ml를 더한 양의 수액으로 제한한다.

환자가 무뇨증 상태로 유지된다면 추가 수액 투여를 고려할 수 있다. 이 경우에는 두 가지 가능성을 고려해야 한다: (a) 환자가 여전히 체액량이 부족해서 수액을 투여하는 경우 호전이 될 수 있다. (b) 환자가 이미 급성콩팥손상을 동반하고 있으며 수액을 투여하는 것이 체액 과부하를 유발할 위험이 있다. 최종 결정은 환경적인 요인과 인구학적인 요인, 임상 상황 등을 고려해서 내려야 한다. 수액 요법을 너무 늦게 시작하는 경우 나쁜 결과를 도출할 수 있다는 것을 항상 명심해야 한다. 마르마라 지진에서 투석 치료를 받은 압궐 손상자는 투석 치료를 받지 않은 환자에 비해 더 많은 양의 수액을 투여 받았다[115]. 이는 이들이 이미 급성콩팥손상을 동반하고 있었고, 적극적인 수액 투여로 인해 체액 과부하가 일어나 투석 치료를 요했을 가능성이 있다. 사실상 투석의 가장 흔한 원인이 체액 과부하이다[12].

적절한 체액 보충에도 불구하고 무뇨증이 지속되는 경우 급성 세뇨관 괴사의 가능성을 고려해야 한다; 이 경우 수액 공급을 조절하지 않으면 체액 과부하와 관련된 합병증 발생의 위험이 있다[116]. 이러한 환자에게는 포도당이 있거나 없는 생리식염수를 전일 추정한 수액 소실량에 최대 하루 500-1000 ml를 더해 투여한다. 가능하다면 고칼륨혈증과 산증 발생을 줄이기 위해 중탄산염이 추가된 반-생리식염수를 사용할 수 있다. 또한, 경구를 통한 칼륨

과 액체 섭취를 제한한다.

II.6.E: 수액 투여 후 소변량이 있는 경우(시간당 50 ml 이상) 손상자를 면밀히 감시하기 어렵다면 수액을 하루 3-6 L 정도로 투여한다. 면밀히 감시할 수 있는 경우에는 하루 6 L 이상의 수액을 투여하는 것도 고려한다.

경정맥 수액 투여 후(환자가 음용이 가능하다면 경구 투여 후) 소변량이 시간당 50 ml 이상 측정되는 경우 추가적인 수액 치료 전략을 결정하기 위해 주변 환경을 고려해야 한다. 면밀한 감시를 할 수 없는 경우에는 생리식염수를 최대 하루 3-6 L까지 투여할 수 있다. 나이나 체중, 외상의 양상, 기온, 소변량, 추정된 체액 소실과 모니터링 가능성 등 임상 여건이나 수송 상태를 고려해서 수액량을 개별화할 수 있다(그림 4).

면밀한 감시가 가능하다면 하루 6 L 이상, 적절하게 소변이 배출되는 것이 확인된 성인의 경우에는 손상된 조직에 수액이 적체되어 있거나 콩팥 외 체액 소실을 고려하여 하루 12 L까지도 수액을 투여할 수 있다[54]. 상기 기술된 수액량은 체중 70 kg에 맞춰진 양이다; 5 kg이 증감할 때 수액을 0.5 L씩 증감할 수 있다. 지속적인 체액 상태 확인을 통해 최종 수액량을 개별화한다; 고령이나 소아의 경우 성인에 비해 체액 과부하에 취약하다는 것을 항상 명심해야 한다.

가능하다면 이 단계에서 중탄산염이 추가된 반-생리식염수를 사용할 수 있다. 환자가 경구 섭취가 가능한 경우 정맥을 통한 수액 투여는 중단한다. 일반적으로, 재난 현장에서 초기 수일 내에 구조된 손상자에게는 조금 더 자유롭게 수액을 투여할 수 있는 반면[51], 후기에 구조된 손상자들에게는 이미 급성 세뇨관 손상(핍뇨 동반)이 있을 가능성이 높기 때문에 보다 보존적인 접근이 필요하다[115].

이러한 적극적인 수액 요법은 근색소(myoglobin)뇨가 사라질 때까지 지속하는데(임상적으로는 소변 색이 정상화될 때까지), 일반적으로 급성콩팥손상이 성공적으로 예방이 되었다면, 외상 후 2-3일 이내에 일어난다[54]. 급성콩팥손상의 예방 및 치료를 위한 소위 혈관 확장제나 콩팥용량의 도파민(dopamine)[117-119], 이뇨제[120]의 투

여는 결과를 호전시키지 못했으며, 경우에 따라서는 생명을 위협하는 합병증을 유발할 수도 있다[121].

이론적으로는 고리작용 이뇨제(loop diuretics)를 사용해 볼 수 있는데, 이러한 경우 압계증후군 환자에서 소변을 산성화하고 고칼슘노증을 유도함으로써 이미 있는 저칼슘혈증이 악화될 위험이 증가할 수 있다[16,122]. 그러나 체액 과부하가 있는 환자에서 조심스럽게 고리작용 이뇨제(loop diuretics)를 사용해 볼 수는 있다.

Section II.7 구출 후 시행해야 하는 다른 조치들

II.7.A: 급성콩팥손상과의 관련 여부에 관계없이 기도 폐쇄나 호흡 부전, 통증, 저혈압, 고혈압, 심근 허혈이나 경색, 심부전, 골절, 오염된 상처 등을 포함한 다른 문제들에 대해 치료한다.

II.7.B: 가능한 빠르게 고칼륨혈증을 진단하고 치료한다.

II.7.C: 안정이 된 후에는 환자를 가장 빠르게 수용할 수 있는 병원으로의 이송을 준비한다.

II.7.D: 병상 부족으로 환자를 집으로 보내는 경우, 환자에게 적어도 3일 동안 매일 소변 색깔과 양을 확인하고, 소변량이 감소하거나 소변색이 진해지고, 부종이나 오심이 관찰되는 등 압계증후군이 의심되는 경우 곧바로 의료진의 도움을 받도록 교육한다.

근거

II.7.A: 급성콩팥손상과의 관련 여부에 관계없이 기도 폐쇄나 호흡 부전, 통증, 저혈압, 고혈압, 심근 허혈이나 경색, 심부전, 골절, 오염된 상처 등을 포함한 다른 문제들에 대해 치료한다.

압계 손상이 있는 환자들은 생명이 위태로울 수 있는 많은 다른 문제들을 동반할 수 있다. 재난 현장에서 이송 전에 반드시 적절한 치료를 시작해야 하는 문제에는 기도 폐쇄나 통증, 저혈압, 고혈압, 심근 허혈이나 경색, 좌심실 부전, 골절, 오염된 상처 등을 포함한다. 이러한 합병증에 대한 관리는 표 4에 정리되어 있다.

표 4 대량 재난의 압제 손상자들에서 재난 현장에서의 생명을 위협하는 중대한 합병증에 대한 치료[12,46,123-128]

합병증	치료	설명
기도 폐쇄	- 턱 당기기, 기도 확보를 위한 Mayo 삽입관(cannula) 사용, 분비물 흡인, 산소 공급, 기관 삽관(가능하다면)	- 생명을 살리 수 있는 조치들이므로 첫 번째로 고려되어야 함 - 가능한 조기에 병원으로 이송
통증	- 마약, 케타민	- 근육 내로 투여하는 모르핀(morphine)의 효과는 예측이 어렵기 때문에 모르핀은 반드시 경정맥으로 투여해야 함 - 비스테로이드성 항염증 약물은 마취 목적으로 사용하지 말아야 함
저혈압	- 경정맥 수액 투여, 혈액이나 혈액 제제 수혈 - 허혈성 심장 질환 및 전해질 이상, 감염에 대한 치료	- 모든 방법을 동원해서 현성 출혈을 멈춰야 함 - 압제 증례에서는 조직 내 체액의 축적으로 인해 많은 양의 수액이 필요함
고혈압	- 칼슘 길항제 및 질산염 제제 - 소변이 배출되는 경우 이뇨제	- 소변량이 적은 경우에 과도한 수액 투여는 피해야 함 - 극심한 스트레스를 받는 경우 심리적인 지지가 도움이 될 수 있음
심근 허혈이나 경색	- 통증 조절, 고혈압 및 불안에 대한 치료, 단기 작용하는 질산염 투여, 산소 공급	- 가능한 빠르게 병원으로 이송
좌심실 부전	- 단기 작용하는 질산염, 이뇨제, 산소	- 환자는 앉은 자세로 유지함 - 가능한 빠르게 병원으로 이송 - 간헐적인 정맥 압박띠(tourniquet) 적용이 도움이 될 수 있음

약어: IV(경정맥), IM(근육 내)

II.7.B: 가능한 빠르게 고칼륨혈증을 진단하고 치료한다.

압제 손상자에서 치명적인 고칼륨혈증은 신(콩팥)부전 이 없는 경우에도 언제든지 발생할 수 있다; 그 위험성은 남자 환자에서 더 높다[129]. 대부분의 경우 간과되기 쉬우며 환자들은 재난 현장이나, 현장 내 병원, 이송 과정, 병원에 입원한 직후 고칼륨혈증으로 사망할 수 있다. 생화학적인 평가가 재난 현장에서는 어렵기 때문에 다른 진단 도구가 필요하다. 이동식 심전도(ECG) 기계가, (고칼륨혈증에 대한 민감도와 특이도가 명확하지 않더라도), 이러한 목적으로 유용하게 사용될 수 있다(**Section III.2.C, 그림 5, 표 7** 참조)[130,131]. 2010년 아이티 지진에서 관리 현장 치료 장치(point-of-care device)(예: iSTATr, Abbott, USA)가 직접적으로 전해질과 크레아티닌 수치를

제공함으로써 재난 현장 상황에서 매우 중요하게 사용되었다[132]. 이러한 장치나 심전도가 고칼륨혈증을 조기에 감지하는 데 사용될 수 있다.

재난 현장에서 고칼륨혈증을 치료하고 예방하기 위해 칼륨 흡착 수지(potassium binding resins)[예: 소듐(Na⁺)이나 칼슘(Ca⁺⁺) 폴리스티렌설포산염(polystyrene sulfonate, kayexalate)]를 사용할 수 있고 가능한 빨리 환자를 이송한다. 칼슘케이엑살레이트(Ca⁺⁺kayexalate)보다 소듐케이엑살레이트(Na+kayexalate)를 선호하는데, 칼슘케이엑살레이트가 나중에 현저한 고칼륨혈증을 일으킬 수 있기 때문이다. 케이엑살레이트의 부작용으로는 오심과 구토, 저칼륨혈증, 희박하지만 장 과사(**Section III.2.D, 표 8** 참조) 등이 있다.

II.7.C: 안정이 된 후에는 환자를 가장 빠르게 수용할 수 있는 병원으로의 이송을 준비한다.

안정이 된 후에는 가능한 빠르게 환자를 병원으로 이송해야 한다. 적절한 병원으로 곧바로 환자를 이송하는 것에 대비하여 경미한 골절에 대한 부목 적용이나 상처에 붕대를 감는 데 시간을 쓰는 것의 이점에 대해 고려해야 한다. 이송 시간이 짧다면 재난 현장이나 현장 내 병원에서 머무르며 지체하는 것을 삼가야 한다. 그러나 이송 시간이 길어진다면 부목을 대거나 붕대를 감는 것이 환자의 안정이나 안전에 중요하므로 시행하는 것이 환자에게 이로울 수 있다. 이송 도중 척추 외상이 있는 환자의 경우 완전한 척추 고정이 필요하다.

손상자를 손상자 모집 장소 또는 재난 의료 협력 센터로 이송하고[36], 이후에 적절한 치료적인 개입을 위해 가능한 빠르게 재난 현장 또는 일반 병원으로 이송한다(**Section I.2** 참조). 그러나 대량 재난 현장에서 이송이 항상 가능하지 않을 수 있으므로[34,71], 손상자가 이송되거나 조금 더 효과적인 개입이 가능해질 때까지 제한된 물자를 이용해서라도 그 자리에서 치료를 할 수 있는 치료 기관이 필요하다.

II.7.D: 병상 부족으로 환자를 집으로 보내는 경우, 환자에게 적어도 3일 동안 매일 소변 색깔과 양을 확인하고, 소변량이 감소하거나 소변색이 진해지고, 부종이나 오심이 관찰되는 등 압 궤증후군이 의심되는 경우 곧바로 의료진의 도움을 받도록 교육한다.

압 궤증후군은 외상의 중증도와 관계없이, 경우에 따라서는 경미한 손상을 입은 경우에도 발생할 수 있다[20, 23]. 많은 재난 현장에서 병상이 부족하기 때문에 경상 환자는 집이나 침대로 보내지게 된다. 이러한 경우 적어도 3일 이상 소변량과 소변 색깔을 매일 관찰하고 체중 증가나 부종, 호흡 곤란, 오심과 같은 급성콩팥손상의 증상이 발생하는 경우 빠르게 의료 기관을 찾도록 환자에게 교육해야 한다.

Section III. 병원에 입원 후 개입

III.1: 입원 시 모든 환자에 대한 일반적인 처치

III.2: 입원 시점에서 압궤증후군 환자에 대한 특수한 처치

Section III.1 입원 시 모든 환자에 대한 일반적인 처치

III.1.A: 손상자를 적절한 치료 구역으로 분류한다.

III.1.B: 압궤 환자의 치료를 위해 검증된 외상과 급성콩팥 손상 권고안을 따른다.

III.1.C: 신체 검진을 통해 체액 상태를 평가한다. 가능하다면 중심정맥압(CVP)을 이용하고, 이것이 불가능한 상황이라면 상대적인 변화를 고려해 체액 상태를 판단한다.

III.1.D: 혈량저하 손상자의 경우 원인을 규명하고 교질(colloid)보다 크리스털로이드(crystalloid)를 이용해 치료한다.

III.1.E: 모든 상처는 오염이 된 것으로 가정한다. 과사나 심각한 감염이 있는 경우 항생제와 더불어 외과적인 과사 조직 제거를 고려한다. 항생제를 투여하기 전에 배양 검사를 시행한다. 개방된 상처가 있는 모든 환자에게, 지난 5년 이내에 예방접종을 시행한 것이 확실하지 않은 경우, 파상풍 변성독소(toxoid)를 투여한다.

III.1.F: 저체온증이 있는 경우 교정한다.

III.1.G: 의료적, 사회적, 법률적인 상황에 대비하여 환자의 기록을 보관한다.

근거

III.1.A: 손상자를 적절한 치료 구역으로 분류한다.

손상자 분류는 즉각적인 결과뿐만 아니라 최종 결과에도 영향을 미친다. 따라서, 손상자에게 최적의 치료를 할 수 있는 장소와 적절한 병원 내 서비스를 받도록 안내하는 것은 극히 중요하다.

병원 입원 시 분류를 수행하기 위해 환자를 받는 공간과 가까운 곳에 있는 특정한 장소를 지정해야 한다. 손상자의 손상의 중증도와 의학적인 상태에 따라 색으로 구분된 표식을 이용하여 1차 손상자 수용 공간을 5구역으로

구분한다[133]:

- (1) *Red zone*, 생명이 위태로우나 잠재적으로 치료가 가능한 상태
- (2) *Yellow zone*, 덜 심각하지만 긴급한 문제가 있는 상태
- (3) *Green zone*, 경미한 손상이 동반된 걸을 수 있는 상태
- (4) *Gray zone*, 사망이 임박하여 관찰 및 편안한 공간이 필요한 상태
- (5) *Black zone*, 도착 시 사망 상태

한 시간 간격으로 중증도 분류를 반복하고 임상 상황이 변하게 되면 적절한 분류 구역으로 손상자를 옮긴다.

III.1.B: 압궤 환자의 치료를 위해 검증된 외상과 급성콩팥 손상 권고안을 따른다.

재난 손상자에 대한 의학 및 이송과 관련한 외상 처치 권고안을 따른다[79,134][부록(Appendix) 참조].

1. 1차 조사를 시행한다[79].
2. 생명이 위태로운 상황(쇼크나 질식)인 경우 즉시 소생술을 시행한다. 심각한 관통상이나 둔상 환자를 재빠르게 검진한다. 가능한 모든 수단을 동원하여 응급 상황에 대한 치료를 한다; 예: 직접적인 압박이나 봉합기(stapler) 사용, 봉합 등으로 주요 외부 출혈을 멈추고 심한 빈혈이 있거나 상당한 출혈의 증거가 있는 경우 수혈을 시작한다. 그러나 항상, 수혈은 일시적인 조치이며, 저혈압이 있는 압궤증후군 환자에게 출혈을 멈추기 위해 외과적인 처치가 필요하다는 것을 명심해야 한다. 수혈 적응증은 명확하지 않으나, 혈액학적으로 안정된 빈혈을 동반한 중환자에서는, 혈색소 수치가 7 g/dL 미만일 때 수혈하는 '제한적' 전략이, 10 g/dL 미

만일 때 수혈하는 ‘자유로운’ 전략만큼 효과적일 수 있다. 다만, 급성심근경색이나 불안정 협심증이 있는 환자에서는 ‘자유로운’ 전략이 권장된다[112,135]. 혈액이나 혈액 제제를 사용할 수 없는 경우 저혈압이 있다면 크리스탈로이드(crystalloid)나 교질(colloid)을 대체제로 사용할 수 있다(표 3).

3. 손상자 또는 수행한 모든 사람들을 통해 간략한 병력을 청취한다. 각 손상자의 신원 및 주소, 외상이 발생한 장소, 구조 시점, 파편 아래에 깔려 있던 시간, 입원 전 시행된 처치, 임신 여부, 알레르기, 복용 약물, 기존의 동반 질환 등에 대해 확인한다.
4. 혈액형 확인 및 혈색소, 백혈구, 혈청 질소 및 크레아티닌, 크레아틴인산화효소(creatin phosphokinase, CK), 전해질, 혈액 가스 분석(정맥혈로도 충분하다) 등의 실험실적 검사를 위해 채혈을 한다. 심한 출혈이나 압계증후군이 임상적으로 의심되는 환자의 경우 동시다발적인 치료를 요하는 환자들의 수 대비 이러한 검사를 시행하는 데 걸리는 시간을 따져봐야 한다. 따라서 시간적 여유가 있거나 채혈 및 결과 해석, 치료적인 개입을 위한 충분한 지원이 가능한 경우에만 채혈을 시행하고, 그렇지 않으면 채혈은 생략한다.
5. 재난 현장에서 효과적으로 치료를 받지 못한 손상자의 경우 정맥을 통한 수액 치료를 시작한다(표 3, 그림 4). 이러한 목적으로 교질(colloid)나 크리스탈로이드(crystalloid) 모두 사용할 수는 있지만, 크리스탈로이드가 일반적으로 선호된다(아래 참조).

크리스탈로이드(crystalloid)를 소아 및 성인에서 시간 체중당 15-20 ml 속도(고령자의 경우 시간 체중당 10 ml의 속도)로 투여하며, 속도는 생체 징후 및 소변량을 바탕으로 조절할 수 있다[46,136]. 저긴장성 또는 고긴장성 크리스탈로이드가 특정 임상 상황에 사용될 수는 있지만, 등장성이 아닌 수액의 선택은 일반적으로 혈관 내 체액 확장 이외의 목적에 대해서만(예: 고나트륨혈증 또는 저나트륨혈증) 고려해 볼 수 있다[109].

III.1.C: 신체 검진을 통해 체액 상태를 평가한다. 가능하다면

중심정맥압(CVP)을 이용하고, 이것이 불가능한 상황이라면 상대적인 변화를 고려해 체액 상태를 판단한다.

저혈량증은 출혈이나 쇼크, 구획 내 체액 이동(제3공간), 발한 등으로 외상 손상자에서 흔하게 관찰된다. 저관류는 모든 내장 장기, 특히 콩팥의 기능 이상을 유발한다; 따라서 저혈량증을 빠르게 교정해야 한다.

체액 상태를 평가하기 위한 신체 검진은 제한적이더라도 항상 수행되어야 한다. 갈증 및 건조한 점막, 모세혈관 보충 시간 지연, 건조한 거드랑이, 갈라진 혀, 이마와 가슴 뼈 피부 긴장도 감소, 맥박수 증가, 혈압 감소, 기립성 저혈압, 수동적인 다리 거상에 따른 혈압 상승(또는 동맥 압력 파형의 변화) 등이 모두 체액 소실이나 격리를 뜻할 수 있다[109,137,138].

체액량 평가를 위해 자주 사용되기는 하나, 중심정맥압(CVP)은 실제를 호도할 수 있고, 종종, 특히 중증 환자에서, 수액 공급에 따른 반응을 반영하지 못한다[139]. 과혈량 상태뿐만 아니라 심부전 등의 질병 상태에서도 절대적인 정맥압이 상승될 수 있으며, 오히려 정맥압의 상대적인 변화가 혈관 내 체액량 상태를 반영하는 데 더 유용할 수 있다[111,140].

III.1.D: 혈량저하 손상자의 경우 원인을 규명하고 교질(colloid)보다 크리스탈로이드(crystalloid)를 이용해 치료한다.

원인을 규명한 후에 적절한 수액 보충을 시작한다. 피부 긴장도나 부종, 혈압, 실험실적 결과(혈청 나트륨 및 칼륨, 탄산수소염) 등에 따라 투여 수액을 개별화하고 아래 기술된 수액의 특성을 고려한다.

- 생리식염수는 저혈압 환자에서 선호되는 수액이다. 생리식염수는 세포의 구획으로 분포되는데, 건강한 성인의 경우 25%가 혈관 내, 75%가 간질로 이동한다. 따라서, 투여된 수액의 약 1/4이 혈관 내에 머무는 것이다[141]. 더구나, 생리식염수는 저렴하고 쉽게 구할 수 있으며 안전하다. 그러나, 다량을 투여하는 경우 고염소성 대사성 산증을 유발할 수 있다.

- 반-생리식염수(저장성 생리식염수)(0.45%) 또한 체액 결핍이 경미하거나 수분이 부족한 고나트륨혈증을 동반한 환자에게 사용할 수 있다. 그러나, 혈관 내 체액량 보충은 생리식염수에 비해 비효율적이다. 저장성의 5% 포도당 수액 또한 고나트륨혈증 환자에게 사용될 수 있는데, 체액량 보충 면에서 효과가 제한적이라는 점은 마찬가지이다.
- 교질(colloid) 수액[알부민, 하이드록시에틸 전분(HES), 젤라틴, 덱스트란]은 콜로이드 삼투압(교질 삼투압)에 영향을 미치는 분자들로 구성되어 있으며, 이론적으로 혈관 내 구획에 수분을 유지시킨다. 그러나 colloid 수액은 다음과 같은 이유로 피한다:

a). 적어도 중환자실 환자를 대상으로 한 일부 연구들에서 알부민[103] 또는 하이드록시에틸 전분(HES) [105]이 크리스털로이드(crystalloid)에 비해 주요한 이점을 보여주지 못했다. Cochrane 검토에서는 외상 및 화상, 수술 후의 환자들에게 크리스털로이드 대신 교질을 사용한 무작위 배정 임상 연구(RCT)에서 교질이 좋다는 증거가 없다고 결론지었다[108].

b). 교질(colloid)은 아나필락시스나 응고 장애, 고용량 사용하는 경우 급성콩팥손상[106, 107], 사망 위험의 증가[142, 143] 등의 부작용을 가지고 있다.

c). 교질(colloid)이 더 비싸며 재난 상황에서 더 구하기가 어렵다. KDIGO 급성콩팥손상 지침에서는 모든 저혈압 또는 저혈량 환자에서 급성콩팥손상을 예방하기 위해 크리스털로이드(crystalloid) 수액을 사용할 것을 권고하고 있다[109].

III.1.E: 모든 상처는 오염이 된 것으로 가정한다. 괴사나 심각한 감염이 있는 경우 항생제와 더불어 외과적인 괴사 조직 제거를 고려한다. 항생제를 투여하기 전에 배양 검사를 시행한다. 개방된 상처가 있는 모든 환자에게, 지난 5년 이내에 예방접종을 시행한 것이 확실하지 않은 경우, 파상풍 변성독소(toxoid)를 투여한다.

지진 후 연부 조직의 손상은 구조적인 붕괴와 파편에 의해 발생하므로 상처들은 항상 지저분하다. 따라서, 지저분한 상처를 물과 살균 비누를 이용해 씻고, 무균수로 부드럽게 세척하고 단순한 청결 드레싱으로 덮어준다. 상처에 베타딘(betadine)과 같은 항생제 성분을 붓지 않는다.

가능하면, 근육과 뼈를 포함하는 광범위한 조직을 제거하고, 괴사 조직과 소생이 가능한 조직이 처음에는 확실하게 구분이 되기 어렵기 때문에 조직 제거 후 24-48시간 동안 상처를 정기적으로 확인한다[134].

치료 지연은 흔하게 발생하는데, 이는 개방성 상처가 그람 양성, 그람 음성, 혐기성 세균, 특히 클로스트리듐 테타니(*Clostridium tetani*)를 포함하는 클로스트리듐(*Clostridium*) 세균들에 의해 오염이 될 가능성을 높인다 (**표 5**).

표 5 Tetanus 감염의 위험성이 높은 상처의 특징

임상양상	고위험
외상 후 지연 시간	6시간 이상
상처 종류	경계가 불규칙한 개방성 상처
깊이	1 cm 이상
감염의 증거	있음
괴사 조직	있음
이물질	있음
허혈성 조직	있음

압궐 상처에서 가장 흔한 병원균은 연쇄상구균(streptococci)과 포도상구균(staphylococci) 그리고 혐기성 균이므로, 베타락탐/베타락탐분해효소(β -lactam/ β -lactamase) 억제제가 경험적인 치료로 우선시되는 약물이다. 항생제 치료를 시작하기 전에 배양 검사를 하는 것이 이상적이나, 감염이 있는 경우에도, 특히 (상처 내용물 배양의 경우) 같은 지역에서 이전에 지역적으로 살균제가 투여된 경우, 배양 결과가 음성일 수 있음을 고려해야 한다. 반대로, 배양 검사가 시행되지 않았다고 해서 치료를 지연시켜서는 안 된다.

이상적인 경우 파상풍 예방을 위한 CDC 지침을 따라야 한다. 파상풍으로부터 가장 좋은 보호 조치는 상처의 잔해를 깨끗이 하고 죽은 조직에 대해 적절하게 외과적인 절제를 시행하는 것임을 항상 명심해야 한다.

파상풍 예방에 대해 결정하기 위해 이전의 파상풍에 대한 적극적인 예방접종에 대한 즉각적이고 정확한 병력 청취가 필요하다[134,144]. 성인에서의 예방접종은 적어도 3회 toxoid 주사를 투여받고, 이후에 매 10년마다 흡착된 변성독소(toxoid)를 정기적으로 맞아야 한다. 7세 이하의 소아에서는 4번의 변성독소 주사를 투여 받고, 이후에 마찬가지로 10년 간격으로 파상풍 추가(booster) 주사를 맞아야 한다 [134].

대량 재난에서 다친 손상자들은 다음의 사항들을 고려해야 한다(표 6).

I. 이전에 면역을 완료한 사람들, 즉 과거에 파상풍 변성독소(toxoid) 접종을 완료했고 마지막 접종이 10년 이내인 환자의 경우

- a. 파상풍 비위험성 상처: 추가 접종이 필요하지 않음
- b. 파상풍 고위험성 상처(표 5)이고 마지막 주사를 맞은 후 5년 이상이 경과한 경우: 0.5 ml의 흡착된 변성독소를 근육 내로 투여

II. 적절한 면역을 갖추지 못한 사람들, 즉 변성독소(toxoid) 주사 접종이 3회 미만이거나, 파상풍 위험이 낮은 상처의 경우 마지막 변성독소 접종 이후 10년 이상, 또

는 파상풍 고위험 상처의 경우 5년 이상 경과한 경우(표 5), 또는 면역접종 이력이 불분명한 경우

- a. 파상풍 비위험성 상처: 흡착된 변성독소 0.5 ml를 근육 내로 투여
- b. 파상풍 고위험성 상처:
 - i. 흡착된 변성독소 0.5 ml를 투여
 - ii. 250 단위의 인간형 파상풍 면역 단백(심하게 오염이 되었거나 12시간 이상이 경과한 상처, 90 kg 이상인 경우에는 500 단위)을 근육 내 또는 정맥을 통해 주사(주사 준비 상황에 따라)
 - iii. 파상풍 예방을 위한 항생제 투여의 효과는 명확하지 않으나 항생제를 투여한다.
 - iv. 변성독소와 면역 단백, 항생제는 서로 다른 주사기를 이용해서 다른 부위에 투여해야 한다.
 - v. 완벽한 예방 접종을 위해 이후 2개월, 6개월째 추가 파상풍 변성독소를 투여한다.

소아와 청소년에서는 이중 항원으로 변성독소(toxoid)와 함께 디프테리아 변성독소[diphtheria toxoid(Td)]를 투여하거나, 삼중 항원으로 디프테리아(diphtheria)와 백일해 변성독소(Tdap)를 함께 투여한다.

심각한 상처인 경우 마지막 파상풍 주사에 대한 병력 청취가 어려울 수 있으므로 이러한 경우에는 변성독소(toxoid) 추가 접종을 시행한다. T나 Td, DPT의 종류는 중요하지 않으므로 어느 것이든 사용할 수 있는 것으로 투여한다.

표 6 파상풍 예방 프로토콜(허락하에 [144]에서 인용)

이전의 흡착된 파상풍 변성독소 (toxoid) 주사 횟수	깨끗하고 경미한 상처		이외의 모든 상처 ^a	
	파상풍 변성독소	파상풍 면역 단백	파상풍 toxoid	파상풍 면역 단백
명확하지 않거나 3회 미만	투여 ^c	비투여	투여 ^c	투여 ^b
3회 이상	마지막 주사를 10년 이상 전에 맞은 경우에만	비투여	마지막 주사를 5년 이상 전에 맞은 경우에만	비투여

a 먼지나 대변, 흙, 침 등으로 오염된 상처나 구멍이 난 상처, 벌어짐, 미사일이나 압력에 의한 상처, 화상, 동상 등을 포함

b 파상풍 변성독소(toxoid)와 다른 부위에 250 단위를 근육 내 주사; 파상풍 면역 단백을 사용할 수 없는 경우에는 경정맥 면역 단백을 투여

c 예방 접종은 필요한 만큼 완료될 때까지 지속해야 함

III.1.F: 저체온증이 있는 경우 교정한다.

저체온증은 중심 체온이 35°C(95°F) 미만인 경우를 말하며, 32-35°C(90-95°F)를 경미한 정도, 28-32°C(82-90°F)를 중등도, 28°C(82°F) 미만을 심각한 정도로 구분한다[145]. 저체온의 임상 징후로는 빈호흡, 과환기, 저혈압, 부정맥(빈맥, 심방 세동, 동성 서맥, 심실 빈맥, 심실 세동), 응고 장애, 무반사증이나 혼수 상태 등의 신경학적 증상 등을 포함한다. 외상 환자에서 32°C 미만의 중심 체온(직장 체온계로 측정)은 매우 높은 사망률과 관련이 있으며, 35°C 미만의 체온은 어느 경우라도 나쁜 예후 인자이다[146]. 저체온증은 특히 낮은 기온에 노출된 재난 손상자에서 발생할 수 있다. 표준적인 경구 체온계는 34°C(93°F) 미만은 측정이 불가능하기 때문에, 가능하다면 저체온증이 의심되는 경우에는 낮은 온도까지 측정할 수 있는 중심 체온계를 사용해야 한다. 낮은 온도까지 측정할 수 있는 중심 체온계를 사용할 수 없는 경우에는 경구 체온계에서 낮게 측정되는 경우를 저체온으로 간주해야 한다.

가능하다면 구출 당시 알루미늄 코팅을 한 스페이스(space) 담요를 이용해서 저체온증을 예방한다. 구출 후에는 저체온을 응급하게 치료한다; 젖은 옷을 제거하고 따뜻한 크리스털로이드(crystalloid(42°C 또는 108°F))를 주사하고, 외부도 따뜻하게 하며(환자의 위 아래에 담요 적용), 투석이나 따뜻한 공기나 산소를 이용한 환기를 시행한다[147,148]. 그러나 저체온 환자를 실제로 따뜻하게 하는 것은 그들의 신진대사임을 항상 염두에 두고 모든 종류의 추가적인 열손실을 최소화해야 한다.

III.1.G: 의료적, 사회적, 법률적인 상황에 대비하여 환자의 기록을 보관한다.

대량 재난 후 발생하는 압도적인 혼돈 상황에서 많은 손상자들은 가족이나 지인들 없이 공용 차량을 이용해 병원으로 이송될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 손상자의 신원과 병력을 확인하는 것은 적절한 치료뿐만 아니라 사회적, 법적인 이유로도 매우 중요하다. 가능하다면 사망자에 대

한 기록을 위해 사진을 촬영한다.

의료적인 상태나 신체 검진 결과, 이미 수행된 모든 개입을 문서화해야 한다. 가능하다면, 의대생이나 간호사, 다른 가용한 모든 의료 인력의 도움을 얻어 이를 시행해야 한다. 주요 의료 정보를 포함한 밴드나 라벨을 환자의 팔이나 손목에 부착하는 것을 고려한다.

Section III.2 입원 시점에서 압계중후군 환자에 대한 특수한 처치

III.2.A: 상처가 경미하더라도 모든 재해 손상자에게 압계중후군의 증상이나 징후가 있는지에 대해 확인한다.

III.2.B: 투여되는 모든 수액을 확인하고 칼륨이 포함된 수액을 배제한다.

III.2.C: 가능한 빠르게 혈청 칼륨 농도를 확인한다. 유용한 검사 시설이 없거나 검사가 지연되는 경우 현장 내 치료(point-of-care) 장치(예: iSTATr)를 이용하거나 고칼륨혈증의 확인을 위한 심전도를 시행한다.

III.2.D: 고칼륨혈증을 즉시 치료하고 보다 확실한 2차 긴급 조치를 시행한다. 1) 응급 조치에는 글루콘산칼슘(calcium gluconate), 포도당-인슐린(glucose-insulin) 혼합수액, 탄산수소소듐(sodium bicarbonate), 베타2 작용제(β2-agonist)가 있다. 2) 2차 긴급 조치에는 투석과 케이엑살레이트(kayexalate)가 있다.

III.2.E: 요도 출혈이나 열상을 배제한 후 모든 압계 손상자에게 도뇨관을 삽입하고 소변량을 확인한다. 핏뇨, 무뇨가 확인된 급성콩팥손상 환자나 정상적인 콩팥 기능으로 회복한 환자의 경우에는 도뇨관을 제거한다.

III.2.F: 요 시험지(Dipstick) 방식으로 요 검사를 시행하고, 가능하다면 현미경적인 검사도 수행한다.

III.2.G: 핏뇨 환자에서 체액 과부하가 있는 경우 수액 투여를 제한하고 필요에 따라 투석과 함께 또는 단독으로 초여과를 시행한다.

III.2.H: 산증이나 알칼리증, 증상을 동반한 저칼슘혈증, 감염 등과 같은 공존하는 응급 상황을 치료한다.

근거

III.2.A: 상처가 경미하더라도 모든 재해 손상자에게 압궤증후군의 증상이나 징후가 있는지에 대해 확인한다.

압궤증후군은 큰 근육, 특히 하지 근육에 대한 외상 후에 잘 발생하지만, 상지의 경미한 손상에서도 압궤증후군이 발생할 수 있다; 따라서 모든 재난 손상자들에서 압궤증후군의 위험성이 증가한다[12,20]. 핍뇨나 짙은 갈색의 소변 색깔, 고혈압, 부종, 호흡 곤란, 오심, 구토는 압궤 관련 급성콩팥손상을 시사한다. 외상을 입은 사지의 둘레를 정기적으로 측정하고 변화를 확인함으로써 압궤증후군의 첫 징후 중 하나인 구획증후군의 발생을 평가한다.

궁극적인 예후에 대한 단서를 제공할 수 있으므로 신중하게 신체 검진을 시행한다. 고베 지진의 압궤 손상자에서 4가지 인자(분당 120회 이상의 빈맥, 소변 색의 이상, ml 당 18,000 이상의 백혈구 수, 5 mmol/L 이상의 고칼륨혈증)들이 의료 기관에서의 심각하거나 치명적인 압궤증후군의 예측 인자였다[83].

III.2.B: 투여되는 모든 수액을 확인하고 칼륨이 포함된 수액을 배제한다.

많은 손상자들의 경우 재난 현장이나 이송 도중에 수액 투여가 시작된다. 그러나 이러한 수액들은 권고안과는 다르게 칼륨을 포함하고 있을 수 있다. 마르마라 지진에서 콩팥 손상을 입은 손상자들의 10%가 병원에 입원했을 때 칼륨을 포함하는 수액을 투여 받고 있었으며, 이는 생명을 위협하는 고칼륨혈증의 위험성을 심각하게 증가시킬 수 있다[12,149]. 따라서 입원 당시에 투여되고 있는 수액을 확인하고 칼륨을 포함하고 있으면 즉각 교체해야 한다.

수액 투여를 받고 있지 않은 경우에는 환자의 상태에 따라 정맥을 통해 생리식염수나 반-생리식염수를 투여하고, 가능하다면 이 수액에 중탄산염을 추가한다(Section II.6.A, 표 3 참조).

III.2.C: 가능한 빠르게 혈청 칼륨 농도를 확인한다. 유용한

검사 시설이 없거나 검사가 지연되는 경우 현장 내 치료(point-of-care) 장치(예: iSTATr)를 이용하거나 고칼륨혈증의 확인을 위한 심전도를 시행한다.

압궤 손상자에서 치명적인 고칼륨혈증은 콩팥 부전이 없는 경우라도 어느 시점이라도 발생할 수 있다. 가장 신뢰할 수 있고, 정확하고, 노동력이 적게 드는 혈청 칼륨 농도 측정 방법은 생화학적인 평가이다. 압박띠(tourniquet)을 오래 묶은 상태에서의 채혈이나 적혈구 증가증, 채혈 후 원심 분리나 측정까지 시간이 오래 지체된 경우 등에 따른 가짜 고칼륨혈증을 항상 배제해야 한다. 고전적인 실험실적 검사가 불가능하거나 지연되는 경우, 가능하다면 현장 내 치료(point-of-care) 장치(예: iSTAT)나 혈액 가스 분석 장치를 사용한다[150].

긴급한 생화학적 검사가 불가능한 경우 심전도(ECG)가 고칼륨혈증에 의한 징후를 발견하는 데 가장 유용한 대체 검사 방법이다(그림 5, 표 7).

그림 5 고칼륨혈증의 심전도 소견들

소견들은 도식화됨; 칼륨 농도는 근사치임(허락하에 [12]에서 인용). 심전도 소견들은 고칼륨혈증에 특이적인 것이 아닌 시사의를 미함; 고칼륨혈증의 다른 농도에서도 비슷한 변화가 발생할 수 있음

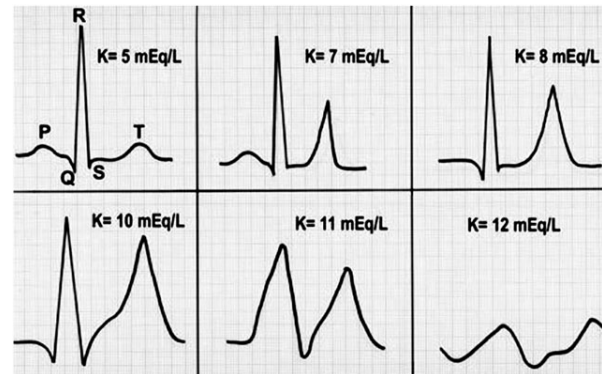


표 7 다양한 고칼륨혈증 농도에서의 심전도 소견들

혈청 칼륨 농도	심전도 소견
6-7 meq/L	높고, 뾰족하고, 좁은 T 파
8 meq/L	P 파의 소실 또는 P-QRS 관계의 소실
10 meq/L	이상한 QRS 복합체
11 meq/L	2상의 꺾임(QRS-ST-T 파의 병합)
12 meq/L	심실 세동 또는 심 정지

심전도 변화들[높고, 뾰족하고, 좁은 T-파, P-파의 소실, 가(pseudo)-경색 양상, 다발 갈래 차단(bundle branch blocks), 심각한 서맥, 방실 해리, P-QRS 관계의 소실, 넓어진 QRS 복합체, 2상의 꺾임]은 혈청 칼륨 농도의 개략적인 지표들이다[131, 152].

심전도 이상의 부재가 고칼륨혈증을 배제하지는 않는다. 또한, 고칼륨혈증과 관련한 심전도 변화들이 항상 특이적이지는 않다: 뾰족한 T-파는 건강한 성인이나 심근 경색, 뇌내 출혈, 심근 파열, 혈심낭에서도 관찰될 수 있다 [130, 131]. 그러나, 혼란스러운 응급 상황에서는 아니라는 증거가 나올 때까지는 이러한 소견들에 대해 고칼륨혈증에 준해서 치료한다. 가능한 빠르게 혈액의 칼륨 농도를 확인한다.

고칼륨혈증이 의심되는 소견이 있는 경우에는 어떠한 경우라도 검사실 결과를 기다리지 말고 경험적으로 고칼륨혈증 치료를 시작한다(표 8).

표 8 압케증후군 환자에서의 고칼륨혈증 치료[123,155,164-167]^a

개입	효과 시작 시간 /지속 시간	효과를 내는 기전	개입	설명
글루콘산 칼슘 (10%)	1-2분 /1-2시간	심장 세포막 흥분성 (membrane excitability) 회복	- 10% 글루콘산 칼슘 용액 10 ml를 2-3분 동안 정주 - 고칼륨혈증의 임상 증후가 사라지 면 투여 중단	- 생명을 위협하는 부정맥이 있는 경우에만 사용함 - 투여하는 동안 심전도를 모니터링함 - 강심제나 관련된 치료를 받는 환자에서는 사용하지 않거나, 매우 주의해서 사용해야 함 - 칼슘이 외상을 입은 근육에 저장되어 회복기 동안 고칼륨혈증을 유발할 수 있음 - 혈관 외로 유출되는 경우 조직 괴사를 유발할 수 있음
중탄산염 (8.4%)	0.5-1시간 /1-2시간	- 산증 교정 - 칼륨을 세포 내로 이동시킴	- 8.4%의 중탄산염 50 ml를 5% 포도당이나 0.45% 식염수 50-100 ml에 희석해서 0.5-1시간 동안 정맥으로 투여	- 체액 과부하가 발생할 수 있으며, 저칼륨혈증 증상을 악화시킬 수 있음 - 포도당-인슐린 수액과 함께 투여할 수 있음 - 단기간의 효과에 대한 우려가 있음
인슐린과 포도당	1시간 /4-6시간	- 칼륨을 세포 내로 이동시킴	- 20% 포도당 500 ml에 25 단위 (신부전의 경우 10 단위)의 정규 인슐린(regular insulin)을 추가해 시간당 250 ml의 속도로 정맥을 통해 투여함	- 손상을 입은 근육으로의 칼륨 이동이 제한적 일 수 있으므로 압케 손상자에서는 효과가 없을 수 있음 - 고장성 포도당의 경우에는 중심 정맥을 통해 투여되어야 함 - 투여가 끝나면 인슐린(insulin)을 추가하지 않 은 5% 포도당 용액을 투여해서 저혈당을 예방해야 함
β2 아드레 날린 작용제 (salbutamol, albuterol)	0.5-1시간 /2-4시간	- 칼륨을 세포 내로 이동시킴	- 4 ml의 식염수에 10-20 mg을 섞어 분무 형태로 10분간 투여 하거나, 0.5 mg을 정맥을 통해 투여함	- 빈맥이나 부정맥, 협심증을 유발할 수 있음 - 급성 관상동맥 증후군이 있는 환자에서는 위험할 수 있음 - 부정맥이 있는 환자에게 위험할 수 있음
혈액투석	0.5시간 /5-6시간	- 투석을 통해 체내에서 칼륨을 제거함	- 투석 팀에 의해 적용함	- 가장 효과적인 치료 방법임 - 필요하다면 하루에 여러 차례 시행할 수 있음 - 항응고 치료가 필요하며, 혈관 접근로를 확보 해야 함 - 투석 후에 고칼륨혈증 반동에 대한 모니터가 필요함
케이엑살 레이트 (Kayexalate) (경구, 관장)	2-6시간/ /지속 시간	- 체내에서 대변으로 칼륨을 제거함	- 경구: 5-20 g의 소비톨(sorbitol) 과 15-60 g의 케이엑살레이트를 물에 섞어 복용 - 관장: 10-18 g의 소비톨(sorbitol) 과 30-50 g의 케이엑살레이트 (kayexalate)를 150-200 ml의 수돗물에 섞어 폴리도뇨관(foley catheter)을 이용하여 직장을 통 해 투여함. 카테터(catheter)의 풍 선을 부풀려 관장액이 직장내 2-3 시간 머무르도록 함. 카테터를 빼 기 전 나트륨이 섞이지 않은 용액 으로 장을 세척함	- 4-6시간 간격으로 경구 투여를 반복할 수 있 으며, 관장은 2-4시간 간격으로 반복할 수 있음 - 관장의 효과가 더 빠르게 나타나지만 경구 투여보다 효과는 덜 저명함 - 관장의 경우 매회 칼륨 농도를 0.5-1 mmol/L 정도 감량함 - 최근에는 그 효과에 대해 의문이 제기됨 - 드물지만 심각한 독성이 있음 - 혈청 칼륨 농도가 빠르게 상승하는 경우에는 이상적인 치료 방법은 아님

a 치료 결과는 생화학적인 검사를 자주 해서 확인하거나, 이것이 불가능한 경우 심전도를 자주 모니터링한다.

III.2.D: 고칼륨혈증을 즉시 치료하고 보다 확실한 2차 긴급 조치를 시행한다. 1) 응급 조치에는 글루콘산칼슘(calcium gluconate), 포도당-인슐린(glucose-insulin) 혼합수액, 탄산수소소듐(sodium bicarbonate), 베타2 작용제(β 2-agonist)가 있다. 2) 2차 긴급 조치에는 투석과 케이엑살레이트(kayexalate)가 있다.

고칼륨혈증의 치료는 중증도 및 결과 확인에서 첫 치료까지 걸린 시간에 따라 달라질 수 있다. 7 mmol/L 이상의 심각한 고칼륨혈증의 경우 정맥으로 calcium gluconate 및 glucose-insulin 수액, 중탄산염을 투여하거나 β 2-작용제를 투여한다. 산증이나 소변량이 없는 상태에서 혈청 칼륨의 감소에 중탄산염이 미치는 영향은 아직 미지수인 점을 고려해야 한다(표 8)[153,154].

전무하지는 않으나, 이러한 조치들의 이점은 대부분 일시적이며 치료 후 고칼륨혈증이 재발할 수 있다. 따라서, 고칼륨혈증에 대한 가장 효과적인 치료인 투석을 후속 조치로 취하는 것을 배제하지는 않아야 한다. 투석을 시작하기까지 시간이 걸리기 때문에 고칼륨혈증에 대한 긴급한 치료가 필요한 경우에는 다른 방법을 사용해야 한다.

혈액투석은 초기 혈청 칼륨 농도 및 투석 적절성, 투석액의 칼륨 농도에 따라 매 회마다 약 80-140 mmol의 칼륨을 제거할 수 있다[155]. 혈청 칼륨 농도는 첫 60분의 혈액투석으로 1-1.3 mmol/L가 감소하며 180분 후에는 2 mmol/L 정도로 감소하고, 이후에는 그 변화 정도가 점차 감소하게 된다[154,156]. 2 mmol/L 미만의 칼륨 농도의 투석액을 이용한 투석이 고칼륨혈증을 치료하는 데 더 효율적이지만, 이러한 치료로 빠르게 혈청 칼륨이 감소하는 경우 부정맥이 발생할 가능성이 있다[154,157]. 이러한 합병증은 투석액의 칼륨 농도를 서서히 감소시킴으로써 예방할 수 있다. 또 다른 방법은 2 mmol/L의 칼륨 농도 투석액을 이용해서 장시간 투석을 하는 것이지만, 이러한 방법은 투석 시설에 비해 투석을 요하는 환자의 수가 많은 대량 재난 상황에서는 적용하기가 어려울 수 있다.

칼륨 재상승은 투석 후 항상 발생하는데, 투석 1시간 후 투석을 통해 감량된 칼륨의 35%, 6시간 후에는 70%에

가까운 재상승이 발생한다[158]; 따라서 투석 후에도 혈청 칼륨 농도를 계속 모니터링해야 한다.

복막투석(PD)은 청소율이 낮아 고칼륨혈증을 치료하는 첫 번째 방법으로 고려되지는 않는다. 그러나 복막투석만이 유일한 투석 방법인 경우에는 다른 고칼륨혈증 치료 방법과 동시에 복막투석을 갖게 교환하는 방식을 적용할 수 있다[159].

고칼륨혈증이 잘 발생하는 압궐 손상자에서는 저칼륨 식사와 경구 케이엑살레이트(kayexalate)를 처방한다. 케이엑살레이트의 효과에 대해서는 이견이 있으나[160], 생명을 위협하는 치명적인 고칼륨혈증의 위험성을 고려하여 전문가들은 재난 압궐 손상자에서 케이엑살레이트를 사용할 것을 권고한다.

케이엑살레이트(kayexalate)는 장내에서 식이로 섭취된 칼륨의 흡수를 억제하는데, 식이 섭취가 없는 상황에서도 케이엑살레이트 1 g이 약 1 mmol의 칼륨을 제거할 수 있다. 케이엑살레이트의 효과는 경구 투여 후 2-6 시간 이내에 발생한다[155]. 매일의 경구 케이엑살레이트 용량은 15 g에서 60 g으로 다양하며, 변비를 예방하기 위해 1/3 용량의 소비톨(sorbitol)을 함께 처방한다. 소비톨이 장상피에 미치는 독성을 피할 수 있도록 이를 대체할 수 있는 다른 삼투압성 변비약으로는 마크로폴(macrogol) [폴리에틸렌글라이콜(polyethylene glycol)(Movicol®, Miralax®)] 등이 있다.

경구 케이엑살레이트(kayexalate)로 인해 오심이나 구토가 발생하거나, 케이엑살레이트의 경구 투여가 금기이거나 불가능한 경우에는 직장 관장을 시행할 수 있다(표 8)[154]. 케이엑살레이트가 장 천공과 관련이 있을 수 있으므로, 장 마비가 있거나 복부 수술을 한 경우에는 케이엑살레이트관장을 피해야 한다.

III.2.E: 요도 출혈이나 열상을 배제한 후 모든 압궐 손상자에게 도뇨관을 삽입하고 소변량을 확인한다. 핏뇨, 무뇨가 확인된 급성콩팥손상 환자나 정상적인 콩팥 기능으로 회복한 환자의 경우에는 도뇨관을 제거한다.

거치 도뇨관으로 시간당 소변량을 정확하게 측정할 수 있으며 혈관 내 체액량이 적절히 보충이 될 때까지 수액 치료에 대한 초기 반응을 모니터링하는 데 유용한 변수이다. 그러나 카테터는 특히 대부분의 재난에 동반되는 혼란한 상황에서 감염의 위험을 동반한다[161]. 따라서 의식이 없는 골반 외상 환자나, 요도 폐쇄가 의심되거나 수술이나 고정 상태 등의 필수적인 상황이 아니라면 펍노, 무뇨가 확인된 급성콩팥손상 환자나 정상적인 콩팥 기능으로 회복이 되어 더 이상 소변량을 모니터링하는 것이 필요하지 않는 경우에는 카테터를 제거한다.

III.2.F: 요 시험지(Dipstick) 방식으로 요 검사를 시행하고, 가능하면 현미경적인 검사도 수행한다.

일상적인 요 시험지(dipstick) 검사와 현미경적인 분석은 급성콩팥손상의 원인을 감별하는 데 도움이 될 수 있다.

- 급성콩팥손상인 상황에 요 검사가 정상인 것은 신전(pre-renal) 또는 신후(post-renal) 원인을 시사하며, 비정상적인 요 검사 결과는 ‘콩팥 자체’의 원인을 의미한다.
- 요 시험지(dipstick) 검사에서 혈액에 양성 반응이 있으나 현미경에서 적혈구가 관찰되지 않는 것은 근색소뇨(myoglobinuria) 또는 혈색소뇨(hemoglobinuria)의 전형적인 소견이다[162].
- 요 비중이 높고 소변 내 나트륨 농도가 낮은 것은 신전(pre-renal) 질소혈증을 지지하는 소견이다. 횡문근융해증에 의한 급성콩팥손상은 원위 세뇨관 기능은 정상인 상태에서 심한 콩팥 혈관 수축으로 인해 급성 세뇨관 폐사가 있는 경우에도 소변 내 나트륨 농도가 낮게 관찰될 수 있다[163]. 조기 진단 및 감별 진단, 급성콩팥손상의 예측 관련 생체 표지자에 대한 자세한 논의는 콩팥병전체결과개선(KDIGO) 급성콩팥손상 지침에서 확인할 수 있다[109].

III.2.G: 펍노 환자에서 체액 과부하가 있는 경우 수액 투여를 제한하고 필요에 따라 투석과 함께 또는 단독으로 초여과를 시행한다.

펍노이거나 펍노로 진행하는 경우 다량의 수액을 투여 받은 손상자는 체액 과부하 상태가 될 수 있다. 체액 과부하, 과혈량증은 잠재적으로 생명을 위협하는 고혈압 및 폐부종을 유발할 수 있다[116]. 이들 대부분은 이뇨제에 반응하지 않기 때문에 가능한 빨리 초여과를 시작한다[168]. 초여과 단독으로 시행할 수 있으나 투석을 병행하는 경우 독성 물질, 특히 칼륨을 함께 제거하는 장점이 있다.

배액 문제가 있거나 복부 또는 흉곽 외상의 경우 복막 투석은 낮은 효율과 심부전과 호흡 부전을 악화시킬 수 있기 때문에 초여과 목적에 적절하지 않다[169]. 따라서 초여과가 필요한 경우 가능하지만 하면 혈액투석이 선호된다.

III.2.H: 산증이나 알칼리증, 증상을 동반한 저칼슘혈증, 감염 등과 같은 공존하는 응급 상황을 치료한다.

급성콩팥손상과 더불어 압궐 손상자에서 자주 발생하는 합병증 중 긴급한 치료를 요하는 것들에는 산증과 알칼리증, 증상을 동반한 저칼슘혈증, 감염들이 있다.

산증: 고음이온차(high anion gap)를 동반한 대사성 산증은 다른 원인에 의한 것보다 횡문근융해증에 따른 급성콩팥손상에서 자주 발생할 수 있는데, 그 이유는 [9, 122, 124, 162]:

- 황산이나 인산과 같은 유기산들이 괴사된 근육 세포로부터 방출되고,
- 급성콩팥손상으로 인해 유기산들이 배출되지 않고 저류되고,
- 환자가 저혈량증을 동반하는 경우 젖산증이 자주 발생하고,
- 손상 받은 근육으로부터 방출된 핵산이 요산으로 전환되고,

- 세포내로 탄산수소염이 이동하면서 탄산수소염의 분포 범위가 넓어지고 혈중 농도가 낮아지기 때문이다.

고칼륨혈증에 의한 호흡 근육의 마비나 먼지를 들이마신 후 폐의 화학적 자극에 의한 질식, 횡경막이나 갈비뼈 사이 근육의 직접적인 손상에 따른 호흡성 산증 또한 대사성 산증의 발생에 기여할 수 있다.

심한 산증은 심장 근육의 수축력을 감소시키고, 심박출량과 혈압을 떨어뜨리고, 세포와 효소의 작용을 변화시키고, 약물 독성 위험을 증가시키기 때문에 의학적인 응급 상황이다[170].

산증을 치료하기 위해 기저 원인을 파악해야 한다. 가능하다면 가장 효과적인 치료 방법인 혈액투석을 시행한다. 투석을 시행할 수 없는 상황에는 정맥을 통해 중탄산염을 투여한다. 그러나 정맥을 통한 중탄산의 투여 적응증은 아직 확립되어 있지 않다[171]. 전문가들은 혈액의 수소이온농도(pH)가 7.1 미만인 경우 투석을 할 수 있는 방법을 찾는 동안 중탄산염을 조심스럽게 투여할 수 있다고 권고한다[170,172]. 중탄산염 치료는 고나트륨혈증이나 저칼륨혈증과 같은 전해질 이상을 유발할 수 있고 신중하게 투여하지 않으면 과잉에 의한 알칼리증의 원인이 될 수 있다.

알칼리증: 대사성 알칼리증은 압궐 손상자에서는 드문 합병증으로, 대부분 알칼리 수액을 치료하는 동안 중탄산염의 과잉으로 발생한다[12,122]. 또한 높은 농도의 중탄산염 투석액을 이용한 혈액투석도 알칼리증의 원인이 될 수 있다. 호흡성 알칼리증의 가장 흔한 원인은 고체온증이다.

알칼리증은 칼슘의 단백질 결합을 증가시킴으로써 이온화 칼슘을 감소시키고, 결과적으로 전체 혈청 칼슘 수치가 정상인 상황에서도 경련을 유발할 수 있다. 혈액의 수소이온농도(pH)가 7.45 이상으로 증가하면 전이성 골-외석회화(megastatic extra-osseous calcification)의 위험성이 증가한다. 알칼리증을 예방하기 위해 가능하다면 중탄산염 치료를 받는 모든 환자의 소변과 혈액 수소이온농도(pH)를 자주 측정해야 한다. 소변의 수소이온농도가

6.0으로 감소하거나 혈장의 수소이온농도가 7.45 이상 증가하면 탄산수소염의 소변 배출을 증가시키기 위해 500 mg의 아세트아졸아마이드(acetazolamide)를 정맥으로 투여한다[54,64]. 혈액투석을 위한 일상적인 투석액은 중탄산 농도가 32-36 mmol/L로 높아 알칼리증을 유발할 수 있으므로, 알칼리증이 지속되는 경우 20-28 mmol/L의 낮은 중탄산염 농도의 투석액을 사용한다.

저칼슘혈증: 근육이나 다른 조직(전이성 석회화)에 의한 인산 칼슘의 침착이나 고인산혈증의 직접적인 영향, 고인산혈증에 의한 칼시트라이올(calcitriol) 합성 억제, 부갑상샘호르몬(PTH)에 대한 뼈의 저항성으로 인해 압궐 손상자에서 저칼슘혈증이 발생할 수 있다[16,123,162,173,174].

환자가 증상을 호소하지 않으면 저칼슘혈증을 치료하지 않는데, 칼슘이 근육 내에 침착해서 회복기에 재방출되어 고칼슘혈증을 일으킬 수 있기 때문이다[173-176]. 그러나 증상을 동반한 저칼슘혈증은 의학적 응급 상황으로 빠른 교정이 필요하다. 저칼슘혈증의 증상에는 이상 감각, 손발 연축, 경련, 저혈압, 발작, 호보스테크/트루소(Chvostek/Trousseau) 징후, 서맥, 심장 수축력 저하, QT 간격 증가 등이 있다[177].

글루콘산 칼슘의 정맥 주입으로 증상을 동반한 저칼슘혈증을 치료한다(10 ml 병에 있는 10% 용액에는 90 mg의 칼슘 원소가 포함되어 있다). 정맥으로 칼슘(1-2 g의 글루콘산 칼슘, 90-180 mg의 칼슘 원소와 동량, 50 ml의 5% 포도당에 혼합)을 10-20분에 걸쳐 주입한다[177]. 더 빠르게 투여하는 경우에는 심장 기능 이상이나 심정지의 위험이 높아진다. 따라서 10병(100 ml)의 글루콘산 칼슘, 900 mg의 칼슘 원소와 동량, 900 ml의 5% 포도당에 혼합하고, 이를 시간당 50 ml의 속도로 투여한다. 혈청 칼슘 농도가 증가하지 않으면 투여 속도를 증량하고, 저칼슘혈증이 호전되면 투여 속도를 줄인다[178]. 체중당 15 mg의 칼슘 원소가 투여되는 경우 70 kg 환자의 혈청 칼슘 농도는 2-3 mmol/L 증가할 것이다. 탄산 칼슘 침착의 위험이 있으므로 칼슘 용액을 중탄산염을 투여하는 경로를 통해 투여해서는 안된다. 압궐 손상자들은 종종 수혈이 필요할 수 있는데, 혈액 제제에는 구연산(citrate)이 포함되어

있어 수혈하는 동안 증상을 동반한 저칼슘혈증이 발생할 수 있으므로 추가로 칼슘(calcium)을 투여해야 한다.

감염: 많은 압궐 손상 환자들이 상처 감염에 의해 사망한다[161,179]. 치료를 위해 가능한 빨리 항생제 치료와 함께 외과적인 조직 절제를 시행해야 한다[134].

감염 예방이란 혈행성 또는 조직 침투를 예방하기 위한 과정을 지칭하며, 특히 외과적인 처치 전에 행해지는 근막절개술이나 개복술 등의 개입들을 말한다. 그러나 조직이 오염되어 있는 경우 항생제 사용이 선제적인(pre-emptive) 치료로 정의된다. 예방적인 억제제는 24시간 이상 투여하지 않고, 선제적인 항생제를 국소적인 상처 치료 후 5일 동안 투여한다.

압궐 상처에서 가장 흔하게 관찰되는 병원균은 연쇄상구균, 포도상구균, 혐기균이다. 따라서 베타락탐/베타락탐분해효소(β -lactam/ β -lactamase) 억제제가 경험적인 치료로 선호된다. 다양한 상처 종류에 대한 경험적인 항생제들은 표 9에 정리되어 있다.

세파졸린(cefazolin)은 1세대 세팔로스포린(cephalosporin)으로 그람 양성 구균과 일부 그람 음성 간균에 대해 효과적이며, 대부분의 압궐 손상자에게 유용하다. 겐타마이신(gentamicin)은 그람 음성 간균을 치료하는 데 탁월하며 복부 손상이나 심한 개방성 골절에 종종 사용되지만, 압궐 환자에서는 콩팥 독성으로 인해 잘 사용되지 않는다. 아미노당화물(aminoglycoside) 대신 시프로플록사신(Ciprofloxacin)을 사구체여과율에 따라 용량을 조절하여 사용할 수 있으나, 퀴놀론(quinolone) 치료를 받은 환자에서 부적절한 뼈 치유에 대한 논란이 있다. 세프트라이악손(ceftriaxone)은 그람 음성 간균에 잘 대응할 수 있으며, 압궐 손상 부위를 피하고 감염 유발 위험이 배제되어 충분한 위생이 보장된다면 근육 주사로도 투여할 수 있다. 아목시실린/클라불란 산(amoxicillin/clavulanic acid)을 대체제로 사용할 수 있으며 치료제를 경구 단계로 낮춰 치료할 수 있는 경우에는 아목시실린/클라불란 산을 지속해서 투약할 수 있다.

항생제 선택에 있어 재난 현장의 혼란한 상황을 고려

해야 하기 때문에 일상적인 투여 방식으로 투여하지 못할 수 있다. 약동학이나(예: ceftriaxone) 급성콩팥손상의 경우 배출이 지연되어(예: 세파졸린(cefazolin), 반코마이신(vancomycin), 테이코플라닌(teicoplanin)) 하루에 한 번 또는 그보다 적은 횟수로 투여해도 효과적인 항생제들이 선호된다. 혈액투석을 하는 경우에는 투석 후 투석실에서 항생제를 투여하는 요법을 사용할 수 있다. 반코마이신은 펄노가 있는 급성콩팥손상 환자에서 5일째까지도 치료 농도가 유지될 수 있으나, 가능하다면 반코마이신 농도를 측정해서 투여 간격을 조절해야 한다.

콩팥 기능이 감소한 경우의 여러 항생제의 정맥 투여 용량이 표 10에 제시되어 있다.

오염이나 상재균 또한 배양 검사에서 양성의 결과를 보일 수 있으므로, 붓어짐이나 열감, 통증, 종괴 등 염증의 징후가 없는 경우에는 항생제를 사용하지 않는다. 봉와직염이 없는 표재성 감염은 조직 절제나 배액만으로도 치료될 수 있으나, 상기 기술한 징후가 없더라도 심부 조직의 광범위한 절제가 필요한 경우에는 전신 항생제를 투여해야 한다[186]. 항생제를 선택할 때에 지역이나 병원 내 항생제 내성의 양상을 고려해야 하고 콩팥 기능이나 투석 여부에 따라 용량을 조절해야 한다. 콩팥 부전의 경우에도 부하 용량은 통상 용량으로 투여한다.

표 9 외상 환자의 상처 감염에 대한 예방적/선제적 항생제 권고안[180-184]

외상 종류	가능한 병원균	일반적인 치료 ^a	대체
두부 외상	포도상구균	세파졸린(cefazolin)	암피실린-설박탐(ampicillin-sulbactam) ^b
얼굴-턱 골절	포도상구균	세파졸린	암피실린-설박탐
흉곽 절개술	포도상구균, 연쇄상구균	세파졸린	암피실린-설박탐
복부 손상	그람 음성 간균, 혐기균	세프트라이악손(ceftriaxone) + 메트로니다졸(metronidazole)	암피실린-설박탐
폐쇄성 골절	포도상구균	세파졸린	암피실린-설박탐
개방성 골절	포도상구균, 그람 음성 간균	세파졸린 + 시프로플록사신(ciprofloxacin)	암피실린-설박탐
근막절개술	포도상구균, 그람 음성 간균, 혐기균	세파졸린 + 시프로플록사신	암피실린-설박탐
급성콩팥손상을 동반한 압궐	포도상구균, 그람 음성 간균, 혐기균	세파졸린	암피실린-설박탐
화상	황색 포도상구균, 녹농균, 아시네토박터균, 곰팡이	국소 항균제	

a 페니실린(penicillin)에 알레르기가 있는 환자에게는 세파졸린(cefazolin)을 투여하고 암피실린-설박탐(ampicillin-sulbactam)에 알레르기가 있는 환자에게는 클린다마이신(clindamycin)을 투여한다. 만약 그람 음성균 감염이 의심되는 경우(예: 복부 손상이나 개방성 골절, 근막절개술 상처)에는 베타락탐(β -lactam) 대신 모시플록사신(moxifloxacin)이나 타이가실주(tigecycline) 단독 치료를 고려할 수 있다

b 경구 아목시실린-클라불란산(amoxycillin-clavulanate)을 경정맥 암피실린-설박탐(ampicillin-sulbactam) 대신 사용할 수 있다.

표 10 콩팥 기능이 감소한 환자에서의 항생제 용량 [185]

용량은 투석 방법이나 잔존 콩팥 기능에 따라 달라져야 한다.

항생제	통상 용량	크레아티닌 청소율 > 30 ml/min	크레아티닌 청소율 10-30 ml/min	크레아티닌 청소율 < 10 ml/min	투석 환자에 대한 첨언
아목시실린/ 클라불란산 (amoxicillin/ clavulanate)	875/125 mg, 12시간마다 또는 250/125- 500/125 mg 8시간마다	변동 없음, 875 mg 제제나 배출이 지연 되는(extended release) 제제를 사용하지 않음	250-500/125 mg, 12시간마다	250-500/125 mg, 24시간마다	- 중등도로 투석에 의해 제거될 수 있음 - 250/125 - 500/125 mg 24시간 마다 - 투석일에는 투석 후 투여
암피실린/설파탐 (ampicillin/ sulbactam), 경정맥, 근육내	1.5-3 g, 6-8시간마다	변동 없음	1.5-3 g, 12시간마다	1.5-3 g, 24시간마다	- 크레아티닌 청소율 < 10 ml/min와 동일 - 투석일에는 투석 후 투여
세파졸린 (cefazolin)	1-2 g, 8시간마다 (2 g 8시간마다 까지)	변동 없음	1 g, 12시간마다	1 g, 24-48시간마다	- 중등도로 투석에 의해 제거될 수 있음 - 1g, 24시간마다 - 투석일에는 투석 후 투여
세프트라지딴 (ceftazidime)	1-2 g, 8-12시간마다	1 g, 12시간마다	1 g, 24시간마다	1 g, 48시간마다	- 투석에 의해 제거될 수 있음 - 크레아티닌 청소율 < 10 ml/min와 동일 - 투석일에는 투석 후 1g 추가 투여
세프트라이악손 (ceftriaxone)	1-2 g, 24시간마다	콩팥 기능에 따른 조정이 불필요함			- 조정이 필요하지 않음 - 투석일에는 투석 후 투여
시프로플록사신 (ciprofloxacin), 경정맥	200-400 mg, 12시간마다	변동 없음	200-400 mg, 24시간마다	200-400 mg, 24시간마다	- 200 mg, 12시간마다 또는, 200-400 mg, 24시간마다 - 투석일에는 투석 후 투여
시프로플록사신, 경구	250-750 mg, 12시간마다	변동 없음	250-750 mg, 24시간마다		- 250 mg, 12시간마다 또는 250-500 mg, 24시간마다 - 투석일에는 투석 후 투여
답토마이신 (Daptomycin)	체중당 6 mg, 24시간마다	변동 없음	체중당 6 mg, 48시간마다	체중당 6 mg, 48시간마다	체중당 6 mg, 48시간마다
젠타마이신 (gentamicin)	심한 감염, 체중 당 2-2.5 mg, 8-12시간마다	변동 없음	체중당 2-2.5 mg, 24시간마다	부하 용량으로 체중당 2-3 mg 투여 후 농도 모니터	- 투석에 의해 제거될 수 있음 - 부하 용량으로 투석 후 2-3 mg, 이후 농도 모니터
메트로니다졸 (metronidazole)	500 mg, 6-8시간마다	변동 없음	변동 없음	500 mg, 8-12시간마다	- 500 mg, 8-12시간마다 - 투석일에는 투석 후 투여
반코마이신 (vancomycin)	500 mg, 6시간마다 또는 1 g, 12시간마다	체중당 20 mg, 36시간마다	체중당 20 mg, 48-60시간마다	체중당 20 mg, 96-144시간마다	- 초기 용량은 체중당 15 mg을 넘지 않아야 함 - 투석에 의해 제거되지 않으나 고유량 투석막에서는 제거될 수 있음. 투석 후 1-2 g을 투여하고, 이후 매 투석 마지막 30분 동안 500 mg을 투여

Section IV. 압궐증후군 손상자에서의 근막절개술과 절단

IV.1: 근막절개술

IV.2: 절단

Section IV.1 근막절개술

IV.1.A: 신체 징후나 구획 내 압력 측정을 통해 확실한 적응증이 아닌 경우 일상적으로 근막절개술을 시행하지는 않는다.

IV.1.B: 금기가 아니라면 예방적인 조치로 구획 내 압력의 증가를 치료하기 위해 마니톨(mannitol) 투여를 고려한다.

근거

IV.1.A: 신체 징후나 구획 내 압력 측정을 통해 확실한 적응증이 아닌 경우 일상적으로 근막절개술을 시행하지는 않는다.

근막절개술은 구획 내 압력을 낮추고 구획증후군을 치료하는 효과적인 방법이나 종종 합병증을 유발하기도 한다. 근막절개술은

- 혈관 압박과 원위부 허혈, 괴사에 따른 횡문근융해증의 악화[187,188],
- 횡문근융해증의 범위와 그 중증도가 연관되어 있는 콩팥 부전[189-191],
- 비가역적인 신경학적 손상과 사지 기능 장애, 허혈성 볼크만(Volkmann's) 구축[61,187,192],
- 연부조직과 뼈의 감염[191,193]

을 예방할 수 있다.

그러나, 근막절개술은 다음의 심각한 합병증의 위험 또한 포함한다:

- 감염. 압궐 손상은 대부분 폐쇄성으로, 피부는 감염에 대항하는 이상적인 장벽 역할을 한다. 근막절개술은 개방성 상처를 만드는 것으로 감염과 패혈증의 위험이 증가하게 되고[19,52,194], 압궐 손상자의 사망률 또한 증가하게 된다[23].

- 근막절개술에 따른 국소적인 감염은 절단의 위험성을 높일 수 있다[69].

- 근막절개술 상처로 혈장이 누출되기 쉽고 모세혈관벽의 거름 능력이 외상과 산성의 환경에 의해 소실되기 때문에 출혈이 발생하기 쉬워[69,105], 환자의 혈액학적 상태가 더 불안정해지게 된다.

- 근막절개술은 장기적으로 심한 감각 및 운동 기능 이상을 유발할 수 있다[196].

따라서 근막절개술은 많은 전문가들에 의해 일상적으로 시행되는 것이 권고되지는 않고 있으며[19,52,92], 근막절개술로 사지의 결과를 향상시킬 수도, 콩팥 기능을 호전시킬 수도 없는 폐쇄성의 급성 근육 압궐 구획증후군 환자에서는 금기증으로 간주되기도 한다[195].

이러한 논란으로 인해, 근막절개술은 재난 압궐 손상자에서 다양한 빈도로(13-80%) 행해졌다[20,48,197].

근막 내 압력 측정은 근막절개술 시행 여부를 결정하는 데 객관적인 기준을 제시할 수 있는 방법이다. 압력이 30 mmHg 이상이고 6시간 이내에 감소 경향을 보이지 않는다면 외과적인 근막절개술을 긴급하게 시행해야 한다[54, 162,190,192,198,199]. 또한 구획 내 압력과 이완기 혈압이 30 mmHg 이내로 차이가 날 때 심각한 관류 장애를 유발할 수 있으므로 근막절개술이 시행되어야 한다. 근막절개술을 시행해야 하는 구획 내 압력의 역치는 연구자마다 30에서 50 mmHg까지 다양하다[200]. 반대로 일상적인 근막절개술에 반대하는 연구자들도 원위부 맥박 소실이나 괴사 근육 조직의 근치적 절제가 필요한 상황 등 특별한 임상 상황이 있는 경우에는 근막절개술을 시행하는 것을 지지한다[52,199].

확실한 적응증인 경우 가능한 빨리 근막절개술을 시행해야 한다. 압계 손상시 근육 손상은 구획 내 압력이 상승하기 훨씬 전, 손상 후 즉각적으로 시작된다. 시간이 지날수록 근막절개술의 이점은 감소하고 단점은 증가한다. 조기(이상적으로는 근육 부종이 발생한 지 첫 12시간 이내)에 시행되는 경우, 연부 조직과 뼈의 감염이나 상처 치유 지연, 절단, 영구적인 기능 이상의 발생 위험이 낮다[195, 199]. 급성 구획증후군 66례에 대한 후향적인 연구에서 44명의 환자가 근막절개술을 시행받았는데, 12시간 이내에 수술을 받은 손상자의 68%가 감각이나 운동 기능의 이상 없이 회복된 반면, 후기에 수술을 받은 환자의 8%만이 영구적인 손상 없이 회복되었다[187].

IV.1.B: 금기가 아니라면 예방적인 조치로 구획 내 압력의 증가를 치료하기 위해 마니톨(mannitol) 투여를 고려한다.

구획증후군이 있는 환자에서 마니톨(mannitol) 투여는 근육 부종 및 구획 내 압력, 통증을 줄일 수 있다[97-99]. 마니톨의 효과는 40분 이내에 증상 회복 및 사지 부종 호전, 운동 기능 회복으로 확인할 수 있다[51]. 증명되지는 않았으나, 이러한 조치로 인해 외과적인 근막절개술의 필요성을 없애고 수술로 인한 합병증을 예방할 수 있다는 제안도 있었다[98]. 마니톨은 적어도 최적의 환경이 아닌 장소에서 근막절개술을 시행하지 않을 여분의 시간을 벌게 해줄 수 있다. 따라서 수액 투여에 반응하지 않는 펍노나 체액 과다, 고혈압, 심부전과 같은 금기가 아니라면, 임계 수준까지 증가하지는 않은 구획 내 압력의 증가 치료에서 마니톨을 예방적인 조치로 고려해야 한다[98,201](Section II.6.A 참조). 마니톨 투여에도 1시간 이내에 현저한 호전이 관찰되지 않으면 외과적인 근막절개술을 고려한다. 호전은 1) 영향을 받은 사지의 둘레, 2) 긴장도, 3) 구획내 압력, 4) 통증의 감소로 정의된다.

Section IV.2 절단

IV.2.A: 손상된 사지에 의해 환자의 생명이 위태로운 경우 절

단한다.

IV.2.B: 엄격한 적응증에 근거하여 절단술을 시행한다.

IV.2.C: 명백한 적응증의 경우 가능한 빠르게 절단술을 시행한다.

근거

IV.2.A: 손상된 사지에 의해 환자의 생명이 위태로운 경우 절단한다.

재난에서의 사지 손상은 일반적으로 건물 붕괴의 결과로 발생한다. 사지 손상에 대한 치료의 두 가지 목적은 생명을 구하고, 기능을 유지하는 것이다(예: 움직일 수 있을 정도의 충분한 근력과 예민한 바닥 면적을 가진 사지를 유지하는 것). 따라서, 사지를 보존하기 위해 환자는 반복적이고 때로는 장기적인 개입을 종종 받게 된다. 압계 손상으로 고통받는 환자에서, 광범위한 조직 괴사를 동반하는 중증의 외상성 사지는 전신 순환계로의 근색소와 칼륨 방출의 잠재적인 원천이다. 또한, 이는 감염 및 패혈증, 사망의 원천이기도 하다[16,48]. 따라서, 절단술이 생명을 구할 수 있으며, 따라서 사지를 보존하기 위한 절망적이고 비효율적인 시도를 위해 생존 가능성을 타협해서는 안된다[16,48,199].

IV.2.A: 엄격한 적응증에 근거하여 절단술을 시행한다.

재난 손상자의 절단술 빈도는 2.9%에서 58.6%까지 다양하게 보고되고 있다[20,179,202]. 외상의 중증도 및 구조 활동의 시점과 효율성, 지역 의료 시설의 상황, 의료팀의 경험 등 의학 및 수송과 관련된 여러 인자들이 이러한 차이를 낳는다[12,202]. 손상된 사지에 절단이 필요한 적응증에 대해서는 아직 논란의 여지가 많다. 대부분의 외과 의사는 다음과 같은 사항들이 사지를 보존하기 어렵게 하는 상황으로 생각한다: 뼈의 소실 및 광범위한 연부 조직 소실, 주요 말초 신경 손상에 따른 원위부 감각과 운동 기능 소실, 혈류를 회복시키기 위해 재건술이 필요한 주요 혈관의 손상. 그러나, 이러한 모든 증상과 소견들은 개략적인 지침으로써 기능할 뿐 아직 논란의 여지가 있다

[203]. 절단술 결정은 현장에서 전문가에 의해 내려져야 한다. 절단술 자체가 매우 까다로운 치료이며 많은 경우 수술 후 전반적인 상태가 급격히 악화될 수 있기 때문이다. 따라서, 심각하게 손상된 사지를 보존하려고 할 때에는 잠재적인 이득과 위험을 비교해서 명확히 따져봐야 한다[204]. 압궤증후군을 예방하기 위해 절단술을 시행하지 말아야 하며, 명확한 적응증으로는 다음과 같은 것들이 있다:

- 1) 더 이상 구조할 수 없는 사지를 버려야 할 때, 또는
- 2) 사지에서 기원한 생명을 위협하는 패혈증이나 전신적인 염증 반응 증후군.

IV.2.C: 명백한 적응증의 경우 가능한 빠르게 절단술을 시행한다.

명백한 적응증이 있는 경우 절단술은 가능한 빨리 시행하는 것이 좋은데, 절단술을 외상 후 조기에 시행하는 것이 물리적으로나 정신적으로 더 견디기가 수월하기 때문이다[16,48]. 외과적인 처치가 생명을 위태롭게 할 수 있는 중증의 환자에서, 통증을 완화하고, 감염의 전파 및 독성 물질의 배출을 예방하기 위해 사지를 교살하고 얼음을 이용해 식힐 수 있다(생리학적 절단). 이후 최종적인 해부학적 절단은 환자 상태가 안정된 후에 시행할 수 있다[16].

Section V. 압제증후군 손상자에서 급성콩팥손상의 예방 및 치료

V.1: 압제 관련 급성콩팥손상의 예방

V.2: 압제 관련 급성콩팥손상 환자의 핏뇨 기간 동안의 보존적인 치료

V.3: 압제 관련 급성콩팥손상 환자에서의 투석 치료

V.4: 다뇨 시기의 압제 관련 급성콩팥손상의 치료

V.5: 장기 추적 검사

Section V.1: 압제 관련 급성콩팥손상의 예방

V.1.A: 압제 관련 급성콩팥손상 환자의 예방 및 초기 치료는 일반적인 급성콩팥손상의 원칙과 동일하게 적용하는 것을 고려한다.

V.1.A.1: 혈량저하 환자에서는 정상 혈량을 유지하기 위해 조기에 빠르게 수액 치료를 시작하고, 정상 혈량의 환자에서는 적절한 소변량을 유지하기 위해 수액을 유지한다.

V.1.A.2: 압제 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 지속신 대체요법(CRRT)이나 고리작용 이뇨제(loop diuretics), 도파민(dopamine)과 같은 증명되지 않은 개입을 시행하지 않는다.

근거

V.1.A: 압제 관련 급성콩팥손상 환자의 예방 및 초기 치료는 일반적인 급성콩팥손상의 원칙과 동일하게 적용하는 것을 고려한다.

압제 손상에 따른 급성콩팥손상은 가역적인 저혈량 관련(신전성 급성콩팥손상)에서부터 심각한 실질 손상(인성 급성콩팥손상), 특히 저혈량증이 조기에 교정되지 못하는 경우까지 다양한 형태로 나타난다. 일반적인 급성콩팥손상의 평가 및 초기 관리에 대한 전반적인 원칙이[30, 109,205,206] 압제 관련 급성콩팥손상에도 아래와 같이 적용한다.

V.1.A.1: 혈량저하 환자에서는 정상 혈량을 유지하기 위해 조기에 빠르게 수액 치료를 시작하고, 정상 혈량의 환자에서는

적절한 소변량을 유지하기 위해 수액을 유지한다.

압제 관련(횡문근융해증 관련) 급성콩팥손상의 기저 병리 소견은 급성세관괴사(ATN)로, 저혈량성(허혈성) 및 신독성 인자가 영향을 미친다[162,207-209]. 따라서 예방을 위해 초기 치료로 크리스털로이드(crystalloid) [교질(colloid) 보다는] 수액을 이용하여 혈관 내 용적을 확장하고, 혈관 운동성 쇼크가 동반된 환자에게는 승압제를 이용해 저혈압을 치료하기 위해 노력해야 한다[109,210-212]. 또한 신독성이 있는 약물, 특히 비스테로이드성 항염증 약물(NSAIDs)과 아미노당화물(aminoglycosides), 정맥으로의 조영 물질 주입, 고용량의 고리작용 이뇨제(loop diuretics)의 사용을 삼가야 한다. 반면에, 대량 재난의 압제 손상자에서 적절한 급성콩팥손상 예방 조치를 방해하는 여러 가지 인자들을 고려해야 한다.

- 후기에 근육 구획으로부터 수액이 전신으로 유입되고, 수술 상처로부터 혈장이 흘러나오는 것뿐만 아니라 초기에 근육 내 구획인 제3의 공간으로 수액이 빠져나가고, 개방성 상처를 통해 혈장이 흘러나오는 것들이 정확한 수액 균형 상태를 파악하기 어렵게 할 수 있다.
- 혼란한 재난 상황으로 인해 환자 경과 관찰에 있어 부정확하고 실수를 범할 수 있다.
- 다른 합병증을 진단하거나 치료하는 데 사용되는 비스테로이드성 항염증 약물이나 마취제, 아미노당화물(aminoglycosides), 조영 물질, 혈액 제제, 교질(colloid) 등이 외상 손상자에서 콩팥 기능에 악

영향을 미칠 수 있다.

대규모의 급성의 외상 후 급성콩팥손상 환자들에 대한 후향적 분석에서, 신독성 약물이 적어도 1/3 이상의 환자들에게 중요한 영향을 미쳤다[213]. 마르마라 지진에서도 아미노당화물(aminoglycoside) 항생제와 비스테로이드성 항염증 약물이 압계중후군 환자의 치료를 위해 다량 사용되었다[12]. 따라서 환자를 검진할 때마다 모든 환자의 약물 리스트를 세심하게 검토하고 신독성이 있는 약물의 사용을 자제해야 한다.

V.1.A.2: 압계 관련 급성콩팥손상을 예방하기 위해 지속신 대체요법(CRRT)이나 고리작용 이뇨제(loop diuretics), 도파민(dopamine)과 같은 증명되지 않은 개입을 시행하지 않는다.

급성콩팥손상을 예방하기 위한 많은 전략들이 제시되었으나, 그 효과에 있어서는 의문점이 있는 상황이다.

지속신대체요법(CRRT): 압계 관련 급성콩팥손상에서 많은 종류의 내인성 물질들이 콩팥 손상을 유발할 수 있다. 여기에는 근색소(myoglobin)나 요산, 다른 근육 파괴에 따른 물질들이 포함된다. 근색소(myoglobin)는 분자량이 약 16,000인 상대적으로 큰 물질로 소변을 통해 배출되는데, 피뇨 환자의 경우 충분히 큰 구멍으로 이루어진 고유량(high-flux) 투석막을 이용한 투석을 통해서만 제거될 수 있다[214,215]. 따라서 지속적인 혈액(투석)여과는 일부 근색소를 제거하는 데 도움이 될 수 있으나, 내인성 물질이 생기는 빠른 속도에 비해 상대적으로 체외 제거 속도가 느리기 때문에[162,215,216] 이러한 치료적인 접근에 의문을 제기하게 된다[217].

새로운 초고유량(super-flux) 투석막(예: Polyflux P2SH; Gambro Dialysatren, Hechingen, Germany)이 일반적인 고유량 투석막에 비해 조금 더 효과적으로 근색소를 제거할 수 있고, 급성콩팥손상에서 근색소 제거에 선호되는 방법으로 제시되었다[218,219]. 그러나 결과에 있어서 그 효과는 임상 시험을 통해 검증되어야 하는 상황이다. 따라서 현재로서는 재난 손상자에게 근색소를 제거하기 위한 목적으로 지속신대체요법(CRRT)이나

초고유량(super-flux) 투석막을 사용하지 않는다. 더불어 고유량 투석막을 통해 투석액의 불순물이 환자 혈액으로 전달되어 위험해질 수 있고, 알부민 소실을 유발할 수 있다는 점을 명심해야 한다.

고리작용 이뇨제(loop diuretics): 이론적으로 고리작용 이뇨제는 세관액 흐름을 증가시키고, 폐쇄성 찌꺼기들을 씻어주고, 피뇨성 급성콩팥손상을 비-피뇨성 급성콩팥손상으로 전환하고, 활동적인 세뇨관의 나트륨 재흡수를 줄이고, 콩팥의 산소 소비를 줄이고, 따라서 허혈성 손상을 제한함으로써 콩팥 손상 진행을 억제할 수 있다[210,220-223]. 그러나 실제로 여러 연구와 메타 분석에서 고리작용 이뇨제는 급성콩팥손상에서 이점을 보여주지 못했고[120,210,224,225], 심지어 보다 높은 사망률과 콩팥 기능 회복의 지연과 관계가 있었다[121]. 특히, 압계 관련 급성콩팥손상에서 고리작용 이뇨제는 소변을 산성화하여[50] 원주(cast) 생성의 위험을 높이고, 칼슘뇨를 유도함으로써 저칼슘혈증을 악화시킬 수 있다. 따라서 고리작용 이뇨제를 급성콩팥손상의 예방이나 치료를 위해 일상적으로 사용하지 않는다[109]. 그러나 이 약물은 체액 과부하의 치료에, 특히 투석이 가능해질 때까지 일시적인 방편으로 유용하게 사용될 수 있다. 고리작용 이뇨제를 사용하는 경우 시험 용량으로 퓨로세마이드(furosemide) 120-200 mg을 정맥을 통해 투여해본다. 만약 소변량이 6시간 이내에 현저히 증가하면 매 6시간마다 해당 용량을 반복해서 투여한다[226]. 그러나 이뇨제를 사용하면서 투석이 필요한 상황에 투석 시작을 지연시켜서는 안 된다[30].

도파민(dopamine): 저용량의 도파민은 콩팥 혈류를 호전시킴으로써 급성콩팥손상의 위험을 낮추는 것으로 여겨졌다. 그러나 전향적인 무작위 배정 임상 연구와 메타 분석에서 도파민은 사망률을 낮추지도, 콩팥 기능의 회복을 촉진하지도 못했고[117,119,227], ‘콩팥 용량’의 도파민이 심지어 급성콩팥손상이 진단된 환자에서 콩팥 저항 계수(renal resistive index) 악화로 대변되는 콩팥 관류 악화를 보였다[228]. 따라서, 압계 관련 급성콩팥손상의 예방을 위해 도파민을 사용하지 않는다.

기타 약물: 실험 연구들에서 일산화 질소 합성 효소 억제제(nitric oxide synthase inhibitor)나 일산화 질소 제거제(nitric oxide scavengers)[229], 펜톡시필린(pentoxifylline)[230], 글루타싸이온(glutathione)[231], 아미노스테로이드(aminosteroids)[232,233], 데페록사민(deferoxamine)[234,235], 초과산화물 불균등효소(superoxide dismutase), 비타민 C(vitamin C), 비타민 E(vitamin E)[236], 아세트아미노펜(acetaminophen)[237]이 횡문근융해증 관련 급성콩팥손상을 예방하는 것으로 제시되었다. 그러나 이들 약물의 효과는 임상 연구에서 증명되지 못했고, 따라서 압계 관련 급성콩팥손상의 예방을 위해 이들 약물을 사용하지 않는다.

Section V.2: 압계 관련 급성콩팥손상 환자의 핏뇨 기간 동안의 보존적인 치료

V.2.A: 치료적인 접근 방법을 결정할 때, 초기에는 핏뇨를 보이거나 후반에는 다뇨로 진행하기 때문에 항상 소변량을 고려해야 한다.

V.2.B: 환자의 핏뇨가 유지되는 동안:

V.2.B.1: 콩팥 기능의 회복을 방해하는 요소(예: 신독성 물질, 요도 폐쇄, 요로 또는 전신 감염증, 저혈압, 고혈압, 심부전, 위장관 출혈, 빈혈)를 예방하고, 제거하고, 치료한다.

V.2.B.2: 가능한 빠르게 체액량과 전해질 균형을 감시하고 이상 소견을 치료하기 위해 적어도 하루 2회 혈청 칼륨 농도를 측정하고, 수분 섭취 및 소실과 혈청 나트륨, 인, 칼슘은 적어도 하루 한 번 측정한다.

V.2.B.3: 적어도 하루 한 번 혈액 가스 분석을 시행한다. 혈청 수소이온농도(pH)가 7.1 미만으로 감소하면 중탄산염(bicarbonate)을 투여한다. 이후에도 수소이온농도가 계속 감소하는 경우 중탄산염 투여량을 증량한다. 단, 중탄산염은 투석이 가능해질 때까지 일시적으로 사용한다.

V.2.B.4: 분해대사 작용을 예방하고 상처 치유를 돕기 위해 균형 잡힌 단백질과 탄수화물, 지방 섭취로 적절한 영양 상태를 유지한다.

V.2.B.5: 지속적으로 내과적, 외과적인 합병증을 평가하고 적절히 치료한다.

근거

V.2.A: 치료적인 접근 방법을 결정할 때, 초기에는 핏뇨를 보이거나 후반에는 다뇨로 진행하기 때문에, 항상 소변량을 고려해야 한다.

항상 그렇지는 않으나 압계에 수반되는 급성콩팥손상은 보통 7일에서 21일까지 초기의 핏뇨기로 특징지어진다[23,70]. 일반적으로 핏뇨성 급성콩팥손상은 나쁜 예후와 관련이 있다[238,239]. 마르마라 지진에서 압계 손상자의 61%가 병원에 입원할 당시 핏뇨를 보였는데, 이들이 비-핏뇨성 환자들에 비해 더 높은 사망률과 투석 시행률을 보였고[23], 이는 일반적인 급성콩팥손상 환자에서 관찰되는 소견과 궤를 같이 한다[109,240,241]. 그러나 투석을 요하는 환자들을 대상으로 한 관찰 연구에서 소변량이 많은 것이 높은 병원 내 사망률과 독립적으로 관련이 있다는 보고도 있었다[242]. 이러한 일치하지 않는 소견은 비-핏뇨성 급성콩팥손상 환자에서 투석 시작이 지연되고 급성콩팥손상의 중증도가 저평가되었던 것과 관련이 있을 수도 있다.

초기 핏뇨기 동안 환자는 심각한 질소혈증과 수액-전해질 불균형을 겪게 되는데, 이에 대한 치료적인 접근은 차후에 도래하는 다뇨기에 대한 치료와 확연하게 다르다.

핏뇨기 기간은 초기 허혈의 중증도와 기간, 허혈 재발 여부, 신독성 손상 여부에 따라 달라진다. 일부 환자들은 수일 내에 회복하지만, 다른 환자들은 수주 동안 투석 치료를 요할 수도 있다. 대부분의 생명을 위협하는 합병증들이 핏뇨기에 발생하기 때문에 압계 손상자들은 첫 2주 동안 매우 면밀하게 모니터링해야 한다. 환자가 이 시기를 벗어나면, 대부분의 경우 콩팥 기능을 회복하고 퇴원할 수 있다. 보존적인 치료와 더불어 필요한 경우 투석을 시작하고, 필요한 만큼 적극적으로 시행해야 한다(Section V.3.B).

V.2.B: 환자의 필요가 유지되는 동안:

V.2.B.1: 콩팥 기능의 회복을 방해하는 요소(예: 신독성 물질, 요로 폐쇄, 요로 또는 전신 감염증, 저혈압, 고혈압, 심부전, 위장관 출혈, 빈혈)를 예방하고, 제거하고, 치료한다.

세뇨관 세포 손상의 회복을 최적화하기 위해 잠재적으로 콩팥 독성이 있는 물질들[예: 아미노당화물(aminoglycosides), 비스테로이드성 항염증제, 조영 물질]은 사용을 피하거나 중단한다[243-245]. 사용이 불가피하다면, 콩팥 기능에 맞춰 용량을 조절하고 추가적인 콩팥 독성을 최소화하기 위해 혈청 농도(예: 아미노당화물)를 모니터링한다[213,246]. 비슷하게, 콩팥 기능의 회복을 방해할 수 있는 동반된 상황들(요로 폐쇄나 요로 또는 전신 감염, 저혈압, 고혈압, 심부전, 위장관 출혈, 빈혈)을 모니터링하고 치료한다(Section VI 참조).

V.2.B.2: 가능한 빠르게 체액량과 전해질 균형을 감시하고 이상 소견을 치료하기 위해 적어도 하루 2회 혈청 칼륨 농도를 측정하고, 수분 섭취 및 소실과 혈청 나트륨, 인, 칼슘은 적어도 하루 한 번 측정한다.

수액 및 전해질 교정은 급성콩팥손상이 진단된 환자에 대한 치료의 중심이다.

수액 균형: 매일 체액 상태를 사정한다. 급성콩팥손상 환자의 체액 상태 확인을 위한 다양한 방법들이 있다. 그러나 모든 환자 및 상황에서 그 방법들을 모두 동원할 수는 없다. 따라서 무엇보다 임상적으로 체액 상태를 판단해야 한다[109]. 심한 갈증이나 소금을 찾는 것, 기립성 실신, 말을 유창하게 하지 못하는 것, 근육 경련은 세포외 체액 소실의 증상으로 관찰되는 것들이다. 따라서 탈수를 배제하기 위해 생체 징후, 수액 투여 및 체액 소실, 일일 체중과 같은 혈액학적인 자료를 검토한다. 또한 혼란스러운 재난 상황에서 부적절한 수액 치료를 받은 필요 손상자에서 부종이나 경정맥 확장, 간의 폭 증가, 간-경정맥 반사(hepato-jugular reflex)와 같은 체액 과부하의 임상 징후를 확인해야 한다.

중심정맥압(CVP) 측정이 체액 상태를 파악하는 데 사용될 수 있으나 절대 수치는 일반적으로 도움이 되지 않는다[109]. 반복적으로 중심정맥압을 측정하는 것이 도움이 될 수 있는데, 이 또한 그 영향력이 제한적이다.

혈청 나트륨 농도 또한 체액 상태에 대한 개략적인 정보를 제공할 수 있다; 저나트륨혈증은 상대적으로 과한 유리수(free water) 축적을 의미하고 고나트륨혈증은 부족한 유리수 보충을 의미할 수 있다.

압궐증후군과 관련 없는 급성콩팥손상에 대한 경험에 비추면, 근육 구획으로 체액 이동이 더 이상 일어나지 않는 환자에서는 수액 균형이 소변량과 전날의 다른 수분 소실량에 400-500 ml를 더한 양으로 유지될 수 있다[30].

칼륨: 특히 감염이나 위장관 출혈, 수술과 같은 동반 질환으로 인해 분해대사 상태에 있는 환자의 경우, 가능하다면 적어도 하루 2회 혈청 칼륨 농도를 측정한다. 칼륨 농도가 6.5 mmol/L 이상으로 상승하거나, 수치가 6.5 mmol/L 미만이라도 빠르게 증가하는 상황이거나, 고칼륨혈증에 따른 임상 징후가 나타나는 경우에는(Section III.2.C 참조) 긴급하게 고칼륨혈증을 치료하며, 혈액투석이 가장 효과적인 치료 방법이다(표 8 참조). 그러나 생명을 위협하는 고칼륨혈증은 투석을 이미 시행한 환자에서도 발생할 수 있는데, 이러한 경우 다른 방법을 병용하거나 하루에 여러 차례 투석을 적용할 수 있다[247]. 빠르게 반동 고칼륨혈증이 발생하는 경우에는 구획증후군이나 다량의 혈종, 전격적인 과분해대사(hypercatabolism), 산증, 칼륨을 포함하는 약물 등 원인을 규명한다.

이 시기에는 고칼륨혈증을 예방하기 위해 다음의 조치들을 취해야 한다[12,151].

- 칼륨이 포함되어 있는 수액을 투여하지 않는다.
- 고탄수화물, 저칼륨 식이를 처방한다. 칼륨이 풍부한 식품에는(다음의 식품에만 국한되지는 않는다) 감자, 바나나, 오렌지, 토마토, 브로콜리, 콜라비, 늙은 호박, 양배추, 애호박, 딸기, 말린 살구, 말린 포도, 버섯, 초콜렛, 시금치, 강낭콩, 과일 주스 등이 포

함된다[248]. 케이엑살레이트(Kayexalate)는 식품으로부터 칼륨 흡수를 저해하는데, 1 g의 케이엑살레이트는 식사를 하지 않는 상황이라도 약 1 mmol의 칼륨 이온을 제거한다(**Section III.2.D** 참조) [249]. 손상된 근육으로 칼슘이 적체되고 후기에 이를 방출함으로써 고칼슘혈증이 발생할 수 있는 위험성 때문에 압궐 손상자에서는 칼슘 케이엑살레이트에 비해 나트륨 케이엑살레이트의 사용을 선호한다.

인: 장으로부터 인이 재흡수되는 것은 인 결합제를 통해 줄일 수 있다. 그러나 칼슘을 포함한 인 결합제는 연부 조직 내에 칼슘과 인 복합체 침착 위험을 동반한다. 따라서 음식으로부터의 인 흡수를 예방하기 위해 경구 수산화 알루미늄(300-600 mg, 하루 3회, 식사와 함께)이나 다른 칼슘을 포함하지 않는 인 결합제를 처방한다. 단백질 제한은 고인산혈증 발생을 줄일 수는 있으나 분해대사 상태의 환자에서 영양 실조의 위험성을 높일 수 있다. 고인산혈증이 심한 경우에는 투석 횟수를 증량하거나 한 번 시행할 때 시간을 늘이는 것을 고려한다.

칼슘: 압궐 환자에서 저칼슘혈증이 종종 관찰되며 경련이나, 발작, 고칼륨혈증에 의한 심독성 효과 악화를 유발할 수 있다[162,250]. 그러나 무증상의 저칼슘혈증은 손상된 근육으로 칼슘이 침착될 위험[50,174]이 있고, 나아가 세포 손상을 높일 수 있음[251]을 고려하여 치료하지 않는다.

반면에 증상이 있는 저칼슘혈증은 이전에 기술한 바와 같이 모니터하고 치료해야 한다(**Section III.2.H**).

V.2.B.3: 적어도 하루 한 번 혈액 가스 분석을 시행한다. 혈청 수소이온농도(pH)가 7.1 미만으로 감소하면 중탄산염(bicarbonate)을 투여한다. 이후에도 수소이온농도가 계속 감소하는 경우 중탄산염 투여량을 증량한다. 단, 중탄산염은 투석이 가능해질 때까지 일시적으로 사용한다.

고음이온차(high anion gap) 대사성 산증은 횡문근 용해증 관련 급성콩팥손상에서 종종 관찰되고(**Section**

III.2.H, i23 참조), 경우에 따라서는 호흡성 산증에 의해 악화될 수 있다[124]. 혈청의 수소이온농도(pH)가 7.1 미만으로 감소하는 경우 정맥을 통해 알칼리 수액을 투여하되, 투석이 가능해질 때까지 일시적인 방법으로 사용한다. 중탄산염의 투여는 고나트륨혈증이나 체액 과부하, 치료 목표를 넘은 알칼리증, 조직 저산소증, 역설적인 세포 내 산증과 같은 많은 단점이 수반된다[12,122]. 게다가 알칼리 수액으로 산증을 빠르게 교정하는 경우에는 혈청의 이온화 칼슘 농도를 낮춰 경련을 유발할 수도 있다.

극심하고 지속적인 산증의 경우에는 정맥으로 중탄산염을 투여하는 것과 함께 투석을 병행한다.

V.2.B.4: 분해대사 작용을 예방하고 상처 치유를 돕기 위해 균형잡힌 단백질과 탄수화물, 지방 섭취로 적절한 영양 상태를 유지한다.

적절한 영양은 체질량과 면역 체계를 유지하고 상처를 치유하며 분해대사 작용을 예방하는 데 필수적이다[252-254]. 좋지 않은 영양 상태와 저알부민혈증, 저콜레스테롤혈증은 급성콩팥손상 환자의 높은 사망률과 관련이 있다[255,256].

혈청 요질소가 하루 30 mg/dL 이상, 혈청 칼륨 농도가 하루 2 mmol/L 이상 상승하고 다른 특별한 원인이 없이 이를 이상 연속으로 체중이 하루 1kg 이상 감소하는 것은 심한 분해대사 상태를 의미하며, 나쁜 예후 인자로 [257] 일반적인 외상 환자나 압궐 손상자에서 흔하게 관찰된다[258]. 외상 환자에서 분해대사 작용이 증가하는 주요 원인에는 다음과 같은 것들이 있다: (a) 외상의 중증도, (b) 주요 외과적인 개입, (c) 감염과 같은 합병증, (d) 염증[23, 254].

분해대사 작용의 정도를 줄이기 위해 적절한 영양 공급은 필수적이다. 콩팥병전체결과개선(KDIGO) 급성콩팥손상 지침에서는 모든 분해대사 작용이 없는 급성콩팥손상 환자에게 하루 체중당 20-30 kcal 공급을 제안한다 [109]. 대량 재난에 의한 외상 환자들에게는 높은 분해대사 상태로 인해 하루 체중당 30-45 kcal의 더 높은 열량

공급을 제안한다[254]. 이 정도의 열량을 제공하기 위해 하루 체중당 3-5 g(최대 7 g)의 탄수화물과 하루 체중당 0.8-1.2 g(최대 1.5 g)의 지방을 처방한다[259,260].

급성콩팥손상에서 가장 중요한 영양소는 높은 생물학적 가치가 있는 단백질(high biologic value protein)이다. 신대체요법을 받고 있는 환자에게는 적어도 하루 체중당 1-1.5 g의 단백질을 제공하고; 고유량 투석막을 사용하거나 지속신대체요법을 시행하는 경우, 복막투석을 시행하는 경우에는 단백질과 아미노산 소실을 보상하기 위해 하루 체중당 0.2 g의 단백질을 더 제공한다. 반면에 매우 많은 양의 단백질을 섭취하는 경우 산증과 고질소혈증을 유발하고 투석 용량을 증량해야 할 수 있으므로 과한 단백질 섭취는 피해야 한다[109]. 영양 공급을 통해 최대 하루 체중당 1.7 g의 아미노산을 제공해야 한다. 심한 분해대사 상태가 아니거나 신대체요법을 받고 있지 않은 급성콩팥손상 환자의 경우, 단기간 동안에는 필수 아미노산이 풍부한(하루 체중당 0.8-1.0 g까지) 저단백 영양으로도 충분할 수 있다[259,260]. 신대체요법을 시행하지 않거나 지연시키기 위한 목적으로 단백질 섭취를 제한해서는 안 된다[109].

경구 영양 섭취는 장벽의 완결성을 유지하고 장 위축을 예방하며 세균이나 내독소가 장벽을 통해 순환계로 이동하는 것을 예방하기 때문에 선호되는 영양 공급 방법이다. 나이가 경구 영양 섭취는 스트레스성 궤양이나 출혈의 위험성을 낮춘다. 그러나 위장관 운동성이 떨어져 있거나 장 부종으로 인해 흡수 능력이 감소되어 있는 환자에서는 시행이 어려울 수 있다[261]. 일반적으로 급성콩팥손상 환자에게 경구 영양 공급이 불가능한 경우, 24 시간 이내에 시작된 경장 영양(튜브 영양) 공급은 안전하며 효과적인 것으로 알려져 있다[262,263]. 투석으로 인해 수용성 비타민이 소실될 수 있으므로 보충이 필요하다: 엽산(하루 1 mg), 피리독신(pyridoxine, 하루 10-20 mg), 비타민 C(하루 30-60 mg). 일반적으로 지용성 비타민의 보충은 필요하지 않다[259].

일반적인 경로를 통해 충분한 단백질이나 열량을 섭취하는 것이 불가능한 환자에게는 탄수화물과 지방, 아미노

산을 포함하는 특별한 경구 또는 장관 외 수액을 투여해야 한다.

재난 환경에서 환자가 넘쳐나는 경우, 혼란과 의료진 부족으로 인해 환자들을 충분히 면밀하게 관찰하는 것이 불가능할 수 있다. 게다가 많은 압궐 환자들은 구획증후군과 골반 및 하지의 다른 손상, 외과적 처치, 배액관이나 카테터(catheter) 거치로 인해 이동이 불가하다. 이러한 환자들은 음식이나 약물, 음용수를 섭취하기 위한 도움이 필요하다. 따라서 돌봐줄 사람이 없는 이동 불가능한 환자들의 침상에 정기적으로 물과 영양 공급원을 제공해야 한다.

V.2.B.5: 지속적으로 내과적, 외과적인 합병증을 평가하고 적절히 치료한다.

압궐증후군 관련 급성콩팥손상 환자들은 특히 폐노기 동안에 다수의 외과적, 내과적인 합병증이 발생한다. 최종 결과를 호전시키기 위해 이러한 합병증들을 적절히 치료한다(**Section VI** 참조).

혼란한 상황으로 인해 종종 환자의 복잡한 서류들이 불완전하게 채워질 수 있고, 따라서 추적 관찰 및 정보의 문서화가 불충분할 수 있다. 콩팥재난대응대책반에 의해 준비된 차트가 재난 손상자의 추적 관찰 및 치료에 유용한 것으로 입증되었다. 표 11은 이러한 차트의 예이다. 이 차트는 대량 재난 기간 동안 과부화된 병원에서 압궐증후군 환자들 추적 관찰을 용이하게 한다. 콩팥재난대응대책반에 의해 만들어진 다른 유용한 차트가 부록에 첨부되어 있다.

급성콩팥손상 환자에서 최적의 투석 강도(횟수와 용량)에 대해서는 논란의 여지가 있다. 투석 치료의 지표로서 목표 혈청 요질소와 크레아티닌의 농도는 인종이나 나이, 성별, 영양 상태, 간 질환, 패혈증, 근육 손상, 약물 등 여러 가지 콩팥 외적인 인자들의 영향을 받기 때문에 경우에 따라 달라질 수 있다. 따라서 투석을 처방할 때 체액 균형이나 산-염기 상태, 전해질 이상, 영양 상태와 같은 분자량이 작은 물질의 청소율 이외의 변수들을 고려해야 한다.

이들에 한 번씩 투석을 하는 것에 비해 매일 시행하는 고강도의 투석이 고질소혈증을 조절하고 투석 중 저혈압을 예방하며 사망률을 개선하는 데 도움이 될 수 있다[270-273]. 그러나 급성콩팥손상에 대한 일부 연구들에서는, (질병의 중증도나 동반 질환들이 교란 변수로 작용했을 수 있으나), 고강도의 신대체요법이 덜 집중적인 치료에 비해 콩팥이나 환자의 결과를 호전시키지 못했다[274,275]. 매 투석마다 전달된 투석 용량 측정은 다음 투석 용량을 처방하는 데 도움이 될 수 있다[109].

대부분의 재난 상황에서 제한된 유용 가능성을 감안할 때, 최적의 투석 용량 및 횟수는 전해질이나 산-염기, 체액 균형뿐 아니라 지역 내 수송 상황 또한 고려해야 한다.

V.3.C: 적절한 시기에 투석을 시행할 수 있도록 투석의 적응증이 발생하는지에 대해, 특히 고칼륨혈증이나 체액 과부하, 심한 요독증의 발생을 면밀히 감시한다.

이른 투석 시작이 직관적으로는 이로운 것처럼 보일 수 있으나, 문헌에 따르면 급성콩팥손상 환자에서 신대체요법의 최적의 시작 시기와 적응증에 대해서는 아직 논란의 여지가 있다[276]. 말기신부전 환자에서 발생한 전통적인 신대체요법 적응증은 급성콩팥손상의 경우에 적용하기에 적절하지 않을 수 있다. 급성콩팥병에서의 신대체요법 시작과 관련한 대부분의 연구들은 관찰 연구들이고, 다양한 원인에 의한 급성콩팥손상이 포함되어 있으며 투석 처방이 다양하기 때문에 일반적인 결론을 이끌어내기 어렵다[109]. 게다가 압궐 관련 급성콩팥손상은 과분

해대사 상태를 동반하고 급속도로 발생하며 심각한 고칼륨혈증이나 산증, 폐부종, 고질소혈증의 합병증 등 생명을 위협하는 문제들의 발생 빈도가 높기 때문에 다른 원인에 의한 급성콩팥손상과 다르다. 압궐 관련 급성콩팥손상 환자의 투석 시작 시점(조기 vs. 후기)에 대해서 특별히 관찰한 연구들은 없다. 지속신대체요법(CRRT) 시작 직전 혈중 요질소 농도(BUN) 60 mg/dL를 기준으로 조기 또는 후기 시작으로 구분한 성인에서의 일반적인 외상 관련 급성콩팥손상 100례에 대한 연구에서, 생존율이 후기 시작군에 비해 조기 시작군에서 월등히 높았는데, 이는 외상 손상자에게 상대적으로 혈중 요질소 농도가 낮은 조기에 지속신대체요법을 시작하는 것이 이로울 수 있다는 것을 시사한다[277].

따라서 압궐증후군 환자의 투석 시작 적응증에 대해서는 잠재적인 합병증이 발생할 수 있음을 고려하여 조금 더 완화된 기준 적용을 고려한다[12,109,278,279]:

1. 혈청 칼륨 농도 6.5 mmol/L 이상 또는 다른 치료에 반응하지 않고 빠르게 상승하는 혈청 칼륨 농도
2. 혈액 수소이온농도(pH) 7.1 이하의 산증
3. 혈청요질소농도(BUN) 100 mg/dL(30 mmol/L) 이상 또는 혈청크레아티닌 8 mg/dL(800 μ mol/L 이상
4. 체액 과부하나 심막염, 출혈, 다른 원인으로 설명되지 않는 의식 장애 등과 같은 요독 증상
5. 적절한 수액 요법에도 반응하지 않는 핍뇨 또는 무뇨

V.3.D: 시행 가능성이나 환자의 필요 상태에 따라 지속신대체요법(CRRT)이나 복막투석(PD)을 적용할 수 있으나, 간헐혈액투석(intermittent HD)을 우선적인 치료 방법으로 한다.

모든 종류의 신대체요법(간헐혈액투석 및 지속신대체요법, 복막투석)을 급성콩팥손상을 동반한 압궐증후군 환자의 치료로 고려해 볼 수 있다.

Cochrane 공동 연구팀에 의해 수행된 15개의 무작위 대조 임상 시험에 포함된 1,550 명의 급성콩팥손상 환자에 대한 가장 광범위한 메타 분석에서, 중증의 급성콩팥

손상 환자에서 지속신대체요법과 간헐투석 사이에 병원 내 사망률이나 중환자실 사망률, 입원 기간, 생존자의 콩팥 회복 정도의 차이는 없었다[280]. 비슷한 결과가 다른 메타 분석에서도 관찰되었다[278,281].

각각의 신대체요법의 이점과 단점은 표 12에 요약되어 있다.

특히 대량 재난 현장에서 간헐혈액투석은 칼륨이나 요소와 같은 저분자량 물질의 효과적인 제거 및 같은 기계로 하루에 여러 명을 치료할 수 있는 점, 항응고제 사용을 최소화하거나 사용하지 않은 수 있는 점 등의 이점으로 인해 최우선적인 치료로 간주된다.

복막투석만이 가능한 경우에는 칼륨을 보다 효율적으로 제거하기 위해 빠른 교환이 필요할 수 있으며 초여과를 최대화하기 위해 고농도 포도당 수액을 맞게 교환해야 할 수 있다. 반대로 복막투석은 숙련된 의료 팀에 의해 수행되는 경우 체구가 작은 소아에서 유용하게 적용될 수 있다.

‘REDY’(Recirculating DialYsis) 흡착제를 이용한 투석은 투석액 재생이 가능하고 매우 적은 용량의 수돗물로도 적용이 가능하여 대량 재난 현장에서 활용되어 왔다 [202]. 그러나 불충분한 요독 물질 제거와 높은 가격으로 인해 일반적으로 사용하기에는 제한이 있다.

결론적으로 모든 급성콩팥손상 환자에게 가장 이상적인 신대체요법의 형태는 없다. 환자마다 시시각각 변하는 잠재적인 문제들에 근거하여 투석을 처방해야 한다. 환자의 개별적인 특성과 더불어 가용한 전문가와 물자, 수송 상황 등을 고려하여 최적의 선택을 해야 한다. 일반적으로 대량 재난 현장의 혼란한 상황에서 투석 치료는 가능한 한 간편하고 효과적인 방법이어야 한다는 점을 고려해야 한다.

지 않고 혈액투석을 시행하거나 복막투석을 시행한다.

간헐혈액투석이나 지속신대체요법을 위해서는 카테터(catheter) 삽입이 필요한데, 이로 인해 특히 응고 장애가 있는 환자에서 혈흉이나 심낭 압전, 종격동 출혈 등의 출혈 합병증이 발생할 수 있다. 중심정맥도관을 삽입할 때 작은 이동식 초음파 기계가 합병증 위험을 줄이는 데 도움이 될 수 있다. 그러나 이러한 기계가 재난 상황에서 항상 가용하지 않을 수 있다.

간헐혈액투석이나 지속신대체요법에 필요한 항응고제가 출혈 위험을 증가시킬 수 있으며[284], 따라서 출혈 경향이 있는 환자에게는 항응고제 없이 혈액투석을 시행하거나 복막투석을 시행한다. 구연산염(citrate) 항응고 요법을 출혈 고위험 환자에서 사용해 볼 수 있으나 [285-287], 이 방법은 기술적 숙련도를 요하고 저칼슘 혈증이나 대사성 알칼리증, 구연산염 중독과 같은 생명을 위협하는 대사성 합병증을 유발할 수 있다[278]. 이러한 합병증의 위험은 혼란한 재난 상황에서 더 높아진다. 결과적으로 이러한 임상 상황에서는 국소적인 구연산염(citrate) 항응고 요법을 사용하지 않는다.

이 주제에 대한 심도 있는 논의는 콩팥병전체결과개선(KDIGO) 급성콩팥손상 지침을 참조한다 [109].

V.3.F: 투석 치료를 중단하는 경우 투석 치료의 재개를 요하는 임상적, 실험실적 검사 결과의 악화에 대해 면밀히 감시한다.

신대체요법을 요하는 환자의 대부분은 차후 콩팥 기능이 충분히 회복되어 투석을 중단하게 된다. 일반적으로 급성콩팥손상 환자에서의 투석 시행 평균 기간은 12-13일 정도이다[274]. 이는 전반적인 횡문근융해증 관련 급성콩팥손상 환자의 투석 지속 기간(평균 14.6일)[288] 및 대량 재난 관련 압괴 환자에서의 투석 지속 기간(예: 마르마라 지진에서 약 13.4일)과 비슷하다[159].

급성콩팥손상 환자에서 언제 투석 치료를 중단할지에 대한 명확한 기준이나 알고리즘은 없다. 이러한 목적으로의 콩팥 기능 평가는 쉽지 않으며 적용하는 투석 방법에 따라 편향된 결과를 보여주기 쉽다. 간헐혈액투석에서는

V.3.E: 출혈 경향을 보이는 환자의 경우 항응고제를 사용하

용질 농도가 변하고 항상성을 유지하기 어렵기 때문에 콩팥 청소율 계산을 참고해야 한다. 고유의 콩팥 기능은 투석간 기간에 소변량과, 소변으로의 크레아티닌 배출, 혈청크레아티닌 또는 혈액 요질소 농도의 변화를 평가하는 것으로만 파악할 수 있는데, 재난 상황에서는 이를 시행하고 결정하기가 어렵다. 또한, 혈액 요질소 및 크레아티

닌 농도는 체액 상태나 분해대사 작용과 같은 콩팥 외 인자들에 의해 영향을 받을 수 있음을 명심해야 한다.

매일의 투석 치료를 격일 투석 치료로 변경하는 등 간헐혈액투석의 빈도를 낮추는 것은 환자가 고유의 콩팥 기능만으로 버틸 수 있는지를 평가하는 좋은 방법이다 [109]. 이 기간 동안 환자의 임상 상태나 소변량, 생화학

표 12 재난 외상 환자에서 다양한 신대체요법의 잠재적인 이점과 단점[5,24,64,109,159,169,278,282,283]

투석 방법	이점	단점	첨언
간헐혈액투석 (IHD)	- 높은 저분자량 물질의 청소율 - 항응고제 없이 투석 가능 - 같은 자리에서 여러 명의 환자를 치료할 수 있음	- 숙련된 의료진과 기술적인 보조가 필요함 - 투석막과 혈액 관 내 용적 (priming volume) 관련한 수액이 필요함. 사용하지 못하는 경우 이미 저혈압이거나 저혈압이 발생하기 쉬운 환자에서 투석 중 저혈압이 악화될 수 있음 - 투석 불균형 증후군(disequilibrium syndrome)의 발생 위험이 높음	- 재난 상황에서 가장 실용적인 신대체요법
지속 신대체요법 (CRRT)	- 체액 조절이 용이함 - 점진적인 요독 물질 제거로 투석 불균형 증후군 발생 위험 감소 - 더 많은 열량을 제공할 수 있음 - 지속 동정맥 혈액여과는 추가적인 펌프나 전기를 요하지 않음 최소한의 장비가 요구됨	- 지속적인 헤파린 사용으로 출혈에 취약함 - 칼륨과 같은 저분자량 물질의 제거 능력이 낮음 - 기계 1대로 1 명의 환자만 치료할 수 있음 - 재난 현장으로 다량의 수액을 수송해야 함	- 간헐혈액투석에 비해 생존율의 이점을 증명한 무작위 대조 연구가 부족함 (본문 참조) - 간헐혈액투석이나 복막투석에 비해 많은 노동력을 요하며 비쌈 - 지속 동정맥 혈액여과는, 대부분의 환자들이 혈압이 낮고, 재난 현장에서 동맥 접근로를 확보하기가 어렵기 때문에, 매우 제한된 경우에만 시행 가능함
복막투석 (PD)	- 혈관 접근로 확보가 필요하지 않음 - 보다 기술적으로 간단하며 혈액학적 으로 덜 불안정함 - 수액이나 전기를 요하지 않음	- 칼륨과 같은 저분자량 물질 청소율이 낮음 - 무균술을 유지하기가 어려움 - 환자가 늑막염이나 복벽 감염, 장 폐색, 커다란 복부 탈장이 있는 경우, 심한 비만이나 복부 대동맥이 있는 경우 적용하기 어려움 - 재난 현장으로 다량의 수액을 수송해야 함	- 흉곽이나 폐, 복부 외상 환자에서는 수행하기 어려움 - 간헐복막투석의 적용이 어려운 경우 일시적인 치료법으로 사용될 수 있음 - 고칼륨혈증에 대한 면밀한 모니터링이 필요함

적인 검사 결과를 면밀히 모니터링해야 한다. 임상적으로나 실험실적 검사 결과가 악화되는 경우 망설이지 말고 투석을 재개한다. 투석 치료 간에 이러한 변수들이 안정적으로 유지되거나 호전을 보이고 소변량이 현저하게 증가한다면 영구적으로 투석을 중단할 수 있다.

Section V.4: 다뇨 시기의 압계 관련 급성콩팥손상의 치료

V.4.A: 압계 관련 급성콩팥손상의 회복기에, 다뇨 시기에 특징적인 저혈량증을 예방하고 전해질 균형을 유지해야한다.

V.4.B: 콩팥 기능이 회복하기 시작하면 점진적으로 수액 공급량을 줄이고 임상적, 실험실적 소견을 면밀히 감시한다.

근거

V.4.A: 압계 관련 급성콩팥손상의 회복기에, 다뇨 시기에 특징적인 저혈량증을 예방하고 전해질 균형을 유지해야한다.

급성신(콩팥)부전의 펄스는 종종 다뇨 시기로 이어지는데, 일반적으로 초기 손상 후 1-3주 이내에 시작된다[23].

이 시기의 치료는 매일 배출되는 수분과 전해질의 양에 따라 결정된다. 치료에 대한 견고한 원칙은 없다. 탈수와 이에 따른 콩팥 관류의 저하를 예방하기 위해 적절한 수액, 전일의 소변량과 기타 수분 소실에 400 ml를 더한 정도의 수액을 투여한다. 환자가 합성대사 작용이나 분해대사 작용 상태, 체액 과부하 상태가 아니라면 체증이 유지된다는 것은 적절한 양의 수액이 투여되었다는 것을 시사한다. 체액 과부하가 있는 경우에는 소변량보다 적은(일반적으로 전일 소변량의 2/3 정도) 양으로 수액을 줄여 투여한다. 수분 상태를 반영하는 생화학적 검사나 임상적인 징후를 통해 체액 과부하나 결핍을 평가한다. 체중 변화는 중요한 추적 관찰 요소이다.

이노기에는 다량의 전해질이 빠져나갈 위험이 있는데, 외상성 횡문근융해증의 경우에도 소변으로 과도하게 칼륨이 소실됨으로써 저칼륨혈증이 보고되기도 했다[122].

그러나 일부의 경우에는 다뇨 시기에도 콩팥이 칼륨을 적절히 조절할 능력이 회복되지 않아 여전히 고칼륨혈증의 위험이 존재한다. 따라서 매일 혈청 전해질을 측정하고 적절하게 보충 요법을 시행해야 한다. 가능하다면 일일 소변량과 소변에서의 전해질량을 이러한 자료와 비교해 본다[151].

V.4.B: 콩팥 기능이 회복하기 시작하면 점진적으로 수액 공급량을 줄이고 임상적, 실험실적 소견을 면밀히 감시한다.

다뇨 시기가 지속되는 것을 피하기 위해 혈액 화학 검사 결과가 정상화가 된 후에는 면밀한 임상적, 실험실적 모니터링을 통해 매일 투여하는 수액량을 점진적으로 줄인다. 전일 소실된 모든 체액의 2/3에 400-500 ml를 더한 수액을 투여하는데, 이를 통해 다뇨의 정도가 점진적으로 줄어들 수 있다[151]. 용통성 없이 수액을 제한하는 경우, 세뇨관 기능이 아직 완전하게 회복되지 않는 상황에서는 지속적인 다뇨로 인해 탈수나 콩팥 기능 이상의 재발이 발생할 수 있다. 이러한 경우에는 다시 수액 투여량을 이전 수준으로 증량한다. 체액이 회복된 후에는 수액을 제한하기 위한 다른 시도를 해볼 수 있다. 그러나 이때에는 탈수의 재발을 예방하기 위해 이전에 비해 덜 적극적으로 수액을 제한한다. 임상적, 생화학적 결과가 정상화되고 소변량이 줄어드는 것은 세뇨관 기능이 회복되었음을 시사한다. 이후에는 환자를 퇴원시키고, 3-4일 후 외래에서 혈액 검사를 추적 관찰한다

Section V.5: 장기 추적 검사

V.5.A: 퇴원 후에도 늦게 발생하는 콩팥 및 전신 합병증의 발생을 확인하기 위해 압계증후군 손상자를 적어도 일년에 한 번 평가한다.

근거

V.5.A: 퇴원 후에도 늦게 발생하는 콩팥 및 전신 합병증의 발

생을 확인하기 위해 압궐증후군 손상자를 적어도 일년에 한 번 평가한다.

급성콩팥손상 환자의 장기 결과는 그동안 잘 특징지어지지 않았다. 많은 경우, 급성콩팥손상 환자는 후에 만성콩팥병을 동반하게 된다[289,290]. 고령자나 기존에 만성콩팥병이 있던 환자는 말기신부전(ESRD)로 진행될 위험성이 현저히 증가하는데, 급성콩팥손상이 콩팥 질환의 진행을 가속화하기 때문이다[291]. 입원 기간 동안 생존하고 1달 이상 투석을 중단할 수 있을 만큼 콩팥 기능이 회복된 아주 좋은 상황이라고 하더라도, 차후 수년 이내에 유지 투석을 요할 확률이 약 10%에 이른다[292]. 이러한 보고들은 말기신부전의 주요 원인으로 급성콩팥손상의 의미를 부각시킨다.

말기신부전의 위험성과는 별개로, 많은 단일 또는 다기관 분석 결과에서 급성콩팥손상은 콩팥 기능이 회복된 후에도 후기 사망률이 상승하는 것과 독립적인 연관성이 있는 것으로 나타났는데[293-296], 이는 급성콩팥손상이 주요한 보건 문제임을 부각시킨다.

압궐 관련 급성콩팥손상 환자에 대한 특이적인 후기에 대해서는 알려진 바가 없다. 단기적으로 압궐 환자의 대부분에서 완전한 회복이 기대된다[9,70,211,264]. 그러나 최종 결과에 대한 연구는 없다. 전체적인 외상 후 급성세관괴사의 예후는 일반적으로 좋은 것으로 알려져 왔다 [297]. 그러나 이것이 압궐 손상자에게 그대로 적용되지 않을 수 있다. 드물지만 사이질신염이나 초승달사구체신염과 같은 영구적인 콩팥 손상이 횡문근융해증 관련 급성콩팥손상에서 보고되었다[124]; 그러나 이들과 초기 손상과의 연관성은 명확하지 않다.

아르메니아 지진 2-4년 후 시행된 분석에서 재난을 경험한 약 35,000명 중 심장성 사망이 재난 후 첫 6개월 이내에 현저하게 상승했다. 한 명 이상의 가족을 잃거나 재산상의 손실이 심장성 사망 위험성의 증가와 관련이 있었다[298]. 많은 압궐 손상자에서 이러한 손실이 있을 수밖에 없기 때문에 이들에 대해서도 장기간 심혈관성 질환에 대해 면밀히 모니터링해야 한다.

Section VI. 압궐 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료

VI.1: 압궐 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료

Section VI.1: 압궐 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 의학적 합병증의 진단, 예방 및 치료

VI.1.A: 개입을 최적화하고 결과를 개선하기 위해 압궐 관련 급성콩팥손상의 합병증을 미리 예측하고 예방한다.

VI.1.B: 감염을 조기에 적절하게 진단하고 치료한다.

VI.1.C: 균혈증과 패혈증이 발생하지 않도록 가능한 빠르게 혈관 내 카테터(catheter)를 제거한다.

VI.1.D: 구획증후군으로 인한 말초신경병증을 척수 손상으로 부터 구분하여 적절한 치료법을 결정한다.

VI.1.E: 심리적 지원을 제공하고, 특히 자살 사고가 있는 압궐 손상자의 경우 친인척이나 직원, 가까운 제3자를 가까이 있도록 한다.

근거

VI.1.A: 개입을 최적화하고 결과를 개선하기 위해 압궐 관련 급성콩팥손상의 합병증을 미리 예측하고 예방한다.

압궐증후군 관련 급성콩팥손상의 임상 경과는 많은 내과적, 외과적 문제로 복잡하다(표 13)[23].

급성콩팥손상의 원인과 관계없이 특히 압궐 손상에 의한 경우, 콩팥 외 합병증(감염 또는 폐, 심혈관, 혈액학, 위장관, 신경학 및 정신과적 문제)들은 질병의 경과를 악화시키고 이환율과 사망률을 증가시킨다[256,257,299,300].

매일 신중한 평가 외에도 가능하면, 잠재적인 합병증의 조기 진단 및 치료를 위해 검사실 평가[매일 전체혈구계산(CBC) 및 요 검사; 주 2회 다양한 체액 배양(예: 소변, 상처 삼출물, 배액액) 및 영상 검사(적어도 주 1회 흉부 X선 촬영)]를 수행한다.

VI.1.B: 감염을 조기에 적절하게 진단하고 치료한다.

오염된 상처, 외상 및 수술 상처의 부적절한 관리, 요도 또는 혈관 내 카테터(catheter) 삽입, 삽관, 면역 결핍으로 인해 재난 손상자에게는 패혈증 및 상처 감염, 폐렴, 농흉, 요로 감염, 파상풍이 빈번하게 발생한다(표 14)[314-316].

압궐 환자에서 전신 감염을 진단하는 것은 어려울 수 있다. 감염의 주요 지표인 발열과 백혈구 증가증이 횡문근융해증, 혈중, 폐색전증과 같은 다른 요인에 의해 발생할 수 있기 때문이다[317]. 또한 재난 상황에서는 검사실이 효율적으로 작동하지 않을 수도 있다. 따라서 신체 검진 소견과 검사 결과가 감염을 확정하지 못하더라도 둔상 및 관통상을 입은 환자의 30%에서 88%가 감염으로 인해 사망하기 때문에 감염 가능성을 높게 의심하고 고려해야 한다.

표 13 압궐 관련 급성콩팥손상의 임상 경과 중 발생할 수 있는 다양한 기관계 합병증 요약

계통	합병증	원인
심혈관계	심근경색, 울혈성 심부전, 고혈압	재난 관련 스트레스, 항고혈압제 및 항허혈제 중단, 체액 과부하[115, 125,126,301-304]
혈액계	빈혈, 백혈구 증가증, 혈소판 감소증	외상성 출혈, 피뇨/무뇨 환자에서의 혈액 희석, 횡문근융해증, 감염, 파종혈관내응고(DIC)[123,124,305]
호흡기계	기관지염, 폐렴, 천식	최적의 생활 조건이 아닌 환경, 스트레스, 간혀 있는 동안 먼지 흡입, 흡인, 체액 과부하[90,306,307]
소화기계	출혈, 소화성 궤양	스트레스, 위산도를 증가시키거나 위 상피의 완전성을 손상시키는 약물, DIC 또는 요독증으로 인한 출혈 경향[12,306,307]
신경계	말초 신경병증, 불완전 마비, 마비	신경의 신전 및 고정, 압박, 증가된 구획 내 압력 ; 척수 손상[308]
정신계	우울증, 섬망, 외상 후 스트레스 장애 (PTSD)	재난 관련 스트레스, 가족 구성원 또는 재산의 상실[306,309]
대사계	혈당 조절 장애	스트레스, 불규칙한 영양, 외과적 또는 내과적 합병증 발생, 규칙적인 치료의 부재[307,310-313]

약어: DIC: 파종혈관내응고

표 14 압궐증후군 손상자의 감염 유발 요인과 예방

감염 유형	유발 요인	예방
패혈증	면역억제, 영양실조, 체내 카테터(catheter), 균혈증	세심한 도관 관리, 조속한 도관 제거, 열이 있는 환자의 혈액 배양, 적절한 영양 공급
상처	상처 내 이물질, 혼란스러운 재난 상황에서의 불충분한 상처 관리	세심한 상처 관리, 감염된 조직과 괴사 조직의 완벽한 제거, 항생제 투여
요로계	요도 카테터, 피뇨	조속한 카테터 제거
호흡기계	장시간 감힘, 먼지 흡입, 기존의 폐 질환	주기적인 흉부 X선 촬영과 산소포화도 모니터링
파상풍	모든 개방성 상처	파상풍 변성독소(toxoid) 예방 접종(Section III.1.E 참조)

VI.1.C: 균혈증과 패혈증이 발생하지 않도록 가능한 빠르게 혈관 내 카테터(catheter)를 제거한다.

압궐 환자에서 혈관 내 카테터 관련 감염은 흔하며 이는 균혈증이나 패혈증으로 진행될 수 있다. 카테터 삽입 시 무균술을 철저히 준수하고 삽입 부위 관리에 신경 쓰며 카테터를 조기에 제거함으로써 이러한 위험을 줄일 수 있다.

만약 감염이 의심되는 경우, 카테터(catheter)를 제거하고 혈액 및 삽입 부위 배양과 함께 도관 끝부분을 배양한다. 정량적인 배양 검사가 가장 유용한 방법임을 고려해야 한다. 만약 카테터를 제거하는 것이 안전하지 않다면

면 카테터 라인과 말초 부위에서 혈액배양을 시행하고 배양 결과가 나올 때까지 경험적 항생제를 투여한다. 간편성을 고려하여 투석 후에만 투여가 필요한 항생제[반코마이신(vancomycin), 테이코플라닌(teicoplanin), 세파졸린(cefazolin), 세프트라지딴(ceftazidime), 닙토마이신(daptomycin)]를 사용한다[320]. 혈관 접근로 카테터 관련 균혈증에서 가장 흔하게 발견되는 병원균은 황색포도알균(*S.aureus*)과 응고효소 음성 포도알균(coagulase-negative staphylococci)이다. 가능하다면, 혈관 카테터 감염의 경험적 치료로 반코마이신이나 테이코플라닌을 사용한다. [신(콩팥)부전 시 용량은 표 10 참조], 특히 메

티실린(methicillin)내성황색포도알균(MRSA)이 해당 병원이나 지역에서 감염 원인인 경우에는 더욱 그렇다. 경험적 반코마이신이나 테이코플라닌을 사용한 환자에서 메티실린내성황색포도알균감염이 배제된 경우, 항생제 치료를 세파졸린이나 답토마이신으로 전환한다. 메티실린 내성이 없는 상태에서 반코마이신으로 지속적으로 치료하는 경우 치료 실패의 위험이 크게 증가한다[320]. 반코마이신내성장알균(VRE)은 각 투석 세션 후에 투여하는 답토마이신으로 치료하는 것을 고려한다.

그람 음성균도 카테터(catheter) 관련 균혈증의 원인이 될 수 있으며, 이들 중 대부분(95%)은 아미노당화물(aminoglycoside)과 3세대 세팔로스포린(cephalosporin)에 감수성이 있다. 아미노당화물의 빠른 살균 효과를 감안해 하루 일회 용량 투여를 고려할 수 있지만[320], 아미노당화물의 비가역적인 이독성(ototoxicity) 및 전정독성(vestibulopathy), 신독성의 위험이 상당하여 3세대 세팔로스포린이 더 선호된다[321]. 콩팥 또는 투석에 의해 상당 부분 제거되는 항생제의 경우, 용량 및 투여 빈도를 결정할 때 콩팥 기능과 투석 적절성을 고려해야 한다(표 10 참조).

VI.1.D: 구획증후군으로 인한 말초신경병증을 척수 손상으로부터 구분하여 적절한 치료법을 결정한다.

구획 내 압력 증가에 따른 신경의 신전, 고정 및 압박으로 인한 말초 신경 손상은 압궤증후군 환자에서 가장 빈번하게 발생하는 신경학적 합병증이다[308, 322]. 일반적인 임상 징후로는 이완성 마비와 감각 소실이 있으며, 이로 인해 때때로 척수 손상으로 오진할 수 있다. 치료 프로토콜이 다르기 때문에, 요도 괄약근 조절과 방광 카테터(catheter) 삽입 시 통증의 유무를 확인하여 척수 문제를 배제해야 한다[50,308]. 말초 신경 손상이 있는 경우, 물리 치료와 재활 치료는 사지 기능을 유지하거나 개선하기 위해 중요한 치료 방법이다. 전문 외과 의사 수행하는 수술적 신경 재건술은 추후에 시행될 수 있다. 척수 손상이 진단되거나 의심되는 경우, 가능한 한 빨리 환

자를 고정하고 전문 치료 센터로 이송해야 한다.

VI.1.E: 심리적 지원을 제공하고, 특히 자살 사고가 있는 압궤 손상자의 경우 친인척이나 직원, 가까운 제3자를 가까이 있도록 한다.

재난 피해자들에게는 정신과적 및 심리적 문제가 매우 흔하게 관찰된다[91,323,324]; 따라서 가능하다면 훈련된 인력에 의한 정신과적 또는 심리적 지원을 제공해야 한다. 자살 위험이 높기 때문에[325,326], 특히 가족이나 재산을 잃은 사람들을 포함하여 모든 대규모 재난 피해자를 면밀히 관찰해야 한다. 가능하다면, 이 위험이 감소하거나 심리적 상태가 개선될 때까지 가족이나 직원, 제3자가 그들과 함께 머무르도록 조치해야 한다.

Section VII. 압궐증후군 피해자 치료에 대한 물류 관리 문제

VII.1: 재난 구호를 위한 물류 관리 지원

VII.2: 의료 인력 및 물자의 일반적인 수송 계획

VII.3: 공항 질환에 대한 의료 인력과 자원의 수송 계획

Section VII.1 재난 구호를 위한 물류 관리 지원

VII.1.A: 효과적인 물류 관리 지원을 조직하기 위해 대규모 재난의 심각성과 범위를 조기에 평가한다.

VII.1.B: 효과적인 구조 계획을 수립하기 위해 가능한 한 빨리 압궐 손상자의 수와 발생률을 추정한다.

VII.1.C: 물자 손상이나 부족과 관련된 문제를 배제하기 위해 지역 의료 시설의 상태를 평가한다.

VII.1.D: 압궐 손상자들을 가능한 빨리 재난 지역으로부터 보 다 안전하고, 멀리 떨어져 있으며, 잘 갖추어진 시설로 이송한다.

VII.1.E: 적절한 의료 체계를 마련하기 위해 입원의 빈도와 시 기를 예측한다.

VII.1.F: 정신건강학적인 문제와 의료적 위험성의 발생을 예 방하기 위해 재난 지역으로부터 시신을 가능한 빠르게 수습한 다.

근거

VII.1.A: 효과적인 물류 관리 지원을 조직하기 위해 대규모 재난의 심각성과 범위를 조기에 평가한다.

'물류 관리'라는 용어는 '인력 및 자원의 조달, 유지, 배포 및 교체'를 의미하며, 이는 '적재적소, 적시에, 적절한 물건을 갖출 수 있도록' 하는 것을 의미한다. 일상적인 상황에서는 보통 필요하지 않지만, 환자 수 증가, 제한된 자원, 심지어 재난 관리 경험이 많은 국가에서도 발생하는 상당한 혼란 때문에 대규모 재난을 대비한 물류 준비는 필수적이다[7,41,269,306]. 재난 대비로 혼란을 줄이고, 재난 시 실수를 방지하거나 최소화할 수 있다[327,328]. 효과적인 물류 관리 지원을 위해 가능한 한 빨리 전반적인 피해 규모를 평가해야 한다. 물류 관리 지

원에 가장 중요한 인력은 구호 조정자이며, 이들은 재난 발생 직후 피해 규모를 평가하여 다음과 같은 작업을 수행한다:

- 1) 피해자 수를 예상한다.
- 2) 지역 의료 시설의 수용 능력과 이송 가능성을 파악한다.
- 3) 입원 시기를 예측한다.

VII.1.B: 효과적인 구조 계획을 수립하기 위해 가능한 한 빨리 압궐 손상자의 수와 발생률을 추정한다.

리히터 규모 6.4 이상의 지진 이후 사망자와 부상자의 비율은 1:2.5에서 1:3 사이이지만 지역 상황에 따라 달라질 수 있다[35,71,211,329,330]. 마찬가지로, 부상자 중 압궐증후군의 발생률은 2%에서 20% 사이이며, 특히 다층 콘크리트 건물이 밀집된 지역에서 발생률이 가장 높다. 재난 이후 사망자 또는 생존자 대비 압궐 손상자의 수를 줄이는 요인은 다음과 같다[1]:

- 피해를 입은 사람들의 수에 비해 제한된 구조 가능성(예: 2001년 인도 구자라트 지진[331], 2005년 파키스탄 카슈미르 지진[43], 2010년 아이티 지진[132]),
- 건물의 갑작스럽고 급격한 붕괴(예: 9/11 뉴욕 테러 공격[332]),
- 다층 콘크리트 건물의 부재(예: 2003년 이란 밤 지진[43]; 2010년 아이티 지진[132]),
- 주간 발생 및 온화한 기상 상황(예: 2005년 카슈미르 지진[43]).

효과적인 구조 계획을 위해 위의 요인들을 고려하여

최종적으로 발생할 압괴 손상자의 수를 미리 추정하고 전체 지역에 대해 매일 철저한 추적 조사를 수행한다.

VII.1.C: 물자 손상이나 부족과 관련된 문제를 배제하기 위해 지역 의료 시설의 상태를 평가한다.

압괴 손상자는 복잡한 임상적 요구로 인해 장비가 충분하지 않은 재난 현장 내 병원에서는 치료할 수 없다. 따라서 우선, 진원지와 가까운 지역 의료 시설의 상태를 파악하여 향후 의뢰 센터로서의 사용을 위태롭게 하는 물자 손상이나 부족을 배제한다[26].

VII.1.D: 압괴 손상자들을 가능한 빨리 재난 지역으로부터 보다 안전하고, 멀리 떨어져 있으며, 잘 갖추어진 시설로 이송한다.

지역 내 제반 시설에 상당히 피해가 발생한 경우, 다음과 같은 이유로 진원지 인근 지역의 압괴 손상자들을 가능한 한 빨리 대피시켜야 한다[333,334].

1. 재난 지역 내 병원은 종종 심하게 손상되거나 여진으로 인한 붕괴 위험에 처해 있다.
2. 응급 재난 현장 내 병원은 급성 합병증의 일시적인 치료에 가장 유용하다.
3. 이차적 합병증으로 인해 나중에 압괴 손상자들을 이송하기가 어려워질 수 있다.
4. 지역 병원은 이송이 불가능한 손상자들을 위해 공간과 시설을 비워두어야 한다.
5. 재난 지역에서 치료받는 환자는 적절한 환경으로 이송되어 치료를 받은 환자들에 비해 사망률이 더 높다.

압괴 손상자들은 가능하면 집중 치료실 및 투석, 외상 치료 시설을 갖춘, 경험이 많고 장비가 잘 갖춰진 병원으로 이송되어야 한다. 대규모 재난 상황에서 이송은 문제가 될 수 있지만 지역 정부 및 비정부 조직과 협력[335], 보트 또는 헬리콥터, 비행기를 이용하여 이송을 보다 원활하게 할 수 있다[1,45].

VII.1.E: 적절한 의료 체계를 마련하기 위해 입원의 빈도와 시기를 예측한다.

적절한 대피가 이루어질 경우, 대부분의 병원 입원은 재난 발생 후 첫 3일 이내에 발생하며[7,71,90,94,336], 많은 사상자가 발생함에 따라 병상 부족이 초래될 수 있다. 경미한 부상을 입은 피해자들이 재난 직후 자력으로 병원에 도착하여 종종 나중에 도착하는 더 심각한 부상을 입은 피해자들을 위한 병상을 차지할 수 있다[37,337]. 따라서 경미한 부상자들을 선별하여 횡문근융해증 및 압괴증후군의 징후가 있는지 자신의 상태를 모니터링하고, 그러한 징후가 나타나면 병원으로 내원하도록 구두 및 서면 지침을 통해 가능한 한 빨리 퇴원시킨다.

VII.1.F: 정신건강학적인 문제와 의료적 위험성의 발생을 예방하기 위해 재난 지역으로부터 시신을 가능한 빠르게 수습한다.

재난 상황에서 매장되지 않은 시신이 감염원이 될 수 있다는 우려가 있지만, 고립된 외상성 사망에서는 그럴 가능성이 낮다[90,329]. 그러나 수습하지 않은 시신이 하천 또는 우물, 기타 수원을 오염시킬 경우 생존자에게 위장염이나 식중독을 일으킬 수 있다. 이러한 무시해도 될 정도의 위험보다, 시신은 심각한 심리적 문제를 유발하기 때문에 시신을 수습할 필요가 있다. 책임자들은 사상자 수거 지점 근처에 임시 영안실을 설치하되, 공공의 시선이 철저히 차단된 별도의 장소에 마련해야 한다. 접근은 엄격히 제한되어야 한다[37]. 신원을 확인하기 위해 사망한 피해자의 사진을 촬영하는 것이 유용하다.

수습 방법 중 화장은 많은 종교적 신념에 부합하지 않고 사기를 저하시킬 뿐만 아니라 상당한 양의 연료를 필요로 하기 때문에 실용적인 접근법이 아니다[90]. 집단 매장이 더 적절한 대안이며, 이는 1999년 마르마라(튀르키예) 및 2003년 밤(이란), 2010년 아이티 지진과 같은 최근의 대형 재난에서 시행되었다.

Section VII.2: 의료 인력 및 물자의 일반적인 수송 계획

VII.2.A: 의료인의 극도의 피로(burnout)를 예방하기 위해 쉬는 활동을 제한한다. 의료진의 소진 여부를 평가할 수 있는 감독관을 파견하고 의료인이 휴식을 취할 시점을 결정하도록 한다.

VII.2.B: 재난이 일어난 첫 며칠 동안에는 가장 경험이 많은 인력으로 구성한다.

VII.2.C: 효과적인 외부 지원이 도착할 때까지는 현존하는 의료 자원을 신중하게 이용한다.

VII.2.D: 대량의 혈액 제제 투여가 예견되는 경우, 혈액 제제의 과잉과 부족을 예방하기 위해 헌혈을 계획하고 요청한다.

근거

VII.2.A: 의료인의 극도의 피로(burnout)를 예방하기 위해 쉬는 활동을 제한한다. 의료진의 소진 여부를 평가할 수 있는 감독관을 파견하고 의료인이 휴식을 취할 시점을 결정하도록 한다.

재난으로 인해 지역 의료진이나 그들의 가족이 피해를 입은 경우 의료 서비스 제공이 어려울 수 있다. 일본 고베 지진의 첫날, 의료진 및 행정 직원의 42-69%가 부상이나 교통 문제로 인해 근무할 수 없었다[25]. 근무 가능한 인력도 충격 및 불안, 슬픔으로 인해 비효율적으로 활동할 수 있다[37,40]. 결근하거나 비효율적인 동료를 대신해 효율적인 인력이 쉬지 않고 활동하는 것은 극도의 피로(burnout)를 예방하기 위해 피해야 한다. 이러한 문제점을 방지하기 위해 당직 일정을 신중하게 준비해야 한다.

VII.2.B: 재난이 일어난 첫 며칠 동안에는 가장 경험이 많은 인력으로 구성한다.

가장 복잡한 상황들이 예상되는 재난 발생 첫 며칠 동안에는 가장 경험이 많은 인력을 배치해야 한다. 재난 발생 후 첫 3일 이내에 입원한 손상자들의 사망률이 상당히 높다는 점을 고려해야 한다[7]. 마르마라 지진 후 첫 3일 내에 입원한 손상자의 사망률은 18%였던 반면, 이후에 입원한 피해자의 사망률은 10%였다[71].

재난의 후반기에 경험이 적은 인력을 배치하면 의료 과실의 위험을 최소화할 수 있다.

VII.2.C: 효과적인 외부 지원이 도착할 때까지는 현존하는 의료 자원을 신중하게 이용한다.

다양한 치료가 필요한 많은 환자를 치료하는 동시에 발생한 의료 장비와 시설의 피해는 종종 의료 물자 부족을 초래한다. 일반적으로 일주일이 걸리는 외부의 효과적인 지원을 받을 때까지는 사용 가능한 의료 물품을 신중하게 소비해야 한다[1,306].

급성콩팥손상(AKI) 발생 수의 일일 변화를 신중히 모니터링하여 물품 수요를 예측해야 한다. 향후 심각한 합병증이 발생하는 환자들을 위해 물품을 보존해야 하므로 추가 물품이 도착한 후에도 의료 장비를 무제한으로 사용하는 것은 정당화되지 않는다.

VII.2.D: 대량의 혈액 제제 투여가 예견되는 경우, 혈액 제제의 과잉과 부족을 예방하기 위해 헌혈을 계획하고 요청한다.

압제 손상자들은 치료 중에 대량의 혈액과 혈액 제제를 필요로 한다[115,338]. 혈액 제제의 가장 중요한 문제는 반감기가 짧다는 것이다[1,336]. 재난 상황에서는 혈액 은행이 손상되어 효과적으로 보관할 수 없거나 다량 수혈로 인해 비축량이 부족해질 수 있다[339]. 따라서 혈액 제제의 필요성이 예상되는 전체 기간에 걸쳐 헌혈 요청을 계획하고 분산시켜 수요를 충족시킬 수 있는 안정적인 공급을 유지해야 한다. 그렇지 않으면 재난 직후 너무 많은 혈액 제제가 수집되어 사용되지 않은 비축량을 폐기해야 할 수 있고, 또한 이후 부족 사태를 초래할 수 있다[340]. 선진국에서 소규모 재난 후 헌혈은 안전할 수 있지만[341], 혼란스러운 대규모 재난 상황에서는 혈액 수혈과 관련된 전형적인 의료 합병증의 발생 가능성이 특히 높다[113,342,339,343]. 이러한 의료 및 물류 관리 문제를 최소화하기 위해 주의를 기울여야 한다[344].

VII.3: 붕괴 질환에 대한 의료 인력과 자원의 수송 계획

VII.3.A: 갑작스러운 압괴 손상자의 유입에 대처하기 위해 재난 지역과 주변의 신장내과 부서에서는 구체적인 재난 대비 계획을 갖추어야 한다.

VII.3.B: 적절한 물자 비축 및 외부 지역으로부터의 긴급 지원을 구성하기 위해 압괴증후군 손상자의 치료를 위한 의료 소모품의 정확한 수요를 미리 파악해야 한다.

VII.3.C: 투석 인력은 기능하지 않는 센터에서 기능하는 센터로 재배치되어야 한다.

VII.3.D: 유지 투석 환자의 재배치도 미리 계획되어야 한다.

근거

VII.3.A: 갑작스러운 압괴 손상자의 유입에 대처하기 위해 재난 지역과 주변의 신장내과 부서에서는 구체적인 재난 대비 계획을 갖추어야 한다.

재해는 일반적으로 투석의 수요를 증가시키지만, 동시에 투석 시설이 손상되거나 파괴될 수 있어 남아있는 운영 중인 시설의 업무량을 크게 증가시킨다[27,28,345]. 따라서 재해 발생 가능성이 높은 지역에 있는 모든 신장내과 부서는 갑작스러운 환자 증가에 대비하기 위해 자체적인 '재해 대비 계획'을 준비해야 한다[346]. 이 프로그램에는 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

- 적절한 약품 및 소모품의 재고 순환을 통해 부족을 방지하는 것

- 추가 인력 동원을 위한 계획 수립

- 압괴증후군 및 그 관리에 대한 인식을 높이기 위해 구조팀과 1차 의료 서비스에 배포할 자료 준비

- 재해 발생 시 유지 투석 환자를 수용할 수 있는 시설의 지도 작성

압괴 환자는 여러 합병증을 겪기 때문에 완전하게 장비를 갖춘 병원이 필요하다. 이러한 병원에서 정기적으로 유지 투석을 받는 환자들을 인근의 위성 외래 진료소로 이송하여 재해 지역에서 대피한 압괴 환자들을 위해 병원

자원을 보존해야 한다[347].

VII.3.B: 적절한 물자 비축 및 외부 지역으로부터의 긴급 지원을 구성하기 위해 압괴증후군 손상자의 치료를 위한 의료 소모품의 정확한 수요를 미리 파악해야 한다.

압괴 환자의 의료적 수요를 예상하는 것은 국내 및 국제 지원을 요청하는 데 매우 중요하다. 대규모 재해 이후에는 필요한 의료 물품의 양이 엄청난 비율에 도달할 수 있기 때문에 이러한 지원이 거의 항상 필요하다[1,115, 211]. 지진으로 인한 압괴증후군 손상자를 치료하기 위해 자주 소모되는 의료 물품[예: 혈액 및 혈액 제제, 투석 재료, 크리스털로이드(crystalloid) 및 케이엑살레이트(kayexalate)]의 양을 평가해야 한다(표 15).

표 15를 기반으로 추정하면, 물품의 경우 초기 지원이 조직되기 전 첫 3일 동안 재해 발생 시 1,000명의 압괴증후군 환자에게 15,000 L의 크리스털로이드(crystalloid)가 필요하다. 추가적으로 환자 1인당 하루 일반적인 복용량인 15 g을 기준으로, 이 환자들에게는 45 kg의 나트륨 폴리스티렌설포산염(polystyrene sulfonate(kayexalate))이 필요하다. 마르마라 지진에서의 수치를 고려할 때, 1,000명의 압괴 환자에게 필요한 투석 세트와 혈액/혈액 제제의 수는 각각 8,250개와 13,000개이다.

표 15 지진으로 인한 압제중후군 손상자에게 필요한 혈액 및 혈액 제제, 투석 품목, 크리스탈로이드(crystalloid) 및 케이엑살레이트(kayexalate)의 양

수혈	N	투석	N	기타	N
환자당 평균 혈액 수혈 횟수*	4.6 ± 9.0	환자당 혈액투석(HD) 세션(혈액투석 환자)	11.2 ± 8.0	크리스탈로이드(Crystalloid)	5109 ± 1711 mL/day
환자당 평균 신선 냉동혈장(FFP) 수혈 횟수*	4.4 ± 12.9	환자당 혈액투석 세션 (투석 및 비투석 환자)	8.2 ± 8.4	케이엑살레이트(Kayexalate)	15 g/victim/day
환자당 평균 인간 알부민(HA) 수혈 횟수*	4.0 ± 7.5				

* 수혈 받은 환자와 받지 않은 환자를 모두 고려함.

수혈 및 투석 횟수와 크리스탈로이드(crystalloid)의 양은 마르마라 지진의 경험을 바탕으로 하며, 케이엑살레이트(kayexalate)는 문헌 데이터를 기반으로 추정함[1, 115, 166].

약어: FFP(신선냉동혈장), HA(인간알부민), HD(혈액투석)

의료 전문가 측면에서 이상적인 평가 팀은 신장 전문의 2명(투석 전문의 1명, 의료 문제 담당 1명), 투석 간호사 1명, 기술자 1명으로 구성되어야 한다. 후속 조치 팀(follow up team)에는 신장 전문의 1-2명, 간호사 3-5명, 기술자 1명으로 구성되어야 한다. 그러나 지역적 필요에 따라 그 숫자는 달라질 수 있다. 마르마라 지진 당시, 158명의 터키 의사(신장내과 전문의 또는 내과 전문의, 일반의)와 387명의 혈액투석 간호사가 477명의 투석 환자 치료에 참여했다. 또한 6명의 신장내과 전문의 및 35명의 혈액투석 간호사, 여러 국가에서 온 국경없는의사회(MSF) 소속 20명이 콩팔재난대응대책반(RDRTF)의 개입에 참여했다[159,348]. 주목할 점은 의료 인력이 급성콩팥손상(AKI) 및 투석 환자를 치료했을 뿐만 아니라, 현지 인력은 다른 콩팔 질환과 비-콩팔 질환을 계속 치료했으며, 국경없는의사회(MSF) 구성원들은 외교 및 정보 제공, 교육, 물류 관리 활동과 함께 많은 비-콩팔 프로그램에서도 활발히 활동했다는 점이다.

재난 종류와 위치에 따라 상황과 수요가 달라질 수 있다[349,350]. 예를 들어, 아이티 지진의 경우 재해의 규모 및 피해자 수, 개입 기간, 제반 시설 손상으로 인해 콩팔재난대응대책반(RDRTF)은 의사 9명, 간호사 11명, 투석 기술자 5명으로 구성되어 27명의 투석 중인 급성콩팥손상 환자만 치료한 반면, 국경없는의사회(MSF) 팀은 최

대 100명 이상의 구조 대원으로 구성되었다.

VII.3.C: 투석 인력은 기능하지 않는 센터에서 기능하는 센터로 재배치되어야 한다.

많은 투석 시설이 재해로 인해 손상되어 기능을 상실할 수 있지만[28,345,351], 투석이 필요한 환자의 수는 크게 증가한다. 이는 여전히 기능하는 시설에서 추가 투석 교대 근무를 편성해야 함을 의미한다. 지역 인력은 증가한 환자 수요를 감당하기에 부족할 수 있으므로 기능을 상실한 투석 시설의 인력을 기능을 유지하는 시설로 재배치해야 한다[1,327]. 이러한 인력 부족 문제를 해결하기 위해 외부 및 지역, 국제적인 지원을 조기에 요청해야 한다.

VII.3.D: 유지 투석 환자의 재배치도 미리 계획되어야 한다.

재난은 유지 투석 환자에게 큰 영향을 미치는데, 이는 이들의 투석 병원으로의 접근을 어렵게 할 수 있기 때문이다. 대폭풍 카트리나(Katrina) 발생 직후, 투석 환자의 40% 이상이 최소 한 번 이상의 투석 횟수를 시행하지 못했으며, 약 17%가 폭풍 후 한 달 동안 세 번 이상의 투석을 시행하지 못하여 입원율이 높아졌다[352,353]. 피

해 지역의 약 2,500명의 유지 투석 환자 거의 모두가 미국 전역의 다른 투석 센터로 이송되어야 했다[354]. 혼란을 줄이기 위해 대폭풍이나 화산 폭발과 같이 예측 가능한 재해의 경우 유지 투석 환자의 대피를 사전에 계획해야 하지만, 지진과 같이 예측 불가능한 재해의 경우 이는 불가능하다.

모든 재난 취약 지역에 있는 지역 의료 전문가들은 재해 직전 및 직후에 필요한 환자 이송 절차와 조치를 숙지해야 한다[355].

Section VIII. 공팔 재난 대응 프로그램의 확립

VIII.1: 재난 발생 전 준비사항

VIII.2: 재난 여파에 대한 대응

Section VIII.1: 재난 발생 전 준비사항

VIII.1.A: 공팔 재난 대응 전략은 재난 이후에 채택해야 하는 심층적인 계획을 포함해야 한다.

VIII.1.B: 공팔 재난 대응팀은 수행 조정자와 상태 파악 인원, 구조자, 의료진으로 구성되어야 한다.

VIII.1.C: 미리 지역 내 투석 시설과 의뢰할 수 있는 병원을 파악하고 있어야 하며, 이를 통해 재난 직후 효과적인 재난 대응이 전개될 수 있다.

VIII.1.D: 재난이 발생하기 전에 일반인 및 구조 팀, 의료진 및 준의료진, 유지 투석 환자를 대상으로 하는 교육 프로그램이 개발 및 시행되어야 한다.

VIII.1.E: 지역 내/외 의료진 및 준의료진의 배치, 물자의 배분, 투석 치료의 공급에 대한 계획이 미리 이루어져야 한다.

VIII.1.F: 외부의 구호 기구들과의 협력을 위해 재난 대응 각본이 준비되어 있어야 한다.

근거

VIII.1.A: 공팔 재난 대응 전략은 재난 이후에 채택해야 하는 심층적인 계획을 포함해야 한다.

심층적인 계획과 준비(아래에 자세히 설명함)는 혼란을 최소화하고 재해 상황에서 가장 효과적인 치료를 제공하는 데 필수적이다[350, 355]. 이러한 준비에는 재해 대응 팀 구성 및 교육 활동 조직, 개입 계획, 외부 기관과의 협력 계획이 포함되어야 한다(그림 6).

VIII.1.B: 공팔 재난 대응팀은 수행 조정자와 상태 파악 인원, 구조자, 의료진으로 구성되어야 한다.

재해 후 혼란을 줄이기 위해 공팔 재난 대응팀을 사전

에 구성해야 한다. 다양한 약력과 전문 지식을 가진 구조대원들이 한 팀 또는 여러 팀에서 긴밀히 협력해야 하며, 이 팀은 지역 구성원 및/또는 재해 지역 외부(주로 해외)에서 온 구성원들로 이루어져야 한다. 이상적으로, 팀은 다음과 같은 구성원을 포함해야 한다[42]:

1. 조정자[예: 지역 주요 인물, 재난 구호 조정자 및 공팔재난대응대책반(RDRTF) 또는 유사한 재난 구호 조직의 의장, 운영 계획 및 조직, 모니터링을 담당함],
2. 평가팀 구성원은 가능한 한 빨리 재난 현장을 방문하여 현장에서 필요로 하는 지원을 판단함,
3. 구조 대원 및 의료 인력은 재난 현장 또는 현장 내 병원, 의뢰 병원, 투석 시설에 직접적이고 적극적으로 개입함

대부분의 재난은 예기치 않게 발생하며, 재난 지역의 숙련된 인력이 다양한 이유로 투입될 수 없을 수 있으므로, 모든 기능에 대해, 특히 조정자 역할에 대해, 예비 인력을 배정해야 한다.

VIII.1.C: 미리 지역 내 투석 시설과 의뢰할 수 있는 병원을 파악하고 있어야 하며, 이를 통해 재난 직후 효과적인 재난 대응이 전개될 수 있다.

재난 위험 지역에 있는 투석 시설과 의뢰 병원의 목록을 작성하는 것은 매우 중요하다[355]. 이는 건물의 구조적 특성과 재난 후 손상 위험을 포함해야 하며, 이를 통해 재난 후 어느 시설이 기능을 유지할 가능성이 높은지 예측할 수 있다(표 16). 이러한 시설들이 실제로 손상되지 않았다는 것이 확인되면 재난 지역의 1차 의뢰 병원으로 활용해야 한다. 각 시설의 유지 투석 환자 수 및 투석 기

계 수, 의료/비의료 인력, 비상 연락처 정보(이름, 주소, 전화 번호, 휴대전화 번호 등)를 기록하여 계획 수립에 활용해야 한다

이 정보는 비상 대비 계획시 쉽게 접근할 수 있도록 하고 정기적으로 갱신(update)해야 한다. 연계 병원들과 조약을 체결하고, 재난 발생 후 현장 방문을 통해 이를 확인

해야 한다. 이러한 계획은 신장학회와 지역 보건 당국의 웹 페이지 등 인터넷을 통해 접근할 수 있어야 한다. 안타깝게도 이러한 계획은 항상 정확하거나 최신 상태가 아닐 수 있으며 완전히 신뢰할 수 없을 수도 있지만, 이러한 단점을 감안하더라도 여전히 유용할 수 있다.

그림 6 콩팥 재난 대응의 주요 단계(허락하에 [42]에서 인용)

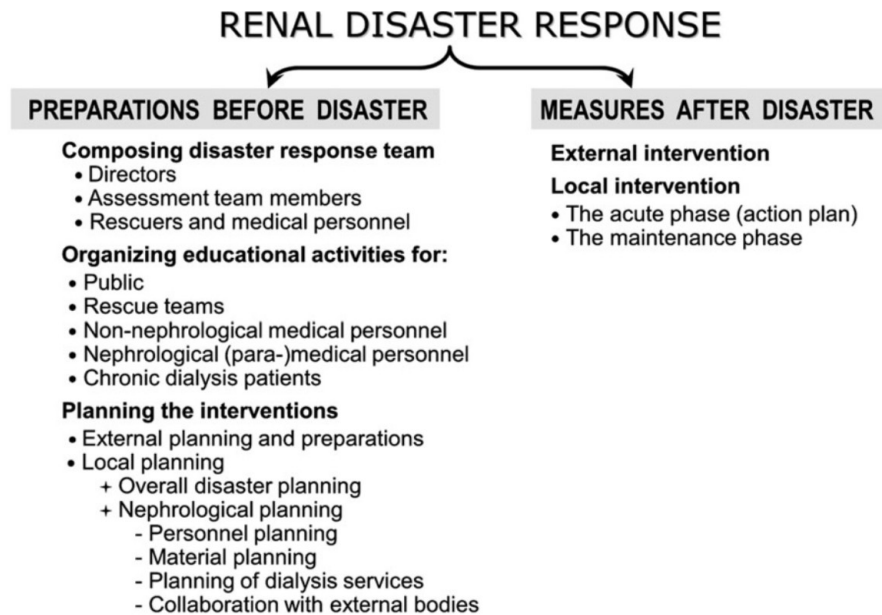


표 16 투석 시설 정보 수집을 위한 점검표

• 시설의 이름 • 민간/공공 여부 • 건물의 구조적 특성 • 1 km 내 헬리콥터 착륙 가능 여부 • 혈액투석 기계 수 및 종류 • 일반 직원 수 • 혈액투석 간호사 수 및 연락처 (전화, 휴대 전화, 이메일) • 신장내과 의사 수 및 연락처 • 비-신장내과 의사 수 및 연락처 • 해당 시설 내 유지 투석 환자 수 및 이름, 연락처 • 현장 또는 다른 부서에서 의료 서비스 제공이 가능한 의사 수 • 현장 또는 다른 부서에서 의료 서비스 제공이 가능한 혈액투석 간호사 및 기술자 수 • 해당 시설에서 치료 가능한 최대 환자 수
--

VIII.1.D: 재난이 발생하기 전에 일반인 및 구조 팀, 의료진 및 준의료진, 유지 투석 환자를 대상으로 하는 교육 프로그램이 개발 및 시행되어야 한다.

재난은 본질적으로 혼란을 수반한다. 영향을 받을 것으로 예상되거나 개입이 예상되는 모든 사람들(그림 6)은 사전에 교육을 받아야 한다. 교육은 다음과 같은 방향으로 수행되어야 한다[42,355].

- **일반인:** 재난 발생 가능 지역에 거주하는 사람들은 지진 발생 전, 발생 중, 그리고 직후에 자신을 보호하는 방법 및 부상과 관련된 합병증의 위험을 줄이는 방법 [356-360], 그리고 자신이 부상을 입지 않은 경우 피해자 구조에 기여하는 방법[45,74,361]에 대해 교육을 받아야 한다.

- **구조팀:** 최적의 구조팀에는 의료 인력이 포함되어야 하지만, 대규모 재난 시에는 이것이 종종 불가능하다. 따라서 비의료 구조팀 구성원들은 구출 과정에서 발생하는 사지 압괴 손상과 관련된 의료 문제와 합병증을 초기에 인식하고 치료하는 방법에 대해 교육을 받아야 한다[47].

- **비신장내과 (준-)의료진:** 압괴증후군은 일상적인 진료에서 드물게 발생하므로 모든 의료 인력이 그 관리에 익숙하지 않을 수 있다[27]. 실수를 방지하기 위해 재난 발생 전 정기적인 교육 프로그램을 조직하여 압괴증후군 손상자 치료에 대한 최신 정보를 업데이트해야 한다[42, 362].

- **신장내과 (준-)의료진:** 재난에서의 급성콩팥손상 환자 치료는 일반적인 임상 진료에서의 급성콩팥손상 환자 치료와 다르다. 신장내과 의사와 투석 간호사는 압괴 관련 급성콩팥손상 관리에 대해 교육을 받아야 한다. 투석 간호사는 혈액투석 중 재난이 발생할 경우 따라야 할 적절한 조치에 대해 교육을 받아야 한다[363].

- **만성 투석 환자:** 혈액투석 환자는 재난 발생 시, 특히 투석 중에 발생할 경우 어떻게 대처해야 하는지에 대해 교육을 받아야 한다. 그들은 직면할 수 있는 잠재적 문제들에 대해 정보를 제공받고, 이를 극복하기 위한 실질적인 해결책을 제공받아야 한다. 특히, 재난 발생 시 의료 인력이 없거나 부상을 당한 경우 투석 기계에서 스스로 분리하는 방법과 다음 투석이 지연될 경우 수분 및 음식, 전해질 섭취를 조절하는 방법에 대해 안내를 받아야 한다(표 17)[28,346]. 또한 투석 환자는 투석실에 자신의 연락처 정보를 제공해야 한다. 투석 시설 지도와 연락할 수 있는 긴급 전화 번호 또는 지속적인 치료를 위해 상담할 수 있는 웹 페이지를 알아 두어야 한다.

만성 복막투석 환자는 다음에 대해 교육을 받아야 한다:

- a) 비위생적인 상황에서 대처하는 방법
- b) 특히, 자동복막투석을 적용하고 있는 경우 투석을 중단하는 방법, 그리고
- c) 투석 용액 및 기타 의약품의 배송 문제를 고려하여 보관해야 할 의료 물품의 양[364-366].

표 17 유지 혈액투석 환자에서 발생하는 문제들과 이를 해결하기 위한 실제적인 방안[42,355]

문제		지시된 해결 방안
투석 중 관련	재난 시 대응	- 투석 기계에서 스스로 분리하고 안전한 장소로 이동하기
	재난 직후 대응	- 투석 바늘을 제거하지 않고 가능한 빨리 건물을 떠나기
투석 사이 기간 관련	체액 과부하 예방	- 염분 및 수분 섭취 제한
	고혈압 예방	- 규칙적인 항고혈압제 복용 지속
	고칼륨혈증 예방	- 칼륨 함유 음식 섭취 제한 및 재난 전 보관해 둔 케이엑살레이트(kayexalate) 사용
	투석 누락	- 한두 번의 투석을 생략해도 문제가 없다는 점을 인지 - 혈액투석을 받을 수 있는 대체 장소 찾기

VIII.1.E: 지역 내/외 의료진 및 준의료진의 배치, 물자의 배분, 투석 치료의 공급에 대한 계획이 미리 이루어져야 한다.

콩팥 재난 구호 대응은 일반적인 재난 구호 과정의 한 구성 요소이며 전체적인 지휘 및 통제와 조화를 이루어야 한다는 점을 고려해야 한다. 콩팥 구호는 의료 및 물류 관리적 관점에서 구조팀이 더 큰 규모(정부 및 비정부)의 조직에 편입되어야만 가능하다[부록(Appendix) 참조].

효과적인 재난 대응을 위해서는 의료 및 (준)의료 인력의 외부 및 현지 배치, 그리고 물자 및 투석 치료 공급의 분배가 계획되어야 한다.

1. 외부 계획

재난 발생 후 신속한 외부 개입을 위해 다음 사항을 사전 계획에 포함해야 한다[26,205,350,367]:

- 평가자 및 조정자, 성인 및 소아 신장 전문의, 중환자전문의, 투석 간호사, 기술자 등으로 구성된 국제 대응팀을 위한 자원봉사자 모집,

- 국제 및 지역 신장학회와 같은 다른 조직과의 협력

- 재난 시 연락 가능한 현지 연락 담당자 지정 및 관계 구축

- 재난 상황에서 물류 관리 경험이 있는 비정부 조직과의 협력

2. 지역 계획

재난 구호 총괄 조정자는 재난 발생 전에 신장학 전반에 대한 계획을 책임져야 한다. 한 지역을 여러 구역으로 나누고, 구역 조정자는 각자의 지역에서 1차 조정자 역할을 하거나 다른 구역에서 재난이 발생할 경우 지원을 제공해야 한다[42].

신장내과 재난 조정자의 가장 중요한 책임 중 하나는 신규 및 유지투석 환자 모두를 위한 투석 서비스를 계획하는 것이다.

a) 투석 시설과 지역 제반 시설이 피해를 받지 않았고 투석 인력과 투석 물품 재고가 무사한 경우, 압궐 손상자에게 필요한 추가 투석에 대처하기 위해 투석 교대 근무

횟수를 늘려야 할 수 있다.

b) 투석 물품 및 시설, 도시 제반 시설이 무사하지만 투석 인력의 수가 부족한 경우, 다른 지역이나 해외에서 지원 인력을 모집해야 한다[1,327].

c) 지역 제반 시설과 투석 시설에 광범위한 피해가 발생한 경우, 유일한 선택지는 환자를 다른 지역이나 해외로 이송하는 것이다[327,335,368].

이러한 문제를 해결하기 위해, 콩팥 재난 구호 계획자들은 사전에 해당 지역의 투석 시설 목록을 준비해야 하며, 여기에는 각 시설의 기계 및 인력 수용 능력, 추가로 수용 가능한 환자 수, 긴급 연락처 정보가 포함되어야 한다. 또한, 지역 교통 수단의 가능성을 미리 조사하고 확인해야 한다.

지역 조정자들은 물자와 손상자 수송을 위한 모든 가능성(수송 차량의 일정, 지역 항공편, 헬리콥터 순환, 보트 수송 등)에 대한 정보를 숙지해야 한다[39,40,43,335].

중대한 교통 문제가 발생한 경우, 재난 지역 근처에 임시 투석실을 설치하는 것이 최선의 방법일 수 있다. 이러한 독립형 투석실에는 인근 중환자실과 같은 적절한 지원 시설이 부족한 경우가 많으므로 다른 유효한 대안이 없는 경우에만 사용해야 한다. 아이티 지진 당시, 국제신장학회 콩팥재난대응대책반(RDRTF/ISN)은 기계를 수입하고 심각하게 손상된 기존 시설의 수도 시설을 수리하여 거의 새로운 투석 시설을 설치했다. 이러한 개입의 장기적인 지속 가능성은 아직 입증되지 않았다[132].

신장내과 인력 및 물자의 지역 물류 계획은 이미 섹션 VII에서 설명되었다.

VIII.1.F: 외부의 구호 기구들과의 협력을 위해 재난 대응 각본이 준비되어 있어야 한다.

대량 재난이 발생하면 여러 가지 이유로 외부와 협력이 필수적이다[39,40,205,367]:

1. 투석 장비의 부족은 외부로부터 보완할 수 있다.

2. 자신의 가족이나 재산의 손상에 영향을 받지 않은 숙련된 조정자와 신장내과 전문의의 기여는 지원 체계를 구축하는 데 매우 중요하다.

3. 숙련된 외부 인력은 지역 의료진과 서비스의 부담을 줄여준다.

4. 다른 지역이나 국가에서 온 인력은 극도의 피로와 소진의 위험이 높은 지역 직원들에게 정서적 및 심리적 지원을 제공한다.

따라서 외부 구호 조직과의 협력 계획을 미리 준비해 두어야 한다.

Section VIII.2: 재난 여파에 대한 대응

VIII.2.A: 공팔재난대응대책반(RDRTF)의 의장 및 지역 내 의견 결정권자들에게 가능한 빨리 연락해야 한다.

VIII.2.B: 사전에 준비된 실행 계획을 역시 사전에 정해진 조정자의 지휘에 따라 가능한 빨리 시행한다.

근거

VIII.2.A: 공팔재난대응대책반(RDRTF)의 의장 및 지역 내 의견 결정권자들에게 가능한 빨리 연락해야 한다.

공팔 재난 구호에는 두 가지 수준의 조정을 고려해야

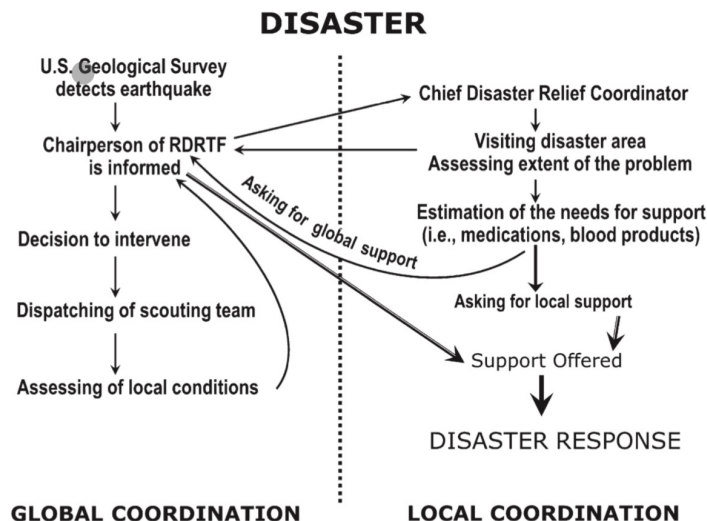
한다: 1. 국제(Global) 조정, 2. 현지 조정(**그림 7**).

1. 국제 조정: 국제 구호 조직의 조정자들[공팔 재난의 경우 공팔재난대응대책반(RDRTF)]은 국제 언론 자료(예: BBC-online)와 현지 연락 담당자와의 전화 또는 이메일 통신을 기반으로 구호 필요성을 평가하고 예상되는 압제증후군 손상자 수를 추정한다. 다른 구호 조직들은 종종 신장내과적인 지원이나 투석의 필요성을 잘 알지 못한다[55]. 이 경우 인도주의업무조정국(the Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA)과의 소통이나 참여가 도움이 될 수 있다. 효율적인 기관 간 소통은 반드시 필요하다. 조정 회의에 참여할 연락 담당자나 기술자를 상근으로 배치하는 것이 유용하며 생명을 구할 수 있다.

필요한 경우 국제 조직의 조정자는 현지 수석 재난 구호 조정자를 임명하고, 신장학적 평가팀을 파견하며 지원을 제공한다(**그림 7**)[26, 205].

2. 현지 조정: 수석 재난 구호 조정자는 피해 규모를 평가하고, 현지에서 재난을 처리할 수 없는 경우 국가 및 국제 지원을 요청하기 위해 재난 현장을 방문한다. 이들은 구호의 지연이나 의견 차이, 국제적 개입의 중복을 방지하기 위해 가능한 한 빨리 국제 조정자와 연락을 취해야 한다.

그림 7 공팔 재난 대응 노력의 국제 및 현지 조정에서의 주요 단계(**그림 8** 참조)



VIII.2.B: 사전에 준비된 실행 계획을 역시 사전에 정해진 조정자의 지휘에 따라 가능한 빨리 시행한다.

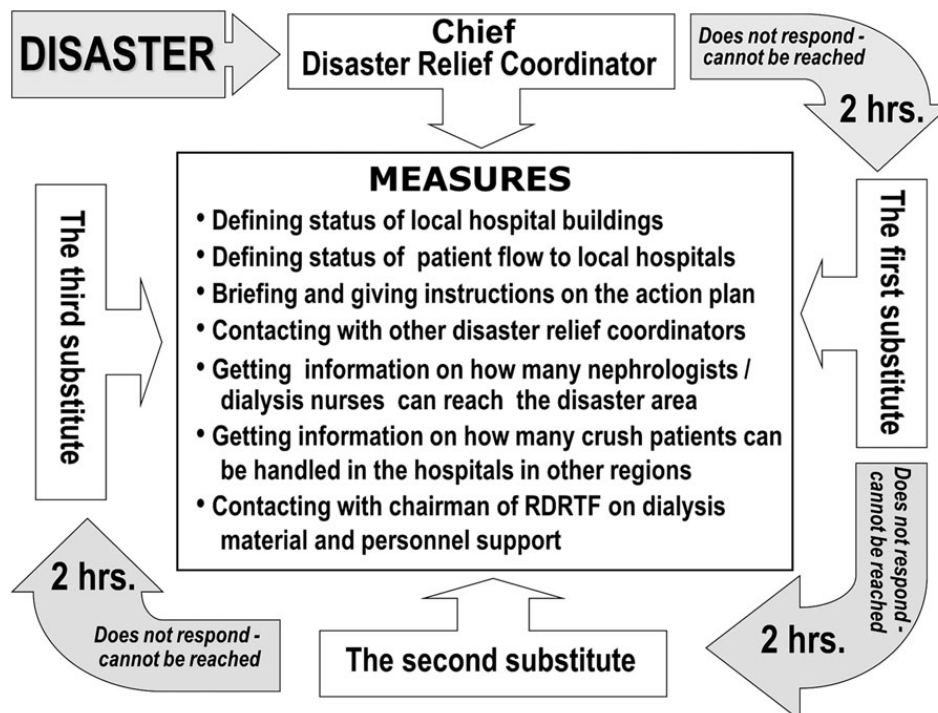
사전에 준비된 재난 대응 계획은 효과적인 재난 대응을 목표로 하는 일련의 행동을 포함한다. 구호 작업은 수석 재난 구호 조정자에 의해 시작되며, 조정자가 없거나 연락이 되지 않을 경우 단계별 대체 지침을 따라 다음 대체자를 선정해야 한다(그림 8)[42]. 만약 연락이 닿지 않았던 수석 재난 구호 조정자가 연락이 닿으면, 대체 조정자 기능은 종료되며 구호 활동은 이전에 정해진 수준에서 재개된다.

급성 단계인 첫 3일 동안, 수석 재난 구호 조정자는 피해 규모를 파악하고, 가능하면 가장 심각하게 피해를 입은 지역을 방문하여(그림 7 및 8 참조) 기반 시설 및 의료 시설의 상태를 평가해야 한다. 현지 조정자와 연락을 취해 지원 대응을 최적화하는 방법에 대한 지침을 전달해야 한다(그림 8)[42]. 이 첫 평가의 결과는 국가(정부 및 비정

부) 및 국제 조직(콩팥 구호의 경우 주로 콩팥재난대응대책반(RDRTF))에 전달되어야 하며, 이는 필요한 의료 물자와 인력의 수송 결정에 영향을 미친다[26,43,205]. 구체적이고 명확한 요청에 기반하지 않는 기부는 지양해야 한다[361]. 이러한 기부는 현지 배급 및 물류 지원 체계에 과부하를 초래하고 기존의 혼란을 가중시킨다[369]. 예를 들어, 아이티 지진 후 콩팥재난대응대책반(RDRTF)은 수천 리터의 요청되지 않은 복막투석액을 기부 받았는데 이는 해당 재난 상황에서 전혀 쓸모가 없었다. 이 기부로 인해 국경없는의사회(MSF)는 결국 쓸모 없는 물품의 수송 및 포장 해제, 분류, 저장, 폐기 작업을 해야 했다. 따라서 물품 기부는 요청된 것에 한정되어야 하며 현지 팀과의 조정을 통해 이루어져야 한다[132,350,370].

가장 많은 수의 피해자에게 치료를 제공할 수 있으면서 동시에 가용 수송 능력을 최대한 적게 차지할 수 있는 장비 또는 구호 물품에 우선 순위를 두어야 한다(표 18).

그림 8 주요 재난의 급성 단계에서 현지 수준의 콩팥 구호 주요 단계. 수석 재난 구호 조정자가 취해야 할 조치들이 요약됨. 대체자들은 표기된 2시간 제한 시간 전이라도 수석 재난 구호 조정자와 서로 연락을 취해 가능한 빨리 서로의 상태와 대응 가능 여부를 파악해야 한다(허락하에 [42]에서 수정).



약어: RDRTF(콩팥재난대응대책반); hrs(시간)

표 18 장비 및 구호 물품 우선 순위 목록

휴대용 소모품 (Consumables that can be carried as hand luggage)	화물 운반 소모품 (Consumables to be transported as cargo)
• 투석 카테터 • 현장 의료 장치(예: i-stat®) • 기도 장치 • 헤드램프 • 실험실 값을 기록할 수 있는 인쇄된 시트 • 소변 검사 막대 • 응급 약물들 • 항부정맥제 • 항생제 • 항히스타민제 앰플 • 항고혈압제(long and short acting) • 아트로핀 황산염 앰플 • 글루콘산칼슘 앰플 • 코르티코스테로이드 앰플 • 데스모프레신(DDAVP) 앰플 • 디곡신 앰플 • H2-수용체 길항제 앰플 • 할로페리돌 앰플 • 헤파린 앰플 • 인슐린 (단기 및 장기 작용) 앰플 • 케타민 앰플 • 소듐폴리스티렌설포산염(kayexalate) • 국소 마취제 • 황산 마그네슘 앰플 • 모르핀 황산염 앰플 • 나이트로푸루사이드 나트륨 앰플 • 염화나트륨[NaCl(3% 및 5%)] 앰플 • 탄산수소나트륨[NaHCO₃(8.4%)] 앰플 • 나이트로글리세린 앰플 • 노르아드레날린 앰플 • 염화 칼륨 앰플 • 프로타민 황산염 앰플 • 살부타몰/알부테롤 앰플 • 작용시간이 짧은 질산염 앰플 • 투석시 하루 한 번 투여할 수 있는 항생제 (예: 세프트리악손, 레보플록사신, 반코마이신)	• 혈액투석 재료 • 기계 • 투석 필터 • 동맥/정맥 라인, 혈액 라인 시스템(튜브) • 바늘 • 투석액 • 정맥 내 수액(결정질) • 제세동기 • 자가 팽창 백 • 심전도 기계 • 호흡기 • 클로르헥시딘 2%와 70% 이소프로필 알코올 혼합물 • 일회용 종이, 수술 가운 및 천 • 소독제 • 거즈 • 마스크 • 멸균 및 비멸균 장갑 • 주사기(2cc 및 10cc) • 테이프 • 봉합 재료, 가위 • 멸균 식염수 및 주사용수 • 산소 튜빙(코 삽입관, 마스크) • 수질 검사 재료(예: 염소/클로라민 시험지)

약어: DDAVP(deamino-8-D-arginine vasopressin)

재난 발생 직후부터 수석 조정자는 환자들을 여러 병원으로 분산시키고 사상자들을 적절한 목적지로 안내해야 한다.

대량 재난은 혼란스러우며 긴급 구조와 의료 개입이 필요하다. 급성 단계에서의 공황과 혼란을 방지하기 위해 재난 현장 또는 현장 내 병원과 3차 의료기관에서 수행할

전반적이고 구체적인 임무를 설명하는 간단한 알고리즘
을 개발하고 배포해야 한다(표 19).

표 19 대량 재난 발생 후 의료 서비스 제공자의 주요 중점 사항 및 책임(작업에 대한 자세한 설명은 섹션 II 및 III 참조)

위치	전반적인 업무	구체적 업무
재난 현장 또는 현장 내 병원	개인 상태를 확인	- 자신의 재난 관련 문제를 해결하고 가족 요구 사항에 대한 계획을 수립한다 - 일반 구호 활동이 불가능할 경우 조정 당국에 알린다
	구출 전 개입	- 피해를 입은 건물에 접근할 때 자신의 안전을 고려한다. - 갇힌 피해자와 접촉이 이루어지면 즉시 의학적인 평가를 시작한다. - 가능하다면 구출 전에도 시간당 1000 ml 속도로 생리식염수를 투여하기 시작한다.
	구출 중 개입	- 가능하다면 구출 진행 중 피해자를 재평가한다. - 성인의 경우 처음 2시간 동안 시간당 1000 ml의 속도로 생식염수 투여를 계속한다. - 구출이 2시간 이상 걸리는 경우 성인에게 수액 속도를 시간당 500 ml를 초과하지 않도록 조정한다.
	구출 후 피해자에 대한 일반 접근	- 구조물 붕괴 현장에서 가능한 빨리 피해자를 소개한다 . - 생체활력 징후를 확인하고 '1차 조사'를 수행한다. - 환자의 상태를 평가하여 치료 우선 순위를 분류한다. - 생명을 위협하는 응급 상황을 치료한다. - '2차 조사'를 수행한다.
	구출 후 수액 투여 및 소변량 모니터링	- 성인의 경우 시간당 1000 ml 속도로 생리식염수 투여를 계속하거나 시작한다. - 수액 요구량을 결정하기 위해 주변 환경 조건을 고려한다. - 소변량을 모니터링하기 위해 배뇨 카테터를 삽입한다.
	구출 후 취해야 할 기타 조치	- 기도 폐쇄 및 호흡 곤란, 극심한 통증 등 압제 손상 이외의 문제를 치료한다. - 가능한 한 빨리 고칼륨혈증을 진단하고 치료한다. - 일단 안정되면 병원으로 이송하기 위해 환자를 준비한다.
3차 의료 기관	모든 피해자에 대한 일반적인 처치	- 피해자를 적절한 치료 구역으로 지정하기 위해 선별 분류를 수행한다. - 승인된 외상 가이드라인에 따라 피해자를 치료한다. - 체액 문제를 평가하고 치료한다. 혈량저하의 경우 근본 원인을 확인하고 치료한다. - 저체온증이 있을 경우 이를 교정한다. - 감염을 조기에 치료한다. - 환자의 기록을 유지한다.
	압제 환자에 대한 처치	- 투여된 수액의 종류 확인한다. 칼륨이 포함된 용액을 중단한다. - 가능한 모든 수단을 사용하여 가능한 빨리 혈중 칼륨 수치를 측정한다. - 고칼륨혈증을 즉시 치료한다. - 소변량을 모니터링하기 위해 필요시 배뇨 카테터를 삽입한다. - 핏뇨 환자의 체액량 과부하의 경우 수액을 제한하고 초여과를 시작한다. - 산증, 알칼리증, 감염, 증상을 동반한 저칼슘혈증 등의 다른 응급 상황을 치료한다. - 필요에 따라 급성콩팥손상을 예방하고 치료한다. 필요시 조기에 투석을 시작한다. - 가급적 신독성 약물의 사용을 피한다. - 콩팥 기능과 투석의 적절도에 따라 약물 용량을 조절한다.

재난 발생 후 첫 달을 포함하는 유지 관리 단계에서는 다음 사항을 고려해야 한다.

- 재난 지역 및 병원, 투석실을 주기적으로 방문하여 지속적인 필요 사항을 파악한다.
- 국내외 자원으로부터 필요한 물자와 인력 지원을 마련하도록 준비한다.
- 모든 압궐 환자를 지속적으로 관리한다. 이들의 투석 필요성 및 결과(콩팥 기능 회복 및 병원 퇴원, 사망, 합병증)를 기록한다. 콩팥 환자의 단기 결과에 대해 주기적으로 의료계에 알린다.
- 의료 정보를 수집하기 위한 추적 시트를 압궐 손상자를 치료하는 지정 병원에 배포하여 결과와 결과에 영향을 미친 요인을 사후 분석할 수 있는 데이터베이스를 개발한다. 이를 통해 향후 개입에서 개선된 접근 방식을 개발하는 데 도움을 줄 수 있다 [부록(Appendix) 참조][42].

대량 재난에서 압궐 손상자의 관리에 대한 권고안

I. 지진 후 외상 손상자에 대한 초기 평가 및 관리
II. 선별 분류
III. 국제신장학회(ISN) 산하 공팔재난대응대책반(RDRTF)
IV. 국경없는의사회
V. 유럽 신장 모범 사례(European Renal Best Practice, 글래스고혼수척도)
VI. 전향적 정보 수집 및 평가 양식

I. 지진 후 외상 손상자에 대한 초기 평가 및 관리

외상 후 예방 가능한 사망이나 이환율을 줄이기 위해 외상 대응에 관련된 다양한 전문 분야마다 다양한 시나리오에 대한 다양한 프로토콜이 개발되어 왔다[예: 전문 외상 처치술(Advanced Trauma Life Support, ATLS), 병원 전 외상 처치술(Pre-hospital Trauma Life Support)]. 이들은 모두 생명을 위협하는 손상을 조기에 발견하고 자원을 선택적으로 배분하는 것을 강조한다.

지진 관련 특수한 문제들

외상 환자의 초기 평가 및 관리 원칙은 모든 프로토콜에서 동일하게 적용되나 의료적 제반 시설의 붕괴와 같은 문제들로 인해 대응팀은 손상자들을 치료하기 위해 일상의 임상 처치와는 다른 방향의 접근을 해야 할 수 있다.

재난 상황에서 현장에 도착한 의료팀에게 우선적으로 요구되는 몇 가지 사항들이 있는데, 이들을 순서대로 나열하면 다음과 같다:

- 추가적인 손상을 예방하기 위한 현장 및 피해자에 대한 전반적인 평가
- 1차 조사 수행
- 가장 가까운 '적절한' 의료 시설로의 신속한 이송
- 현장 또는 이송 중 필요한 치료 시작

그러나, 이러한 개입들 중 일부는 수행하는 것이 현실적으로 불가능할 수 있다.

간헐 손상자들의 특수한 문제들

잔해 더미에 깔려 있는 손상자들이 갖는 특수한 문제들은 제한된 주변 환경으로 인해 이들에 대한 평가 및 치료에 제약이 발생한다는 것이다(표 20)[46,371,372,373].

간헐 손상자는 확인이 되는 대로 바로 의학적인 평가를 시작해야 한다. 처음에는 구두 의사 소통이 유일한 평가 수단일 수 있다. 구출 직전이나 구출 후까지도 1차 조사에 필요한 신체적인 접촉이 종종 불가능할 수 있다. 손상자가 의식이 명료하고 협조적이라고 하더라도 심각한 합병증이 존재할 수 있음을 인식해야 한다.

잔해에 묻힌 손상자와 다른 상황에서 다친 손상자를 구분할 수 있는 몇 가지 사항들이 있다:

- 다양한 기전으로 인해 기도 및 호흡 관련 문제들이 종종 관찰된다.
- 항상 그렇지는 않으나 종종 탈수 상태를 보인다.
- 사지에 심각한 압궂 손상을 입은 환자들은 급성기와 그 이후에 생명을 위협하는 부정맥, 후기에 패혈증이나 신(콩팥)부전이 발생할 위험이 있다.
- 이러한 생명을 위협하는 상황은 잠재적으로 회복 가능하며 적절한 수액 치료 및 절단된 사지에 대한 적절한 치료를 통해 최소화할 수 있다.
- 사지의 감각 둔화나 저림 등의 증상을 통해 척수 손상을 의심해 볼 수 있으나, 간헐 상황은 종종 환자가 구출될 때까지 척추 고정을 불가능하게 할 수 있

다.

수액을 조기에 투여할 수 있도록 가능한 빨리 큰 직경의 정맥로를 확보하는 것이 필요하다(Section II, II.3.D 참조).

조). 구출 후 환자를 재평가하고, 재평가 및 치료를 위해 병원으로 이송하기 전에 확립된 외상 지침에 따라 손상의 정도를 확인해야 한다.

표 20 잔해 속에 묻힌 손상자에 대한 평가 및 치료

1차 조사	고려 사항	개입
기도	- 기도가 손상되었을 수 있음을 고려한다.	- 기도 개방성을 유지하고, 경추를 보호한다.
호흡	- 먼지나 유독 가스 흡입, 직접적인 외상으로 인해 호흡이 불가능할 수 있음을 고려한다.	- 방진 마스크로 환자를 먼지로부터 보호한다. - 공간의 제약으로 인해 안전한 기도 삽관이 불가능할 수 있다. - 안전상의 제약으로 인해 산소 공급이 제한될 수 있다. - 갈비뼈 골절이 있는 환자의 경우 진통제 투여가 호흡에 도움을 줄 수 있다.
순환	- 탈수를 배제한다. - 명백히 배제되지 않는 경우 압계 손상이 있을 것으로 추정한다. - 손상자가 장기간 끼인 상태로 있었으나 살아 있다면, 중대한 현성 출혈이 없는 것으로 추정한다.	- 외부 출혈을 조절한다. - 체액 상태를 평가하고, 의학적 상황 및 이송 가능성 등을 고려하여 가능한 한 많은 수액을 투여한다.
장애	- 신경학적 검진 후에도 관련된 손상을 인지하지 못할 수 있음을 고려한다.	- 척추 보호 장치를 거치, 유지한다.
노출	- 저체온증의 가능성을 고려한다. - 생명을 구하기 위해 절대적으로 필요한 경우에만 신체 부위를 노출한다.	- 노출이 된 경우 저체온증을 예방하기 위해 덮어준다.

II. 선별 분류

여러 명의 환자가 동시에 존재하는 경우 외상 환자의 선별 분류는 환자의 부상 정도, 필요한 의료 서비스의 적절한 수준, 치료 우선 순위를 결정하기 위한 신속하고 정확한 평가 과정을 의미한다.

외상 선별 분류 결정은 일반적으로 제한된 시간 내에 제한된 정보에 기반하여 이루어진다. 대량 재난에서 선별 분류는 장기적으로 최대한 많은 수의 생명을 구하기 위한 개입을 용이하게 할 수 있다[373]. 다양한 선별 분류 체계가 있으며 이들은 생리학적, 해부학적, 또는 두 가지 모두를 포함한 기준에 근거한다[374].

생리학적인 기준에는 심박수, 혈압, 모세혈관 순환 회복, 호흡수, 호흡 노력, 의식 정도, 체온 등이 포함된다.

해부학적인 기준은 신체의 다양한 부위(두부, 목, 가슴, 복부, 골반, 사지)의 손상 정도와 양상으로 정의된다.

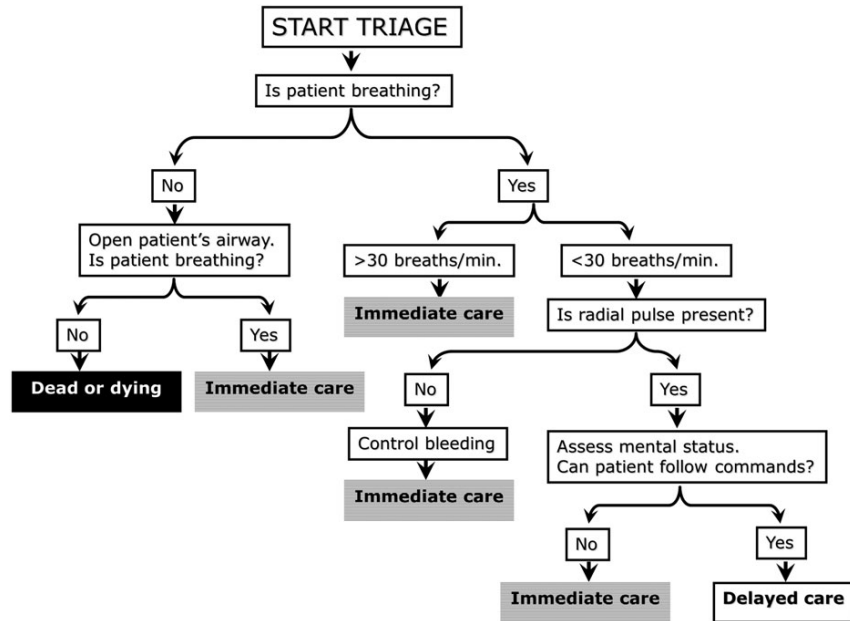
손상의 기전(둔기 외상 또는 관통상)이나 나이, 극한의 환경적인 상황은 최종 결과에 영향을 미치게 되며, 따라서 의사 결정을 할 때 반드시 고려되어야 한다[34]. 안타깝게도 모든 이러한 기준들은 매우 경험이 많은 의료진에 의해 진행되더라도 재난 상황에서는 그 신빙성에 제약이 발생할 수 있다[373].

‘병원 전 지표(Prehospital index)’나 ‘순환, 호흡, 복부/흉부, 운동, 언어(CRAMS; Circulation, Respiration, Abdomen/Thorax, Motor, Speech)’, ‘개정된 외상 점수(Revised Trauma Score)’, ‘간편 선별 및 신속한 치료(START; Simple triage and rapid treat-

ment)' [375], '글래스고 혼수 척도(GCS; Glasgow Coma Scale)'[376]와 같은 다양한 선별 분류 체계들이 있다. 이들 체계에 대한 심도 깊은 논의는 이 논문의 범주

를 넘어서는 것이다. 가장 많이 사용되고 정확한 분류 체계는 개정된 START로 **그림 9**에 요약되어 있다.

그림 9 수정된 간편 선별 및 신속한 치료(START; Simple Triage and Rapid Treatment) 체계.
걸을 수 있는 손상자를 먼저 확인하고 이들은 응급 치료만 받는다. 나머지 환자들은 단계적 절차, 알고리즘에 따라 분류된다. 즉각적인 치료가 필요한 손상자를 확인하고 치료가 지연되지 않도록 한다.
이 알고리즘을 8세 이하의 소아에게 적용할 때에는 주의를 요한다(허락하에 [36]에서 수정)



START 체계를 통해 집이나 보호소로 보낼 수 있는 경증의 환자를 선별해 낼 수 있다. 나머지 환자들은 다음 세 가지 범주로 분류할 수 있다:

- 즉각적인 치료가 필요한 손상자,
- 치료를 연기할 수 있는 손상자,
- 사망했거나 죽어가고 있는 손상자(그림 9)[36].

즉각적인 또는 지연된 치료가 필요한 손상자는 추가적인 평가와 치료를 받아야 한다. 곧 사망할 것으로 보이는 환자는 다른 손상자와 분리하고 편안한 상태를 제공해야 한다. 경증 환자들을 다른 손상자들을 돕는 자원자로 활용할 수 있는데, 이들은 정기적으로 재평가되어야 하며 이들의 상태가 변하는 경우 다시 선별 분류를 진행해야 한다. 상태가 안정되면 환자들은 새로 만들어진 현장 내 병원이나 재난 구역 밖의 병원으로 이송되어야 한다.

의료 및 사회적 이유로 인해 손상자에게 손목 밴드를 착용시키는 것이 유용하며, 이 밴드에는 재난 현장에서(즉, 구조 시간, 구조 장소 또는 주소, 진단, 투여된 치료, 친척의 연락처 정보)와 병원에서(즉, 병원 내 위치, 최종 진단, 담당 의사의 이름, 피해야 할 약물)의 임상 및 인구통계학적 특징에 대한 정보가 포함되어야 한다.

III. 국제신장학회(ISN) 산하 콩팥재난대응대책반(RDRTF)

콩팥재난대응대책반(RDRTF)은 국제신장학회 산하 인도적인 지원을 위해 만들어진 기구이다. RDRTF의 임무는 국경없는의사회(MSF; Doctors without borders)와 협력 하에 이들의 물류 지원을 받아 이루어진다. 대책반은 급성콩팥손상과 압궐 손상 환자의 치료에 대한 전문가들의 전세계적인 네트워크로 구성되어 있다. 이들은 지진이나 다른 재난 후 압궐 관련 급성콩팥손상을 동반한

손상자를 치료, 재난 발생 후 유지투석 환자들을 포함하는 다른 문제 해결, 물자 및 심리적인 지원 제공, 교육 등 구호 활동을 위해 신장내과 전문의나 중환자 전문의, 투

석 간호사, 투석 관련 기술자들 중 자원자들을 해당 지역으로 파견한다[205,368]. 자원자들은 여러 가지 조건을 만족해야 한다(표 21).

표 21 콩팥 구조 자원자들의 자격 요건

필수

- 유효한 국제 여권
- 신장내과 전문의나 신장내과 간호사, 투석 기술자, 중환자 전문의
- 파상풍 및 디프테리아, A/B형 간염, 소아마비, 황열 예방 접종
- 스트레스가 많고 감정적인 소모가 많은 상황에서 일할 준비
- 협력하는 비정부기구[콩팥 구조의 경우 국경없는의사회(MSF)]의 원칙과 지침에 따라 일할 준비
- 지역의 의료진과 해당 지역의 손상자, 그들의 문화를 존중
- 팀으로 일하고 팀의 리더를 존중
- 조직적인 능력을 갖추

요망

- 투석 경험
 - 재난 경험
 - 장티푸스나 광견병, 수막알균수막염 예방 접종
 - 외국어 능력[우르두어(Urdu)나 페르시아어(Pharsi)와 같은 지진이 잘 발생하는 지역의 현지어 포함]
 - 고용인로부터의 구조 참여 허가
-

재난 지역의 의료진과 국제적인 자원자들은 가장 효과적으로 재난에 대응하고 가능한 많은 생명을 구하기 위해 협조한다(표 22).

표 22 콩팔 재난 구호 대응팀 구성 및 임무

고려 사항		개입
지역적 (국가적) 수준	최고 재해 구호 조정자	- 재난 대응 프로그램을 개발하고 사전 교육 과정을 구성한다. - 혼란한 상황에서 치료 과정의 실수를 최소화하기 위해 명확한 알고리즘, 단계적 절차를 준비한다. - 의료 자원 및 인력, 투석 치료를 관리하기 위한 물류 계획을 개발한다. - 실행 계획(또는 재난 대응 시나리오)을 준비한다.
	지역 조정자	- 해당 지역 내에서 1차 조정자 역할을 담당한다. - 최고 조정자를 보조하며, 유사시 임무를 대행한다.
	신장내과 전문의	- 일반적인 신장내과 전문의의 임무와 비슷한 일을 수행한다. 그러나 평소보다 복잡한 환자를 치료해야 할 수 있다.
	물류 지원팀 ^a	- 의료 물자를 제공하고 손상된 지역 제반 시설을 복구한다. - 다른 구성원들의 실질적, 물류적 필요를 지원한다.
	혈액투석 간호사	- 유지투석 환자 및 급성콩팥손상 환자에 대해 투석 치료를 시행한다.
	기술자	- 지역 제반 시설의 기술적인 문제를 해결한다.
외부적 (국제적) 수준	콩팔재난대응대책반 위원장	- 사전 대응 계획 및 교육 자료, 자원자 명단, 자원 비축 등을 개발하고 구성한다. - 신속한 개입을 위해 정부 및 비정부 기구와 협력한다. - 필요한 경우 조직 자문 및 의료 자료, 인력 자원을 제공한다.
	현황 파악팀 ^b	- 재난 지역으로 파견되는 첫 번째 대책반 대표. - 콩팔재난대응대책반 위원장에게 현지 상황과 도움이 필요한 상황에 대한 정보 제공.
	코디네이터 ^{c,d}	- 수송 관리와 관련하여 지역 내 의결권자 및 동료들과 협력. - 필요에 따라 의료 서비스 제공.
	수송 지원팀 ^a	- 물류 관리와 관련하여 지역 내 의결권자 및 동료들과 협력. - 필요에 따라 의료 서비스 제공.
	추적 관찰팀 ^c	- 일반적으로 의사와 간호사, 기술자로 구성됨. - 현황 파악팀이나 기존 또는 후발 추적 관찰팀과 임무가 중복될 수 있음. - 현지 의료진 지원.

a물류 지원팀은 물류 담당자 및 통역사, 운전사로 구성된다.

b현황 파악팀은 이상적으로는 적어도 2명 이상의 신장내과적인 임상 경험이 있는 자들(적어도 1명 이상의 간호사와 1명 이상의 중환자 전문의/신장내과 전문의)로 구성된다. 도착 후 2-3일 정도 후에 수행할 일이 없는 경우에는 집으로 돌아간다.

c일반적으로 이동 시간을 포함하여 10-22일 동안 배정됨.

d국제적인 조정자들은 신장내과 전문의나 중환자 전문의가 담당할 수도 있고, 가능하다면 재난 상황에 경험이 있는 사람으로 배정한다.

콩팥재난대응대책반(RDRTF)은 재난 손상자에 대한 자료의 수집을 돕고 표준화하기 위한 차트를 개발했다. 이 차트들은 다음을 목적으로 한다:

- 압궐증후군 환자들의 임상적인 추적 관찰(표 11),
- 재난 후 초기에 다양한 병원으로의 압궐 환자들 유입 모니터링(‘전향적 자료 수집 및 평가 양식 - Form 1’ 참조),
- 과부하 상태의 혼잡한 병원에서 압궐증후군 환자들에 대한 역학 자료 수집(‘전향적 자료 수집 및 평가 양식 - Form 2’ 참조)

IV. 국경없는의사회

국경없는의사회는 국제적, 독립적인 의료 인도주의 기구로, 무력 충돌이나 풍토병과 전염병, 의료 처치에서 소외된 상황, 자연 재해 또는 인재 상황에 놓인 사람들에 대한 응급 구호에 특수화된 조직이다. 운영상의 결정은 대부분 독립적으로 작용하는 5개의 의사 결정 센터(암스테르담, 바르셀로나, 브뤼셀, 제네바, 파리)에 의한 연합 구조로 되어 있다. 주요 안전에 대한 공통 정책들은, [2009년 기준 총 19개의 국가 사무소(국청)에 의해 대표되는], 국제 이사회에 의해 조율된다.

2008년에는 대부분 지역 의사 및 간호사, 기타 의료 전문 인력, 물류 전문가, 수질 및 위생 전문가, 행정가들로 구성된 26,000명 이상의 구성원들이 약 80개 나라에서 의료 구호 활동을 펼쳤다. 이들 중 약 2,000명은 현장 내 해외 주재원이었다. 개별적인 기부자들이 의사회 자금의 약 80%를 담당하고, 정부나 기업 기부가 나머지를 차지하게 되며 이를 통한 연간 예산은 2008년 기준 미화 약 6억 5000 달러에 달한다.

국경없는의사회는 구성원들이 긴급한 위기 상황에서 지속적으로 의료적 구호 활동을 펼치고 잠재적인 인도주의적 재난 상황에 대한 국제적인 경각심을 불러일으킨 공로로 1999년 노벨 평화상을 수상했다. 더 자세한 정보는 www.msf.org에서 확인할 수 있다.

국경없는의사회 현장 임무

국경없는의사회는 주로(절대적이지는 않으나) 80여 개발도상국에서 현장 임무를 진행하고 있다. 현장 임무는 예방 및 수질, 위생, 영양, 정신 건강 등 광범위한 의미의 의료 관리 지원을 의미한다. 현장 임무를 수행하기 전에 인도주의적 응급 상황의 성질, 해당 지역의 안전 수준, 필요한 구호 종류 등을 파악하기 위해 국경없는의사회 팀이 해당 지역을 방문한다. 의료 구호가 대부분 임무의 주요 목표이나, 정수 및 영양과 같은 다른 임무 또한 도움이 될 수 있다. 현장 임무 팀은 일반적으로 각 현장 임무 내용(의료, 물류, 행정)을 이끄는 수의 조정자들 및 본부(headquarters, HQ) 역할을 하는 1명의 임무 책임자로 구성된다. 임무 책임자는 서로 다른 활동을 감독하고 총괄하며 언론 및 정부, 다른 인도주의적 기구들과 협력한다. 의료 자원자들은 내과 의사, 외과 의사, 간호사, 기타 다양한 전문가들이 포함된다. 국경없는의사회 자원자들이 갖춰야 할 요건은 표 23에 기술되어 있다. 현장 임무 중 의료적, 영양학적인 내용을 수행하는 것과 더불어 이들 자원자들은 지역 내 의료진 역할을 담당하고 그들을 교육하기도 한다.

자연 재해 상황에서 국경없는의사회의 응급 개입

자연 재해가 발생하면 초기 가용한 정보를 분석하

여 지원이 적절한 상황인지를 결정한다. 대부분 결정은 수요 파악을 수행하기 위해 내려진다. 이는 재해가 발생한 나라의 임무 담당자에 의해 수행될 수 있고, 규모가 큰 응급 상황의 경우에는 본부의 응급 조직에서 파견된 담당자에 의해 수행될 수도 있다. 초기 정보와 진행 상황에 기반하여 최종 개입 방법을 결정하기 위해 수요 평가를 실시할지 결정할 수 있다. 그러나 대부분 초기 팀은 즉각적인 요구에 대응하기 위해 수요 평가와 초기 개입을 결합할 수 있을 만큼 충분히 큰 규모

로 구성된다. 전체 평가팀(결국 첫 번째 개입팀과 합쳐짐)은 응급 조정자 및 다양한 배경의 의료진(예: 일반의, 외과의, 수술장 간호사), 물류 담당자, 수질 및 위생 전문가, 심리학자 등으로 구성된다. 콩팔재난대응대책반(RDRTF)의 '사정관'들이 이 팀에 합류할 수 있다. 개입 여부 결정, 개입의 목표 및 범주는 일반적으로 사정 팀의 자료 및 다른 정보원의 자료와 합쳐져 공식적으로 본부에서 '프로젝트 위원회 회의'를 거쳐 결정되며, 여기에서 초기 예산 배분이 이루어진다.

표 23 국경없는의사회 자원자들의 자격 요건

필수

- 실제 수행이 가능한 자격증이 있으며 전문적인 경험을 갖춰야 한다(국경없는의사회는 학부생과 일하지 않음).
- 언어: 불어, 영어 중 1개 이상

요망

- 신장내과적인 개입과 관련한 인원은 의료 조정자 및 국경없는의사회의 응급 조정자의 조율하에 근무하는 것을 수용해야 한다 (보안 및 의사소통, 의료적인 초점에 대한 국경없는의사회의 원칙을 존중해야 함).

구성원들은 아래 국경없는의사회 헌장을 존중해야 한다.

국경없는의사회 헌장

- 국경없는의사회는 민간 국제 협회이다. 이 협회는 대부분 의사와 의료 부문 종사자들로 구성되며 목적을 완수하기 위해 도움이 되는 모든 다른 분야의 전문가들에게 개방되어 있다. 모든 구성원들은 다음의 원칙을 존중할 것에 동의한다.
- 국경없는 의사회는 인종이나 종교, 정치적인 신념에 관계없이 고통받는 이들, 자연 재해 및 인재의 희생자들, 무력 분쟁의 희생자들에게 도움을 제공한다.
- 국경없는의사회는 보편적인 의료 윤리 및 인도주의적 협조의 권리 앞에 중립적이고 공평한 입장을 유지하며 그 임무를 수행함에 있어 완전하고 방해받지 않는 자유를 갖는다.
- 구성원들은 그들의 전문가로서의 윤리 규범을 따르며 모든 정치적, 경제적, 종교적인 권위로부터 완벽히 독립적인 위치를 유지할 것을 약속한다.
- 자원자 및 구성원들은 임무를 수행함에 따르는 위험을 이해하고 있으며, 조직이 제공할 수 있는 보상 외 그들 자신 또는 그들의 역할에 대해 어떠한 요구도 하지 않는다.

V. 유럽 신장 모범 사례(European Renal Best Practice, 글래스고혼수척도)

유럽신장학회 - 유럽 투석 및 이식 학회(ERA-EDTA) 위원회는 장래 유럽 신장학계의 권고안 및 지침을 정하기 위한 자문 위원회를 발족했고, 이 위원회는 2008년 1월 처음 모임을 가졌다. 철학에 있어서의 큰 변화로 인해 그 이름을 European Best Practice Guidelines(EBPG)에서 European Renal Best Practice(ERBP)로 변경하기로 결정했다. ERBP의 주요 목표는 유럽 신장학 권고안 및 지침의 가시성 및 구현을 높이고, 유럽과 전 세계의 신장 임상 수행의 질을 향상시키는 것이다.

ERBP는 신장 공동체의 요구 및 가용한 증거에 근거한 지침 및 권고안, 입장문, 기타 지침 문서를 만든다[6, 320, 377-388]. 더 자세한 정보는 <https://www.era-online.org/>에서 확인할 수 있다.

VI. 전향적 정보 수집 및 평가 양식

이 시리즈의 다른 양식은 표 11에 기술되어 있다.

양식(Form) 1. 국제신장학회 콩팥재난대응대책반 - 압궐증후군 증례 등록을 위한 순서도

이 차트는 혼란한 상황에서 압궐증후군 환자의 전반적인 수를 추적 관찰하는데 도움이 되기 위함이다. 이는 조정자만이 사용할 수 있으며, 지역 결정권자 및 국제 조정 센터에 정보를 주기 위함이다. 혼란한 상황에서 종종 환자 기록이 소실되기 때문에 이 표는 매일 정보를 최신화하고 주 2-3회 조정 센터로 전송한다.

국제신장학회 콩팥재난대응대책반 - 압궐증후군 증례 등록을 위한 순서도

날짜	병원명	압궐 증례 수						
		Still needs dialysis support	Dialyzed before, but does not need dialysis now	No need for dialysis so far	Recovered from AKI	Discharged from the hospital	Dead	Total

정의:

Still needs dialysis support: 주 1회 이상 투석 치료가 필요한 환자

Dialyzed before, but does not need dialysis now: 지난 7일 이상 투석 치료를 받지 않은 환자

Recovered from AKI: 7일 이상 투석 치료를 받지 않았음에도 혈청크레아티닌 수치가 2 mg/dl 미만인 환자

양식(Form) 2. 국제신장학회 공팔재난대응대책반 - 압궐증후군 환자 설문

이 차트는 혼란한 상황에서 압궐증후군 환자들의 역학 정보를 모으고, 의료 기록의 소실을 예방하기 위함이다. 따라서 이 질문지는 가능한 빠르게 기입되어야 한다. 이는 또한 압궐증후군 환자를 식별하는 데 도움이 될 수 있다.

국제신장학회 공팔재난대응대책반 - 압궐증후군 환자 설문(Page I)

증례 번호	인구학 정보								외상 정보			
	이름	나이	성별	재난 전 만성 질환	유입 도시	치료 도시	입원일	잔해 아래 깔린 기간 (시간)	사지 외상	복부 외상	흉부 외상	기타
1												
2												
3												

* 한 줄은 환자 한 명을 의미하며, 원본은 10개 줄로 되어 있으나, 공간 문제로 3줄만 표기함.

국제신장학회 공팔재난대응대책반 - 압궐증후군 환자 설문(Page II)

증례 번호	입원 당시 상태													RIFLE 기준				
	혈압	첫 24 시간 소변량	첫 소 변색	CK	BUN	CREA	K	Hb	WBC	Plt	Ca	P	Uric acid	R	I	F	L	E
1																		
2																		
3																		

약자: CK(크레아티닌산화효소); BUN(혈청 요질소); Crea(혈청크레아티닌); K(혈청 칼륨); Hb(혈색소); WBC(백혈구); Plt.(혈소판); Ca(혈청 칼슘); P(혈청 인)

* 한 줄은 환자 한 명을 의미하며, 원본은 10개 줄로 되어 있으나 공간 문제로 3줄만 표기함.

국제신장학회 공팔재난대응대책반 - 압궐증후군 환자 설문(Page III)

증례 번호	입원시 외과적 처치		입원시 내과적 처치		입원 경과 중 외과적 처치		입원 경과 중 내과적 처치	
	근막절개술 /절단	기타	항생제	기타	근막절개술 /절단	기타	항생제	기타
1								
2								
3								

* 한 줄은 환자 한 명을 의미하며, 원본은 10개 줄로 되어 있으나, 공간 문제로 3줄만 표기함.

국제신장학회 공팔재난대응대책반 - 압궐증후군 환자 설문(Page IV)

증례 번호	투석			수혈			합병증	결과 (퇴원/ 사망)	퇴원일 (사망일)
	투석 종류 / 지속일	투석 시작일	투석 종료일	혈액 수혈 개수	신성 동결 혈장 수혈 개수	인간 알부민 수혈 개수			
1									
2									
3									

* 한 줄은 환자 한 명을 의미하며, 원본은 10개 줄로 되어 있으나, 공간 문제로 3줄만 표기함.

부록 2

대한신장학회 재난대응위원회 명단 2024.06~2026.06

이사 이영기 한림의대	위원 윤혜은 가톨릭의대
간사 유경돈 울산의대	위원 이선화 강원대의대
위원 김기원 서울원내과의원	위원 이수아 을지의대
위원 김민아 전남의대	위원 정진선 중앙보훈병원
위원 박시형 인제의대	위원 조아진 한림의대
위원 박혜인 한림의대	위원 조현정 충북의대
위원 서민석 한라병원	위원 차란희 국립의료원
위원 신나라 신안장서울내과	위원 최지영 경북의대
위원 오현호 상계맑은내과	

대한재난의학회 검토위원 명단

이사장	최대해 차의대
총무이사	이상훈 계명대의대
이사	김정언 국립중앙응급의료센터

1. Sever MS, Vanholder R, Lameire N. Management of crush-related injuries after disasters. *N Engl J Med* 2006; 354: 1052–1063
2. Parsons T, Toda S, Stein RS et al. Heightened odds of large earthquakes near istanbul: an interaction-based probability calculation. *Science* 2000; 288: 661–665
3. The USGS Earthquake Hazards Program in NEHRP — investing in a safer future. Reston, VA: US Geological Survey, 2003. Available at <http://pubs.usgs.gov/fs/2003/fs017-03/> (accessed 10 March 2011)
4. Strippoli GF, Craig JC, Schena FP. The number, quality, and coverage of randomized controlled trials in nephrology. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 411–419
5. Vanholder R, Sever MS, Ereğ E et al. Acute renal failure related to the crush syndrome: towards an era of seismo-nephrology? *Nephrol Dial Transplant* 2000; 15: 1517–1521
6. Zoccali C, Abramowicz D, Cannata-Andia JB et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. European best practice quo vadis? From European Best Practice Guidelines (EBPG) to European Renal Best Practice (ERBP). *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 2162–2166
7. Tanaka H, Oda J, Iwai A et al. Morbidity and mortality of hospitalized patients after the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *Am J Emerg Med* 1999; 17: 186–191
8. Ward MM. Factors predictive of acute renal failure in rhabdomyolysis. *Arch Intern Med* 1988; 148: 1553–1557
9. Gabow PA, Kaehny WD, Kelleher SP. The spectrum of rhabdomyolysis. *Medicine (Baltimore)* 1982; 61: 141–152
10. Poels PJ, Gabreels FJ. Rhabdomyolysis: a review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg* 1993; 95: 175–192
11. MacLean JG, Barrett DS. Rhabdomyolysis: a neglected priority in the early management of severe limb trauma. *Injury* 1993; 24: 205–207
12. Sever MS. The Crush Syndrome (and Lessons Learned from the Marmara Earthquake). S. Karger AG: Basel, 2005
13. Grob D. Rhabdomyolysis and drug-related myopathies. *Curr Opin Rheumatol* 1990; 2: 908–915
14. Better OS, Abassi Z, Rubinstein I et al. The mechanism of muscle injury in the crush syndrome: ischemic versus pressure-stretch myopathy. *Miner Electrolyte Metab* 1990; 16: 181–184
15. Konstantakos EK, Dalstrom DJ, Nelles ME et al. Diagnosis and management of extremity compartment syndromes: an orthopaedic perspective. *Am Surg* 2007; 73: 1199–1209
16. Slater MS, Mullins RJ. Rhabdomyolysis and myoglobinuric renal failure in trauma and surgical patients: a review. *J Am Coll Surg* 1998; 186: 693–716
17. Whitesides TE, Haney TC, Morimoto K et al. Tissue pressure measurements as a determinant for the need of fasciotomy. *Clin Orthop Relat Res* 1975; 113: 43–51
18. Duman H, Kulahci Y, Sengezer M. Fasciotomy in crush injury resulting from prolonged pressure in an earthquake in Turkey. *Emerg Med J* 2003; 20: 251–252
19. Better OS, Rubinstein I, Reis DN. Muscle crush compartment syndrome: fulminant local edema with threatening systemic effects. *Kidney Int* 2003; 63: 1155–1157
20. Oda J, Tanaka H, Yoshioka T et al. Analysis of 372 patients with Crush syndrome caused by the Hanshin-Awaji earthquake. *J Trauma* 1997; 42: 470–475
21. Bywaters EG, Beall D. Crush injuries with impairment of renal function. 1941. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 322–332
22. Better OS. History of the crush syndrome: from the earthquakes of Messina, Sicily 1909 to Spitak, Armenia 1988. *Am J Nephrol* 1997; 17: 392–394
23. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R, et al. Clinical findings in the renal victims of a catastrophic disaster: the Marmara earthquake. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 1942–1949
24. Solez K, Bihari D, Collins AJ et al. International dialysis aid in earthquakes and other disasters. *Kidney Int* 1993; 44:

479–483

25. Ukai T. The Great Hanshin-Awaji Earthquake and the problems with emergency medical care. *Ren Fail* 1997; 19: 633–645
26. Vanholder R, Sever MS, De Smet M et al. Intervention of the Renal Disaster Relief Task Force in the 1999 Marmara, Turkey earthquake. *Kidney Int* 2001; 59: 783–791
27. Naito H. Renal replacement therapy in a disaster area: the Hanshin earthquake experience (invited report). *Nephrol Dial Transplant* 1996; 11: 2135–2138
28. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R et al. Features of chronic hemodialysis practice after the Marmara earthquake. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 1071–1076
29. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis* 2002; 39: S1–266
30. Lameire N, Van Biesen W, Vanholder R. Acute renal failure. *Lancet* 2005; 365: 417–430
31. Kellum JA, Levin N, Bouman C, Lameire N. Developing a consensus classification system for acute renal failure. *Curr Opin Crit Care* 2002; 8: 509–514
32. Bellomo R, Ronco C, Kellum JA et al. Acute renal failure – definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit Care* 2004; 8: R204–212
33. Sever MS, Kellum J, Hoste E et al. Application of the RIFLE criteria in patients with crush-related acute kidney injury after mass disasters. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 515–524
34. Hoyt DB, Coimbra R, Potenza BM. Trauma systems, triage, and transport. In Moore EE, Feliciano DV, Mattox KL (eds), *Trauma*, 5th edn., New York, McGraw-Hill, 2004, pp. 57–82
35. Mahoney LE, Reutershan TP. Catastrophic disasters and the design of disaster medical care systems. *Ann Emerg Med* 1987; 16: 1085–1091
36. Schultz CH, Koenig KL, Noji EK. A medical disaster response to reduce immediate mortality after an earthquake. *N Engl J Med* 1996; 334: 438–444
37. Waeckerle JF. Disaster planning and response. *N Engl J Med* 1991; 324: 815–821
38. FEMA. Earthquake Preparedness at Home. Available at http://www.fema.gov/plan/prevent/earthquake/preparedness_home.shtm#2 (accessed 10 March 2011)
39. Bar-Dayán Y, Beard P, Mankuta D et al. An earthquake disaster in Turkey: an overview of the experience of the Israeli Defence Forces Field Hospital in Adapazari. *Disasters* 2000; 24: 262–270
40. Uemoto M, Inui A, Kasuga M et al. Medical staff suffered severe stress after earthquake in Kobe, Japan. *BMJ* 1996; 313: 1144
41. Haynes BE, Freeman C, Rubin JL et al. Medical response to catastrophic events: California's planning and the Loma Prieta earthquake. *Ann Emerg Med* 1992; 21: 368–374
42. Sever MS, Lameire N, Vanholder R. Renal disaster relief: from theory to practice. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 1730–1735
43. Vanholder R, van der Tol A, De Smet M et al. Earthquakes and crush syndrome casualties: lessons learned from the Kashmir disaster. *Kidney Int* 2007; 71: 17–23
44. Macintyre AG, Barbera JA, Smith ER. Surviving collapsed structure entrapment after earthquakes: a 'time-to-rescue' analysis. *Prehosp Disaster Med* 2006; 21: 4–17
45. Noji EK, Armenian HK, Oganessian A. Issues of rescue and medical care following the 1988 Armenian earthquake. *Int J Epidemiol* 1993; 22: 1070–1076

46. Ashkenazi I, Isakovitch B, Kluger Y et al. Prehospital management of earthquake casualties buried under rubble. *Prehosp Disaster Med* 2005; 20: 122–133
47. Noji EK. Prophylaxis of acute renal failure in traumatic rhabdomyolysis. *N Engl J Med* 1990; 323: 550–551
48. Santangelo ML, Usberti M, Di Salvo E et al. A study of the pathology of the crush syndrome. *Surg Gynecol Obstet* 1982; 154: 372–374
49. Noji EK. Acute renal failure in natural disasters. *Ren Fail* 1992; 14: 245–249
50. Better OS, Stein JH. Early management of shock and prophylaxis of acute renal failure in traumatic rhabdomyolysis. *N Engl J Med* 1990; 322: 825–829
51. Better OS. Rescue and salvage of casualties suffering from the crush syndrome after mass disasters. *Mil Med* 1999; 164: 366–369
52. Reis ND, Michaelson M. Crush injury to the lower limbs. Treatment of the local injury. *J Bone Joint SurgAm* 1986; 68: 414–418
53. Ron D, Taitelman U, Michaelson M et al. Prevention of acute renal failure in traumatic rhabdomyolysis. *Arch Intern Med* 1984; 144: 277–280
54. Better OS. The crush syndrome revisited (1940–1990). *Nephron* 1990; 55: 97–103
55. Merin O, Ash N, Levy G et al. The Israeli field hospital in Haiti – ethical dilemmas in early disaster response. *N Engl J Med* 2010; 362: e38
56. Walsh G. Hypodermoclysis: an alternate method for rehydration in long-term care. *J Infus Nurs* 2005; 28: 123–129
57. Weisbord SD, Palevsky PM. Prevention of contrast-induced nephropathy with volume expansion. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008; 3: 273–280
58. Mueller C, Buerkle G, Buettner HJ et al. Prevention of contrast media-associated nephropathy: randomized comparison of 2 hydration regimens in 1620 patients undergoing coronary angioplasty. *Arch Intern Med* 2002; 162: 329–336
59. Cho YS, Lim H, Kim SH. Comparison of lactated Ringer's solution and 0.9% saline in the treatment of rhabdomyolysis induced by doxylamine intoxication. *Emerg Med J* 2007; 24: 276–280
60. O'Malley CM, Frumento RJ, Hardy MA et al. A randomized, double-blind comparison of lactated Ringer's solution and 0.9% NaCl during renal transplantation. *Anesth Analg* 2005; 100: 1518–1524
61. Sheng ZY. Medical support in the Tangshan earthquake: a review of the management of mass casualties and certain major injuries. *J Trauma* 1987; 27: 1130–1135
62. Noji EK, Kelen GD, Armenian HK et al. The 1988 earthquake in Soviet Armenia: a case study. *Ann Emerg Med* 1990; 19: 891–897
63. de Bruycker M, Greco D, Annino I et al. The 1980 earthquake in southern Italy: rescue of trapped victims and mortality. *Bull World Health Organ* 1983; 61: 1021–1025
64. Collins AJ, Burzstein S. Renal failure in disasters. *Crit Care Clin* 1991; 7: 421–435
65. Atef MR, Nadjatfi I, Boroumand B et al. Acute renal failure in earthquake victims in Iran: epidemiology and management. *Q J Med* 1994; 87: 35–40
66. Hatamizadeh P, Najafi I, Vanholder R et al. Epidemiologic aspects of the Bam earthquake in Iran: the nephrologic perspective. *Am J Kidney Dis* 2006; 47: 428–438
67. Oda Y, Shindoh M, Yukioka H et al. Crush syndrome sustained in the 1995 Kobe, Japan, earthquake; treatment and outcome. *Ann Emerg Med* 1997; 30: 507–512
68. Donmez O, Meral A, Yavuz M et al. Crush syndrome of children in the Marmara Earthquake, Turkey. *Pediatr Int* 2001; 43: 678–682

69. Michaelson M. Crush injury and crush syndrome. *World J Surg* 1992; 16: 899–903
70. Shimazu T, Yoshioka T, Nakata Y et al. Fluid resuscitation and systemic complications in crush syndrome: 14 Hanshin-Awaji earthquake patients. *J Trauma* 1997; 42: 641–646
71. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R et al. The Marmara earthquake: epidemiological analysis of the victims with nephrological problems. *Kidney Int* 2001; 60: 1114–1123
72. Kantarci G, Vanholder R, Tuglular S et al. Acute renal failure due to crush syndrome during Marmara earthquake. *Am J Kidney Dis* 2002; 40: 682–689
73. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R et al. Lessons learned from the Marmara disaster: Time period under the rubble. *Crit Care Med* 2002; 30: 2443–2449
74. De Bruycker M, Greco D, Lechat MF et al. The 1980 earthquake in Southern Italy – morbidity and mortality. *Int J Epidemiol* 1985; 14: 113–117
75. Vanholder R, Sever MS. Crush-related acute kidney injury (acute renal failure). In Palevsky PM (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
76. Jagodzinski NA, Weerasinghe C, Porter K. Crush injuries and crush syndrome – a review. Part 2: the local injury. *Trauma* 2010; 12: 133–148
77. Stewart RD, Young JC, Kenney DA et al. Field surgical intervention: an unusual case. *J Trauma* 1979; 19: 780–783
78. Bonanno FG. Ketamine in war/tropical surgery (a final tribute to the racemic mixture). *Injury* 2002; 33: 323–327
79. American College of Surgeons. *Advanced Trauma Life Support_ for Doctors*. 7th edn, Chicago, 2004
80. Society of Critical Care Medicine Ethics Committee: Consensus statement on the triage of critically ill patients. *JAMA* 1994; 271: 1200–1203
81. Blackwell T. Prehospital care of the adult trauma patient. In Marx JA (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
82. Osler T, Glance LG, Hosmer DW. Simplified estimates of the probability of death after burn injuries: extending and updating the baux score. *J Trauma* 2010; 68: 690–697
83. Aoki N, Demsar J, Zupan B et al. Predictive model for estimating risk of crush syndrome: a data mining approach. *J Trauma* 2007; 62: 940–945
84. Salomone JP, Frame SB. Generalized approaches to the traumatized patient: prehospital care. In Moore EE, Feliciano DV, Mattox KL (eds), *Trauma*, 5th edn, New York, McGraw-Hill, 2004, pp. 105–123
85. Odeh M. The role of reperfusion-induced injury in the pathogenesis of the crush syndrome. *N Engl J Med* 1991; 324: 1417–1422
86. Briggs SM. Earthquakes. *Surg Clin North Am* 2006; 86: 537–544
87. Beekley AC, Sebesta JA, Blackburne LH et al. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *J Trauma* 2008; 64: S28–37; discussion S37
88. Kragh JF, Jr., Walters TJ, Baer DG et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *J Trauma* 2008; 64: S38–49; discussion S49–50
89. Lakstein D, Blumenfeld A, Sokolov T et al. Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: a 4-year accumulated experience. *J Trauma* 2003; 54: S221–225
90. Noji EK. Natural disasters. *Crit Care Clin* 1991; 7: 271–292
91. Sanchez-Carrillo CI. Morbidity following Mexico City's 1985 earthquakes: clinical and epidemiologic findings from hospitals and emergency units. *Public Health Rep* 1989; 104: 482–488
92. Michaelson M, Taitelman U, Bshouty Z et al. Crush syndrome: experience from the Lebanon War, 1982. *Isr J Med Sci* 1984; 20: 305–307
93. Roces MC, White ME, DayritMM et al. Risk factors for injuries due to the 1990 earthquake in Luzon, Philippines. *Bull*

World Health Organ 1992; 70: 509–514

94. Peek-Asa C, Kraus JF, Bourque LB et al. Fatal and hospitalized injuries resulting from the 1994 Northridge earthquake. *Int J Epidemiol* 1998; 27: 459–465

95. Yoshimura N, Nakayama S, Nakagiri K et al. Profile of chest injuries arising from the 1995 southern Hyogo Prefecture earthquake. *Chest* 1996; 110: 759–761

96. Zager RA. Studies of mechanisms and protective maneuvers in myoglobinuric acute renal injury. *Lab Invest* 1989; 60: 619–629

97. Better OS, Zinman C, Reis DN et al. Hypertonic mannitol ameliorates intracompartmental tamponade in model compartment syndrome in the dog. *Nephron* 1991; 58: 344–346

98. Better OS, Rubinstein I, Winaver JM et al. Mannitol therapy revisited (1940–1997). *Kidney Int* 1997; 52: 886–894

99. Daniels M, Reichman J, Brezis M. Mannitol treatment for acute compartment syndrome. *Nephron* 1998; 79: 492–493

100. Eneas JF, Schoenfeld PY, Humphreys MH. The effect of infusion of mannitol-sodium bicarbonate on the clinical course of myoglobinuria. *Arch Intern Med* 1979; 139: 801–805

101. Gadallah MF, Lynn M, Work J. Case report: mannitol nephrotoxicity syndrome: role of hemodialysis and postulate of mechanisms. *Am J Med Sci* 1995; 309: 219–222

102. Brown CV, Rhee P, Chan L et al. Preventing renal failure in patients with rhabdomyolysis: do bicarbonate and mannitol make a difference? *J Trauma* 2004; 56: 1191–1196

103. Finfer S, Bellomo R, Boyce N et al. A comparison of albumin and saline for fluid resuscitation in the intensive care unit. *N Engl J Med* 2004; 350: 2247–2256

104. Revell M, Porter K, Greaves I. Fluid resuscitation in prehospital trauma care: a consensus view. *Emerg Med J* 2002; 19: 494–498

105. Brunkhorst FM, Engel C, Bloos F et al. Intensive insulin therapy and pentastarch resuscitation in severe sepsis. *N Engl J Med* 2008; 358: 125–139

106. Ertmer C, Rehberg S, Van Aken H et al. Relevance of non-albumin colloids in intensive care medicine. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2009; 23: 193–212

107. Wiedermann CJ. Systematic review of randomized clinical trials on the use of hydroxyethyl starch for fluid management in sepsis. *BMC Emerg Med* 2008; 8: 1

108. Perel P, Roberts I. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2007: CD000567

109. KDIGO Acute Kidney InjuryWork Group. KDIGO Clinical Practice Guidelines for Acute Kidney Injury. *Kidney Intl* 2012; 2[Suppl]: 1–138

110. Mannitol: drug information. In: UpToDate, Waltham, MA, 2011

111. Pinsky MR, Payen D. Functional hemodynamic monitoring. *Crit Care* 2005; 9: 566–572

112. Napolitano LM, Kurek S, Luchette FA et al. Clinical practice guideline: red blood cell transfusion in adult trauma and critical care. *Crit Care Med* 2009; 37: 3124–3157

113. Smith HM, Farrow SJ, Ackerman JD et al. Cardiac arrests associated with hyperkalemia during red blood cell transfusion: a case series. *Anesth Analg* 2008; 106: 1062–1069

114. Tolouian R, Wild D, Lashkari MH et al. Oral alkalinizing solution as a potential prophylaxis against myoglobinuric acute renal failure: preliminary data from healthy volunteers. *Nephrol Dial Transplant* 2005; 20: 1228–1231

115. Sever MS, Ereke E, Vanholder R et al. Treatment modalities and outcome of the renal victims of the Marmara earthquake. *Nephron* 2002; 92: 64–71

116. Prowle JR, Echeverri JE, Ligabo EV et al. Fluid balance and acute kidney injury. *Nat Rev Nephrol* 2010; 6: 107–115

117. Kellum JA, M Decker J. Use of dopamine in acute renal failure: a meta-analysis. *Crit Care Med* 2001; 29: 1526–1531
118. Sakr Y, Reinhart K, Vincent JL et al. Does dopamine administration in shock influence outcome? Results of the Sepsis Occurrence in Acutely Ill Patients (SOAP) Study. *Crit Care Med* 2006; 34: 589–597
119. Friedrich JO, Adhikari N, Herridge MS et al. Meta-analysis: lowdose dopamine increases urine output but does not prevent renal dysfunction or death. *Ann Intern Med* 2005; 142: 510–524
120. Bagshaw SM, Delaney A, Haase M et al. Loop diuretics in the management of acute renal failure: a systematic review and metaanalysis. *Crit Care Resusc* 2007; 9: 60–68
121. Mehta RL, Pascual MT, Soroko S et al. Diuretics, mortality, and nonrecovery of renal function in acute renal failure. *JAMA* 2002; 288: 2547–2553
122. Better OS. Post-traumatic acute renal failure: pathogenesis and prophylaxis. *Nephrol Dial Transplant* 1992; 7: 260–264
123. Honda N. Acute renal failure and rhabdomyolysis. *Kidney Int* 1983; 23: 888–898
124. Knochel JP. Rhabdomyolysis and acute renal failure. In Glassock RJ (ed.), *Current Therapy in Nephrology and Hypertension*, 4th edn, St. Louis, Mosby, 1998, pp. 262–265
125. Trichopoulos D, Katsouyanni K, Zavitsanos X et al. Psychological stress and fatal heart attack: the Athens (1981) earthquake natural experiment. *Lancet* 1983; 1: 441–444
126. Pointer JE, Michaelis J, Saunders C et al. The 1989 Loma Prieta earthquake: impact on hospital patient care. *Ann Emerg Med* 1992; 21: 1228–1233
127. Minami J, Kawano Y, Ishimitsu T et al. Effect of the Hanshin-Awaji earthquake on home blood pressure in patients with essential hypertension. *Am J Hypertens* 1997; 10: 222–225
128. Shapiro NI, Kociszewski C, Harrison T et al. Isolated prehospital hypotension after traumatic injuries: a predictor of mortality? *J Emerg Med* 2003; 25: 175–179
129. Sever MS, Ereke E, Vanholder R et al. Effect of gender on various parameters of crush syndrome victims of the Marmara earthquake. *J Nephrol* 2004; 17: 399–404
130. Wrenn KD, Slovis CM, Slovis BS. The ability of physicians to predict hyperkalemia from the ECG. *Ann Emerg Med* 1991; 20: 1229–1232
131. Montague BT, Ouellette JR, Buller GK. Retrospective review of the frequency of ECG changes in hyperkalemia. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008; 3: 324–330
132. Vanholder R, Borniche D, Claus S et al. When the Earth trembles in the Americas: the experience of Haiti and Chile 2010. *Nephron Clin Pract* 2011; 117: c184–197
133. Ricci E, Pretto E. Assessment of prehospital and hospital response in disaster. *Crit Care Clin* 1991; 7: 471–484
134. Trauma Practice Guidelines & Algorithms. State of Nebraska. Available at <http://www.hhs.state.ne.us/ems/TraumaPracticeGuidelines.pdf> (accessed 10 March 2011)
135. Hebert PC, Wells G, Blajchman MA et al. A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. *N Engl J Med* 1999; 340: 409–417
136. Holbrook PR. Pediatric disaster medicine. *Crit Care Clin* 1991; 7: 463–470
137. McGee S, Abernethy WB, 3rd, Simel DL. The rational clinical examination. Is this patient hypovolemic? *JAMA* 1999; 281: 1022–1029
138. Monnet X, Rienzo M, Osman D et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med* 2006; 34: 1402–1407
139. Osman D, Ridet C, Ray P et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to

- volume challenge. *Crit Care Med* 2007; 35: 64–68
140. Pinsky MR, Brophy P, Padilla J et al. Fluid and volume monitoring. *Int J Artif Organs* 2008; 31: 111–126
141. Waikar SS, Chertow GM. Crystalloids versus colloids for resuscitation in shock. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2000; 9: 501–504
142. Schierhout G, Roberts I. Fluid resuscitation with colloid or crystalloid solutions in critically ill patients: a systematic review of randomized trials. *BMJ* 1998; 316: 961–964
143. Choi PT, Yip G, Quinonez LG et al. Crystalloids vs. colloids in fluid resuscitation: a systematic review. *Crit Care Med* 1999; 27: 200–210
144. Hibberd PL. Tetanus-diphtheria toxoid vaccination in adults. In Weller PF (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
145. Jolly BT, Ghezzi KT. Accidental hypothermia. *Emerg Med Clin North Am* 1992; 10: 311–327
146. Jurkovich GJ, Greiser WB, Luterman A et al. Hypothermia in trauma victims: an ominous predictor of survival. *J Trauma* 1987; 27: 1019–1024
147. Epstein E, Anna K. Accidental hypothermia. *BMJ* 2006; 332: 706–709
148. Crawford Mechem C, Danzl DF. Accidental hypothermia in adults. In Marx JA (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
149. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R et al. The Marmara earthquake: admission laboratory features of patients with nephrological problems. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 1025–1031
150. Abbott Point of Care, i-STAT System (Blood Gas 2010). Available at <http://www.captodayonline.com/productguides/instruments/blood-gasanalyzers-cap-today-august-2010/abbott-point-of-care-i-stat-system.html> (accessed 10 March 2011)
151. Goldberger E. *A Primer of Water, Electrolyte and Acid-Base Syndromes*, 7th edn, Lea & Febiger: Philadelphia, 1986
152. Ettinger PO, Regan TJ, Oldewurtel HA. Hyperkalemia, cardiac conduction, and the electrocardiogram: a review. *Am Heart J* 1974; 88: 360–371
153. Allon M, Shanklin N. Effect of bicarbonate administration on plasma potassium in dialysis patients: interactions with insulin and albuterol. *Am J Kidney Dis* 1996; 28: 508–514
154. Weisberg LS. Management of severe hyperkalemia. *Crit Care Med* 2008; 36: 3246–3251
155. Ahmed J, Weisberg LS. Hyperkalemia in dialysis patients. *Semin Dial* 2001; 14: 348–356
156. Evans KJ, Greenberg A. Hyperkalemia: a review. *J Intensive Care Med* 2005; 20: 272–290
157. Hou S, McElroy PA, Nootens J et al. Safety and efficacy of lowpotassium dialysate. *Am J Kidney Dis* 1989; 13: 137–143
158. Blumberg A, Roser HW, Zehnder C et al. Plasma potassium in patients with terminal renal failure during and after haemodialysis; relationship with dialytic potassium removal and total body potassium. *Nephrol Dial Transplant* 1997; 12: 1629–1634
159. Sever MS, Ereğ E, Vanholder R et al. Renal replacement therapies in the aftermath of the catastrophic Marmara earthquake. *Kidney Int* 2002; 62: 2264–2271
160. Sterns RH, Rojas M, Bernstein P et al. Ion-exchange resins for the treatment of hyperkalemia: are they safe and effective? *J Am Soc Nephrol* 2010; 21: 733–735
161. Keven K, Ates K, Sever MS et al. Infectious complications after mass disasters: the Marmara earthquake experience. *Scand J Infect Dis* 2003; 35: 110–113
162. Vanholder R, Sever MS, Ereğ E et al. Rhabdomyolysis. *J Am Soc Nephrol* 2000; 11: 1553–1561
163. Corwin HL, Schreiber MJ, Fang LS. Low fractional excretion of sodium. Occurrence with hemoglobinuric- and myoglobinuric-induced acute renal failure. *Arch Intern Med* 1984; 144: 981–982
164. Liou HH, Chiang SS, Wu SC et al. Hypokalemic effects of intravenous infusion or nebulization of salbutamol in

- patients with chronic renal failure: comparative study. *Am J Kidney Dis* 1994; 23: 266–271
165. Allon M. Hyperkalemia in end-stage renal disease: mechanisms and management. *J Am Soc Nephrol* 1995; 6: 1134–1142
 166. Rose BD PT. *Clinical Physiology of Acid-Base and Electrolyte Disorders*, 5 edn. McGraw-Hill: New York, 2001
 167. Kamel SK, Oh MS, Halperin ML. Treatment of hypokalemia and hyperkalemia. In Brady HR, Wilcox CS (eds), *Therapy in Nephrology and Hypertension*, 2nd edn, London, Saunders, 2003, pp. 349–363
 168. Gibney N, Cerda J, Davenport A et al. Volume management by renal replacement therapy in acute kidney injury. *Int J Artif Organs* 2008; 31: 145–155
 169. Howdieshell TR, Blalock WE, Bowen PA et al. Management of post-traumatic acute renal failure with peritoneal dialysis. *Am Surg* 1992; 58: 378–382
 170. Sabatini S, Kurtzman NA. Bicarbonate therapy in severe metabolic acidosis. *J Am Soc Nephrol* 2009; 20: 692–695
 171. Kraut JA, Kurtz I. Use of base in the treatment of acute severe organic acidosis by nephrologists and critical care physicians: results of an online survey. *Clin Exp Nephrol* 2006; 10: 111–117
 172. Kraut JA, Madias NE. Metabolic acidosis: pathophysiology, diagnosis and management. *Nat Rev Nephrol* 2010; 6: 274–285
 173. Llach F, Felsenfeld AJ, Haussler MR. The pathophysiology of altered calcium metabolism in rhabdomyolysis-induced acute renal failure. Interactions of parathyroid hormone, 25-hydroxycholecalciferol, and 1,25-dihydroxycholecalciferol. *N Engl J Med* 1981; 305: 117–123
 174. Knochel JP. Serum calcium derangements in rhabdomyolysis. *N Engl J Med* 1981; 305: 161–163
 175. Akmal M, Bishop JE, Telfer N et al. Hypocalcemia and hypercalcemia in patients with rhabdomyolysis with and without acute renal failure. *J Clin Endocrinol Metab* 1986; 63: 137–142
 176. Lane JT, Boudreau RJ, Kinlaw WB. Disappearance of muscular calcium deposits during resolution of prolonged rhabdomyolysis-induced hypercalcemia. *Am J Med* 1990; 89: 523–525
 177. Goltzman D. Treatment of hypocalcemia. In Rosen JC (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
 178. Monk RD, Bushinsky DA. Treatment of calcium, phosphorus, and magnesium disorders. In Brady HR, Wilcox CS (eds), *Therapy in Nephrology and Hypertension*. Philadelphia, Saunders, 1999, pp. 303–315
 179. Chen X, Zhong H, Fu P et al. Infections in crush syndrome: a retrospective observational study after the Wenchuan earthquake. *Emerg Med J* 2011; 28: 14–17
 180. Dashti SR, Baharvahdat H, Spetzler RF et al. Operative intracranial infection following craniotomy. *Neurosurg Focus* 2008; 24: E10
 181. Salmeron-Escobar JI, del Amo-Fernandez de Velasco A. Antibiotic prophylaxis in oral and maxillofacial surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11: E292–296
 182. Luchette FA, Borzotta AP, Croce MA et al. Practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in penetrating abdominal trauma: the EAST Practice Management Guidelines Work Group. *J Trauma* 2000; 48: 508–518
 183. Sanabria A, Valdivieso E, Gomez G et al. Prophylactic antibiotics in chest trauma: a meta-analysis of high-quality studies. *World J Surg* 2006; 30: 1843–1847
 184. Langworthy MJ, Smith JM, Gould M. Treatment of the mangled lower extremity after a terrorist blast injury. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 422: 88–96
 185. McAuley DF. Renal Dosing database. Available at <http://www.globalrph.com/renaldosing2.htm> (accessed 10 March 2011)
 186. Fiore AE, Joshi M, Caplan ES. Approach to infection in the multiple traumatized patient. In Mandell GL, Bennett JE, Dolin R (eds), *Mandell, Douglas and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 4th edn, Philadelphia,

Churchill-Livingstone, 1995, pp. 2756–2761

187. Sheridan GW, Matsen FA, III. Fasciotomy in the treatment of the acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 112–115

188. Owen CA, Mubarak SJ, Hargens AR et al. Intramuscular pressures with limb compression clarification of the pathogenesis of the drug-induced muscle-compartment syndrome. *N Engl J Med* 1979; 300: 1169–1172

189. Mubarak S, Owen CA. Compartmental syndrome and its relation to the crush syndrome: A spectrum of disease. A review of 11 cases of prolonged limb compression. *Clin Orthop Relat Res* 1975; 113: 81–89

190. Shaw AD, Sjolin SU, McQueen MM. Crush syndrome following unconsciousness: need for urgent orthopaedic referral. *BMJ* 1994; 309: 857–859

191. Matsen FA, III, Krugmire RB, Jr. Compartmental syndromes. *Surg Gynecol Obstet* 1978; 147: 943–949

192. Mubarak SJ, Owen CA, Hargens AR et al. Acute compartment syndromes: diagnosis and treatment with the aid of the wick catheter. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 1091–1095

193. Matsen FA, III, Clawson DK. The deep posterior compartmental syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg Am* 1975; 57: 34–39

194. Kazancioglu R, Cagatay A, Calangu S et al. The characteristics of infections in crush syndrome. *Clin Microbiol Infect* 2002; 8: 202–206

195. Reis ND, Better OS. Mechanical muscle-crush injury and acute muscle-crush compartment syndrome: with special reference to earthquake casualties. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 450–453

196. Matsuoka T, Yoshioka T, Tanaka H et al. Long-term physical outcome of patients who suffered crush syndrome after the 1995 Hanshin-Awaji earthquake: prognostic indicators in retrospect. *J Trauma* 2002; 52: 33–39

197. Szweczyk D, Ovadia P, Abdullah F et al. Pressure-induced rhabdomyolysis and acute renal failure. *J Trauma* 1998; 44: 384–388

198. Matsen FA, III, Mayo KA, Sheridan GW et al. Monitoring of intramuscular pressure. *Surgery* 1976; 79: 702–709

199. Malinoski DJ, Slater MS, Mullins RJ. Crush injury and rhabdomyolysis. *Crit Care Clin* 2004; 20: 171–192

200. McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78: 99–104

201. Smith J, Greaves I. Crush injury and crush syndrome: a review. *J Trauma* 2003; 54: S226–S230

202. Tattersall JE, Richards NT, McCann M et al. Acute haemodialysis during the Armenian earthquake disaster. *Injury* 1990; 21: 25–28

203. LEAP Study group. Ability of lower-extremity injury severity scores to predict functional outcome after limb salvage. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90: 1738–1743

204. Heatley FW. Severe open fractures of the tibia: the courage to amputate. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1988; 296: 229

205. Lameire N, Mehta R, Vanholder R et al. The organization and interventions of the ISN Renal Disaster Relief Task Force. *Adv Ren Replace Ther* 2003; 10: 93–99

206. Himmelfarb J, Joannidis M, Molitoris B et al. Evaluation and initial management of acute kidney injury. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008; 3: 962–967

207. Bosch X, Poch E, Grau JM. Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *N Engl J Med* 2009; 361: 62–72

208. Huerta-Alardin AL, Varon J, Marik PE. Bench-to-bedside review: rhabdomyolysis – an overview for clinicians. *Crit Care* 2005; 9: 158–169

209. Zager RA. Rhabdomyolysis and myohemoglobinuric acute renal failure. *Kidney Int* 1996; 49: 314–326

210. Shilliday IR, Quinn KJ, Allison ME. Loop diuretics in the management of acute renal failure: a prospective, double-blind, placebo-controlled, randomized study. *Nephrol Dial Transplant* 1997; 12:

2592–2596

211. Gunal AI, Celiker H, Dogukan A et al. Early and vigorous fluid resuscitation prevents acute renal failure in the crush victims of catastrophic earthquakes. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 1862–1867

212. De Backer D, Biston P, Devriendt J et al. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock. *N Engl J Med* 2010; 362: 779–789

213. Morris JA, Jr., Mucha P, Jr., Ross SE et al. Acute posttraumatic renal failure: a multicenter perspective. *J Trauma* 1991; 31: 1584–1590

214. Maduell F, Navarro V, Cruz MC et al. Osteocalcin and myoglobin removal in on-line hemodiafiltration versus low- and high-flux hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 2002; 40: 582–589

215. Amyot SL, Leblanc M, Thibeault Y et al. Myoglobin clearance and removal during continuous venovenous hemofiltration. *Intensive Care Med* 1999; 25: 1169–1172

216. Berns JS, Cohen RM, Rudnick MR. Removal of myoglobin by CAVH-D in traumatic rhabdomyolysis. *Am J Nephrol* 1991; 11: 73

217. Shigemoto T, Rinka H, Matsuo Y et al. Blood purification for crush syndrome. *Ren Fail* 1997; 19: 711–719

218. Naka T, Jones D, Baldwin I et al. Myoglobin clearance by super high-flux hemofiltration in a case of severe rhabdomyolysis: a case report. *Crit Care* 2005; 9: R90–95

219. Ronco C. Extracorporeal therapies in acute rhabdomyolysis and myoglobin clearance. *Crit Care* 2005; 9: 141–142

220. Knochel JP. Rhabdomyolysis. *West J Med* 1976; 125: 312–314

221. Brezis M, Rosen S, Silva P et al. Renal ischemia: a new perspective. *Kidney Int* 1984; 26: 375–383

222. Heyman SN, Brezis M, Greenfeld Z et al. Protective role of furosemide and saline in radiocontrast-induced acute renal failure in the rat. *Am J Kidney Dis* 1989; 14: 377–385

223. Karajala V, Mansour W, Kellum JA. Diuretics in acute kidney injury. *Minerva Anesthesiol* 2009; 75: 251–257

224. Uchino S, Doig GS, Bellomo R et al. Diuretics and mortality in acute renal failure. *Crit Care Med* 2004; 32: 1669–1677

225. Ho KM, Sheridan DJ. Meta-analysis of frusemide to prevent or treat acute renal failure. *BMJ* 2006; 333: 420

226. Brater DC. Diuretic therapy. *N Engl J Med* 1998; 339: 387–395

227. Bellomo R, Chapman M, Finfer S et al. Low-dose dopamine in patients with early renal dysfunction: a placebo-controlled randomized trial. Australian and New Zealand Intensive Care Society (ANZICS) Clinical Trials Group. *Lancet* 2000; 356: 2139–2143

228. Lauschke A, Teichgraber UK, Frei U et al. ‘Low-dose’ dopamine worsens renal perfusion in patients with acute renal failure. *Kidney Int* 2006; 69: 1669–1674

229. Rubinstein I, Abassi Z, Coleman R et al. Involvement of nitric oxide system in experimental muscle crush injury. *J Clin Invest* 1998; 101: 1325–1333

230. Savic V, Vlahovic P, Djordjevic V et al. Nephroprotective effects of pentoxifylline in experimental myoglobinuric acute renal failure. *Pathol Biol (Paris)* 2002; 50: 599–607

231. Abul-Ezz SR, Walker PD, Shah SV. Role of glutathione in an animal model of myoglobinuric acute renal failure. *Proc Natl Acad Sci USA* 1991; 88: 9833–9837

232. Nath KA, Balla J, Croatt AJ et al. Heme protein-mediated renal injury: a protective role for 21-aminosteroids in vitro and in vivo. *Kidney Int* 1995; 47: 592–602

233. Salahudeen AK, Wang C, Bigler SA et al. Synergistic renal protection by combining alkaline-diuresis with lipid peroxidation inhibitors in rhabdomyolysis: possible interaction between oxidant and non-oxidant mechanisms. *Nephrol Dial Transplant* 1996; 11: 635–642

234. Paller MS. Hemoglobin- and myoglobin-induced acute renal failure in rats: role of iron in nephrotoxicity. *Am J Physiol*

1988; 255: F539–F544

235. Zager RA. Combined mannitol and deferoxamine therapy for myohemoglobinuric renal injury and oxidant tubular stress. Mechanistic and therapeutic implications. *J Clin Invest* 1992; 90: 711–719

236. Walker PM, Lindsay TF, Labbe R et al. Salvage of skeletal muscle with free radical scavengers. *J Vasc Surg* 1987; 5: 68–75

237. Boutaud O, Moore KP, Reeder BJ et al. Acetaminophen inhibits hemoprotein-catalyzed lipid peroxidation and attenuates rhabdomyolysis-induced renal failure. *Proc Natl Acad Sci USA* 2010; 107: 2699–2704

238. Anderson RJ, Linas SL, Berns AS et al. Nonoliguric acute renal failure. *N Engl J Med* 1977; 296: 1134–1138

239. Parker RA, Himmelfarb J, Tolkoff-Rubin N et al. Prognosis of patients with acute renal failure requiring dialysis: results of a multicenter study. *Am J Kidney Dis* 1998; 32: 432–443

240. Chertow GM, Lazarus JM, Paganini EP et al. Predictors of mortality and the provision of dialysis in patients with acute tubular necrosis. The Auriculin Anaritide Acute Renal Failure Study Group. *J Am Soc Nephrol* 1998; 9: 692–698

241. Chertow GM, Soroko SH, Paganini EP et al. Mortality after acute renal failure: models for prognostic stratification and risk adjustment. *Kidney Int* 2006; 70: 1120–1126

242. Liangos O, Rao M, Balakrishnan VS et al. Relationship of urine output to dialysis initiation and mortality in acute renal failure. *Nephron Clin Pract* 2005; 99: c56–60

243. Clive DM, Stoff JS. Renal syndromes associated with nonsteroidal antiinflammatory drugs. *N Engl J Med* 1984; 310: 563–572

244. Bennett WM, Henrich WL, Stoff JS. The renal effects of nonsteroidal anti-inflammatory drugs: summary and recommendations. *Am J Kidney Dis* 1996; 28: S56–S62

245. Honda N, Hishida A, Ikuma K et al. Acquired resistance to acute renal failure. *Kidney Int* 1987; 31: 1233–1238

246. Abuelo JG. Normotensive ischemic acute renal failure. *N Engl J Med* 2007; 357: 797–805

247. Sever MS, Ereke E, Vanholder R et al. Serum potassium in the crush syndrome victims of the Marmara disaster. *Clin Nephrol* 2003; 59: 326–333

248. Health Canada. Nutrient Value of Some Common foods. Available at http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/nutrition/nvscf-vnqau-eng.pdf (accessed 10 March 2011)

249. Kayexalate: Sodium polystyrene sulfonate: Drug information. In UpToDate, Waltham, MA, 2011

250. Abassi ZA, Hoffman A, Better OS. Acute renal failure complicating muscle crush injury. *Semin Nephrol* 1998; 18: 558–565

251. Cheung JY, Bonventre JV, Malis CD et al. Calcium and ischemic injury. *N Engl J Med* 1986; 314: 1670–1676

252. Ikizler TA, Himmelfarb J. Nutrition in acute renal failure patients. *Adv Ren Replace Ther* 1997; 4: 54–63

253. Druml W. Nutritional management of acute renal failure. *Am J Kidney Dis* 2001; 37: S89–94

254. Burzstein S, Elwyn DH, Kvetan V. Nutritional and metabolic support. *Crit Care Clin* 1991; 7: 451–461

255. Fiaccadori E, Lombardi M, Leonardi S et al. Prevalence and clinical outcome associated with preexisting malnutrition in acute renal failure: a prospective cohort study. *J Am Soc Nephrol* 1999; 10: 581–593

256. Obialo CI, Okonofua EC, Nzerue MC et al. Role of hypoalbuminemia and hypocholesterolemia as copredictors of mortality in acute renal failure. *Kidney Int* 1999; 56: 1058–1063

257. Bullock ML, Umen AJ, Finkelstein M et al. The assessment of risk factors in 462 patients with acute renal failure. *Am J Kidney Dis* 1985; 5: 97–103

258. Li GS, Chen XL, Zhang Y et al. Malnutrition and inflammation in acute kidney injury due to earthquake-related crush syndrome. *BMC Nephrol* 2010; 11: 4

259. Cano NJ, Aparicio M, Brunori G et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: adult renal failure. *Clin Nutr* 2009; 28:

401–414

260. Fiaccadori E, Parenti E, Maggiore U. Nutritional support in acute kidney injury. *J Nephrol* 2008; 21: 645–656
261. Fiaccadori E, Maggiore U, Clima B, et al. Incidence, risk factors, and prognosis of gastrointestinal hemorrhage complicating acute renal failure. *Kidney Int* 2001; 59: 1510–1519
262. Fiaccadori E, Maggiore U, Giacosa R et al. Enteral nutrition in patients with acute renal failure. *Kidney Int* 2004; 65: 999–1008
263. Debaveye Y, Van den Berghe G. Risks and benefits of nutritional support during critical illness. *Annu Rev Nutr* 2006; 26: 513–538
264. Better OS, Rubinstein I, Winaver J. Recent insights into the pathogenesis and early management of the crush syndrome. *Semin Nephrol* 1992; 12: 217–222
265. Collins AJ. Kidney dialysis treatment for victims of the Armenian earthquake. *N Engl J Med* 1989; 320: 1291–1292
266. Eknayan G. Acute renal failure in the Armenian earthquake. *Ren Fail* 1992; 14: 241–244
267. Eknayan G. The Armenian earthquake of 1988: a milestone in the evolution of nephrology. *Adv Ren Replace Ther* 2003; 10: 87–92
268. Naito H. The basic hospital and renal replacement therapy in the Great Hanshin Earthquake. *Ren Fail* 1997; 19: 701–710
269. Fukagawa M. Nephrology in earthquakes: sharing experiences and information. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 803–808
270. Schiff H, Lang SM, Fischer R. Daily hemodialysis and the outcome of acute renal failure. *N Engl J Med* 2002; 346: 305–310
271. Ronco C, Bellomo R, Homel P et al. Effects of different doses in continuous veno-venous haemofiltration on outcomes of acute renal failure: a prospective randomised trial. *Lancet* 2000; 356: 26–30
272. Honore PM, Jamez J, Wauthier M et al. Prospective evaluation of short-term, high-volume isovolemic hemofiltration on the hemodynamic course and outcome in patients with intractable circulatory failure resulting from septic shock. *Crit Care Med* 2000; 28: 3581–3587
273. Saudan P, Niederberger M, De Seigneux S et al. Adding a dialysis dose to continuous hemofiltration increases survival in patients with acute renal failure. *Kidney Int* 2006; 70: 1312–1317
274. Palevsky PM, Zhang JH, O'Connor TZ et al. Intensity of renal support in critically ill patients with acute kidney injury. *N Engl J Med* 2008; 359: 7–20
275. Bouman CS, Oudemans-Van Straaten HM, Tjissen JG et al. Effects of early high-volume continuous venovenous hemofiltration on survival and recovery of renal function in intensive care patients with acute renal failure: a prospective, randomized trial. *Crit Care Med* 2002; 30: 2205–2211
276. Seabra VF, Balk EM, Liangos O et al. Timing of renal replacement therapy initiation in acute renal failure: a meta-analysis. *Am J Kidney Dis* 2008; 52: 272–284
277. Gettings LG, Reynolds HN, Scalea T. Outcome in post-traumatic acute renal failure when continuous renal replacement therapy is applied early vs. late. *Intensive Care Med* 1999; 25: 805–813
278. Pannu N, Klarenbach S, Wiebe N et al. Renal replacement therapy in patients with acute renal failure: a systematic review. *JAMA* 2008; 299: 793–805
279. Palevsky P. Renal replacement therapy (dialysis) in acute kidney injury (acute renal failure): indications, timing, and dialysis dose. In Berns JS (ed.), *UpToDate*, Waltham, MA, 2011
280. Rabindranath K, Adams J, Macleod AM et al. Intermittent versus continuous renal replacement therapy for acute renal failure in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2007: CD003773

281. Bagshaw SM, Berthiaume LR, Delaney A et al. Continuous versus intermittent renal replacement therapy for critically ill patients with acute kidney injury: a meta-analysis. *Crit Care Med* 2008; 36: 610–617
282. Better OS. Acute renal failure in casualties of mass disasters. *Kidney Int* 1993; Suppl 41: S235–S236
283. Tonelli M, Manns B, Feller-Kopman D. Acute renal failure in the intensive care unit: a systematic review of the impact of dialytic modality on mortality and renal recovery. *Am J Kidney Dis* 2002; 40: 875–885
284. Webb AR, Mythen MG, Jacobson D et al. Maintaining blood flow in the extracorporeal circuit: haemostasis and anticoagulation. *Intensive Care Med* 1995; 21: 84–93
285. Kutsogiannis DJ, Gibney RT, Stollery D et al. Regional citrate versus systemic heparin anticoagulation for continuous renal replacement in critically ill patients. *Kidney Int* 2005; 67: 2361–2367
286. Schneider M, Thomas K, Liefeldt L et al. Efficacy and safety of intermittent hemodialysis using citrate as anticoagulant: a prospective study. *Clin Nephrol* 2007; 68: 302–307
287. Durao MS, Monte JC, Batista MC et al. The use of regional citrate anticoagulation for continuous venovenous hemodiafiltration in acute kidney injury. *Crit Care Med* 2008; 36: 3024–3029
288. Woodrow G, Brownjohn AM, Turney JH. The clinical and biochemical features of acute renal failure due to rhabdomyolysis. *Ren Fail* 1995; 17: 467–474
289. Ponte B, Felipe C, Muriel A et al. Long-term functional evolution after an acute kidney injury: a 10-year study. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 3859–3866
290. Bagshaw SM. Short- and long-term survival after acute kidney injury. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 2126–2128
291. Ishani A, Xue JL, Himmelfarb J et al. Acute kidney injury increases risk of ESRD among elderly. *J Am Soc Nephrol* 2009; 20: 223–228
292. Wald R, Quinn RR, Luo J et al. Chronic dialysis and death among survivors of acute kidney injury requiring dialysis. *JAMA* 2009; 302: 1179–1185
293. Coca SG, Yusuf B, Shlipak MG et al. Long-term risk of mortality and other adverse outcomes after acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis* 2009; 53: 961–973
294. Hobson CE, Yavas S, Segal MS et al. Acute kidney injury is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery. *Circulation* 2009; 119: 2444–2453
295. Macedo E, Bouchard J, Mehta RL. Renal recovery following acute kidney injury. *Curr Opin Crit Care* 2008; 14: 660–665
296. Schiff H, Fischer R. Five-year outcomes of severe acute kidney injury requiring renal replacement therapy. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 2235–2241
297. Liano F, Felipe C, Tenorio MT et al. Long-term outcome of acute tubular necrosis: a contribution to its natural history. *Kidney Int* 2007; 71: 679–686
298. Armenian HK, Melkonian AK, Hovanesian AP. Long term mortality and morbidity related to degree of damage following the 1998 earthquake in Armenia. *Am J Epidemiol* 1998; 148: 1077–1084
299. Sever MS, Ereke E, Vanholder R et al. Lessons learned from the catastrophic Marmara earthquake: factors influencing the final outcome of renal victims. *Clin Nephrol* 2004; 61: 413–421
300. Chertow GM, Christiansen CL, Cleary PD et al. Prognostic stratification in critically ill patients with acute renal failure requiring dialysis. *Arch Intern Med* 1995; 155: 1505–1511
301. Saito K, Kim JI, Maekawa K et al. The great Hanshin-Awaji earthquake aggravates blood pressure control in treated hypertensive patients. *Am J Hypertens* 1997; 10: 217–221
302. Muller JE, Verrier RL. Triggering of sudden death – lessons from an earthquake. *N Engl J Med* 1996; 334: 460–461
303. Kloner RA, Leor J, Poole WK et al. Population-based analysis of the effect of the Northridge Earthquake on cardiac

- death in Los Angeles County, California. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 1174-1180
304. Kario K, Matsuo T, Ishida T et al. 'White coat' hypertension and the Hanshin-Awaji earthquake. *Lancet* 1995; 345: 1365
305. Akmal M, Valdin JR, McCarron MM et al. Rhabdomyolysis with and without acute renal failure in patients with phencyclidine intoxication. *Am J Nephrol* 1981; 1: 91-96
306. Baba S, Taniguchi H, Nambu S et al. The Great Hanshin earthquake. *Lancet* 1996; 347: 307-309
307. Takakura R, Himeno S, Kanayama Y et al. Follow-up after the Hanshin-Awaji earthquake: diverse influences on pneumonia, bronchial asthma, peptic ulcer and diabetes mellitus. *Intern Med* 1997; 36: 87-91
308. Yoshida T, Tada K, Uemura K et al. Peripheral nerve palsies in victims of the Hanshin-Awaji earthquake. *Clin Orthop Relat Res* 1999; 362: 208-217
309. Hyre AD, Cohen AJ, Kutner N et al. Prevalence and predictors of posttraumatic stress disorder among hemodialysis patients following Hurricane Katrina. *Am J Kidney Dis* 2007; 50: 585-593
310. Sengul A, Ozer E, Salman S et al. Lessons learnt from influences of the Marmara earthquake on glycemic control and quality of life in people with type 1 diabetes. *Endocr J* 2004; 51: 407-414
311. Salman S, Sengul AM, Salman F et al. Influence of earthquake on the quality of life of patients with type 1 diabetes. *Psychiatry Clin Neurosci* 2001; 55: 165
312. Lloyd CE, Dyer PH, Lancashire RJ, et al. Association between stress and glycemic control in adults with type 1 (insulin-dependent) diabetes. *Diabetes Care* 1999; 22: 1278-1283
313. Inui A, Kitaoka H, MajimaMet al. Effect of the Kobe earthquake on stress and glycemic control in patients with diabetes mellitus. *Arch Intern Med* 1998; 158: 274-278
314. Stillwell M, Caplan ES. The septic multiple-trauma patient. *Infect Dis Clin North Am* 1989; 3: 155-183
315. Steinberg SM, Nichols RL. Infections and sepsis in disasters. *Crit Care Clin* 1991; 7: 437-450
316. Howard MJ, Brillman JC, Burkle FM, Jr. Infectious disease emergencies in disasters. *Emerg Med Clin North Am* 1996; 14: 413-428
317. Rabinowitz RP, Caplan ES. Management of infections in the trauma patient. *Surg Clin North Am* 1999; 79: 1373-1383
318. Ereğ E, Sever MS, Serdengecti K et al. An overview of morbidity and mortality in patients with acute renal failure due to crush syndrome: the Marmara earthquake experience. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 33-40
319. Rabinowitz R, Fiore AE, Joshi M, Caplan ES. Multiple Trauma. In Mandell GL, Bennett JE, Dolin R (eds), *Mandell, Douglas and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 5th edn, Philadelphia, Churchill-Livingstone, 2000; pp. 3191-3197
320. Vanholder R, Canaud B, Fluck R et al. Catheter-related blood stream infections (CRBSI): a European view. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 1753-1756
321. Mermel LA, Allon M, Bouza E et al. Clinical practice guidelines for the diagnosis and management of intravascular catheter-related infection: 2009 Update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 2009; 49: 1-45
322. Akmal M, Massry SG. Peripheral nerve damage in patients with nontraumatic rhabdomyolysis. *Arch Intern Med* 1983; 143: 835-836
323. Sharma R. Gujarat earthquake causes major mental health problems. *BMJ* 2002; 324: 259
324. Shoaf KI, Sareen HR, Nguyen LH et al. Injuries as a result of California earthquakes in the past decade. *Disasters* 1998; 22: 218-235
325. Rezaeian M. Epidemiology of suicide after natural disasters: a review on the literature and a methodological framework for future studies. *Am J Disaster Med* 2008; 3: 52-56
326. Chou YJ, Huang N, Lee CH et al. Suicides after the 1999 Taiwan earthquake. *Int J Epidemiol* 2003; 32: 1007-1014

327. Kopp JB, Ball LK, Cohen A et al. Kidney patient care in disasters: emergency planning for patients and dialysis facilities. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 825–838
328. KCER: Kidney Community Emergency Response Coalition. Available at <http://www.kcercoalition.com/index.php> (accessed 10 March 2011)
329. Seaman J. Disaster epidemiology: or why most international disaster relief is ineffective. *Injury* 1990; 21: 5–8
330. Alexander D. The health effects of earthquakes in the mid-1990s. *Disasters* 1996; 20: 231–247
331. Roy N, Shah H, Patel V et al. The Gujarat earthquake (2001) experience in a seismically unprepared area: community hospital medical response. *Prehosp Disaster Med* 2002; 17: 186–195
332. Goldfarb DS, Chung S. The absence of rhabdomyolysis-induced renal failure following the World Trade Center collapse. *Am J Med* 2002; 113: 260
333. Kuwagata Y, Oda J, Tanaka H et al. Analysis of 2,702 traumatized patients in the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *J Trauma* 1997; 43: 427–432
334. Schultz CH, Koenig KL, Lewis RJ. Implications of hospital evacuation after the Northridge, California, earthquake. *N Engl J Med* 2003; 348: 1349–1355
335. Redmond AD, Watson S, Nightingale P. The south Manchester Accident Rescue Team and the earthquake in Iran, June 1990. *BMJ* 1991; 302: 1521–1523
336. Whittaker R, Fareed D, Green P et al. Earthquake disaster in Nicaragua: reflections on the initial management of massive casualties. *J Trauma* 1974; 14: 37–43
337. Nadjafi I, Atef MR, Broumand B et al. Suggested guidelines for treatment of acute renal failure in earthquake victims. *Ren Fail* 1997; 19: 655–664
338. Kazancioglu R, Pinarbasi B, Esen BA et al. The need for blood products in patients with crush syndrome. *Am J Disaster Med* 2010; 5: 295–301
339. Mujeeb SA, Jaffery SH. Emergency blood transfusion services after the 2005 earthquake in Pakistan. *Emerg Med J* 2007; 24: 22–24
340. Schmidt PJ. Blood and disaster – supply and demand. *N Engl J Med* 2002; 346: 617–620
341. Busch MP, Guiltinan A, Skettino S et al. Safety of blood donations following a natural disaster. *Transfusion* 1991; 31: 719–723
342. Sihler KC, Napolitano LM. Complications of massive transfusion. *Chest* 2010; 137: 209–220
343. Richards NT, Tattersall J, McCann M et al. Dialysis for acute renal failure due to crush injuries after the Armenian earthquake. *BMJ* 1989; 298: 443–445
344. Screening Donated Blood for Transfusion-Transmissible Infections. WHO Publications: Geneva, 2010
345. Hwang SJ, Shu KH, Lain JD et al. Renal replacement therapy at the time of the Taiwan Chi-Chi earthquake. *Nephrol Dial Transplant* 2001; 16 Suppl 5: 78–82
346. Letteri JM, Adams MB, Duffy M et al. Disaster preparedness for renal facilities and patients. *Ren Fail* 1997; 19: 673–685
347. Vanholder RC, Van Biesen WA, Sever MS. Hurricane Katrina and chronic dialysis patients: better tidings than originally feared? *Kidney Int* 2009; 76: 687–689
348. Sever MS, Ereke E. Sincere thanks of Turkish nephrologists to their European friends. *Nephrol Dial Transplant* 2000; 15: 1478–1480
349. van der Tol A, Hussain A, Sever MS et al. Impact of local circumstances on outcome of renal casualties in major disasters. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 907–912
350. Portilla D, Shaffer RN, Okusa MD et al. Lessons from Haiti on disaster relief. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010; 5: 2122–

351. Kleinpeter MA, Norman LD, Krane NK. Dialysis services in the hurricane-affected areas in 2005: lessons learned. *Am J Med Sci* 2006; 332: 259–263
352. Anderson AH, Cohen AJ, Kutner NG, et al. Missed dialysis sessions and hospitalization in hemodialysis patients after Hurricane Katrina. *Kidney Int* 2009; 75: 1202–1208
353. Abdel-Kader K, Unruh ML. Disaster and end-stage renal disease: targeting vulnerable patients for improved outcomes. *Kidney Int* 2009; 75: 1131–1133
354. Kopp JB, Ball LK, Cohen A et al. Kidney patient care in disasters: lessons from the hurricanes and earthquake of 2005. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 814–824
355. Kenney RJ. Emergency preparedness concepts for dialysis facilities: reawakened after Hurricane Katrina. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 809–813
356. Armenian HK, Melkonian A, Noji EK et al. Deaths and injuries due to the earthquake in Armenia: a cohort approach. *Int J Epidemiol* 1997; 26: 806–813
357. Armenian HK, Noji EK, Oganessian AP. A case-control study of injuries arising from the earthquake in Armenia, 1988. *Bull World Health Organ* 1992; 70: 251–257
358. Glass RI, Urrutia JJ, Sibony S et al. Earthquake injuries related to housing in a Guatemalan village. *Science* 1977; 197: 638–643
359. Osaki Y, Minowa M. Factors associated with earthquake deaths in the great Hanshin-Awaji earthquake, 1995. *Am J Epidemiol* 2001; 153: 153–156
360. Peek-Asa C, Ramirez M, Seligson H et al. Seismic, structural, and individual factors associated with earthquake related injury. *Inj Prev* 2003; 9: 62–66
361. Noji EK. Public health issues in disasters. *Crit Care Med* 2005; 33: S29–S33
362. Vanholder R, Stuard S, Bonomini M et al. Renal disaster relief in Europe: the experience at L'Aquila, Italy, in April 2009. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 3251–3255
363. Yurugen B, Emir G, Ersoy A. Treatment of patients with acute renal failure during Marmara earthquake. *EDTNA ERCA J* 2001; 27: 174–177
364. China S. Management of continuous ambulatory peritoneal dialysis patients in a disaster: the Japanese experience during the Kobe Earthquake. *Ren Fail* 1997; 19: 687–692
365. Ozener C, Ozdemir D, Bihorac A. The impact of the earthquake in northwestern Turkey on the continuous ambulatory peritoneal dialysis patients who were living in the earthquake zone. *Adv Perit Dial* 2000; 16: 182–185
366. Sakai R. The Japanese experience during the Kobe Earthquake: management of continuous ambulatory peritoneal dialysis patients in a disaster. *Ren Fail* 1997; 19: 693–699
367. Lameire N. Preliminary report of the action in Turkey of the International Society of Nephrology Renal Disaster Relief Task Force. *Nephrol Dial Transplant* 1999; 14: 2614–2615
368. Vanholder R, Van Biesen W, Lameire N, et al. The role of the International Society of Nephrology/Renal Disaster Relief Task Force in the rescue of renal disaster victims. *Contrib Nephrol* 2007; 156: 325–332
369. Autier P, Ferir MC, Hairapetien A et al. Drug supply in the aftermath of the 1988 Armenian earthquake. *Lancet* 1990; 335: 1388–1390
370. Rosansky SJ, Speth C. Dialysis relief effort for Armenia. *N Engl J Med* 1989; 321: 264–265
371. Bickell WH, Wall MJ, Jr., Pepe PE et al. Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *N Engl J Med* 1994; 331: 1105–1109
372. Dutton RP, Mackenzie CF, Scalea TM. Hypotensive resuscitation during active hemorrhage: impact on in-hospital

mortality. *J Trauma* 2002; 52: 1141–1146

373. Pepe PE, Kvetan V. Field management and critical care in mass disasters. *Crit Care Clin* 1991; 7: 401–420

374. Sasser SM, Hunt RC, Sullivent EE et al. Guidelines for field triage of injured patients. Recommendations of the National Expert Panel on Field Triage. *MMWR Recomm Rep* 2009; 58: 1–35

375. START (Simple Triage and Rapid Treatment). Available at [http:// www.citmt.org/start/background.htm](http://www.citmt.org/start/background.htm) (accessed 10 March 2011)

376. CDC. Mass Casualties. Glasgow Coma Scale. Available at [http:// www.bt.cdc.gov/masscasualties/pdf/glasgow-coma-scale.pdf](http://www.bt.cdc.gov/masscasualties/pdf/glasgow-coma-scale.pdf) (accessed 10 March 2011)

377. Locatelli F, Covic A, Eckardt KU et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Anaemia management in patients with chronic kidney disease: a position statement by the Anaemia Working Group of European Renal Best Practice (ERBP). *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 348–354

378. Covic A, Abramowicz D, Bruchfeld A et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Endorsement of the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) hepatitis C guidelines: a European Renal Best Practice (ERBP) position statement. *Nephrol Dial Transplant* 2009; 24: 719–727

379. Vanholder R, Abramowicz D, Cannat-Andia JB et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. The future of European Nephrology 'Guidelines'—a declaration of intent by European Renal Best Practice (ERBP). *NDT Plus* 2009; 2: 213–221

380. Tattersall J, Canaud B, Heimbürger O et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. High-flux or low-flux dialysis: a position statement following publication of the Membrane Permeability Outcome study. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 1230–1232

381. Van Biesen W, Heimbürger O, Krediet R et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Evaluation of peritoneal membrane characteristics: clinical advice for prescription management by the ERBP working group. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 2052–2062

382. Covic A, Bammens B, Lobbidez T et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Educating end-stage renal disease patients on dialysis modality selection. *NDT Plus* 2010; 3: 225–233

383. Covic A, Bammens B, Lobbidez T et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Educating end-stage renal disease patients on dialysis modality selection: clinical advice from the European Renal Best Practice (ERBP) Advisory Board. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 1757–1759

384. Vanholder R, Canaud B, Fluck R et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Diagnosis, prevention and treatment of haemodialysis catheter-related bloodstream infections (CRBSI): a position statement of European Renal Best Practice (ERBP). *NDT Plus* 2010; 3: 234–246

385. Locatelli F, Aljama P, Canaud B et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Target haemoglobin to aim for with erythropoiesis-stimulating agents: a position statement by ERBP following publication of the Trial to reduce cardiovascular events with Aranesp therapy (TREAT) study. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 2846–2850

386. Goldsmith DJ, Covic A, Fouque D et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Endorsement of the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) Chronic Kidney Disease-Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD) Guidelines: a European Renal Best Practice (ERBP) commentary statement. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 3823–3831

387. Tattersall J, Dekker F, Heimbürger O et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. When to start dialysis: updated guidance following publication of the Initiating Dialysis Early and Late (IDEAL) study. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 2082–2086

388. Heemann U, Abramowicz D, Spasovski G et al.; ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Endorsement of the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) guidelines on kidney transplantation: a European Renal Best Practice (ERBP) position statement. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 2099–2106

대량 재난에서 압궐 손상자의 관리에 대한 권고안

발행일: 2025. 06. 19.

발행인: 박형천

발행처: 대한신장학회

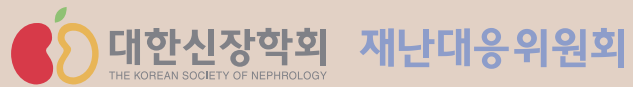
편집: 대한신장학회 재난대응위원회

주소: (06022) 서울시 강남구 압구정로 30길 23 미승빌딩 301호

전화번호: 02)3486-8736

웹페이지: <https://ksn.or.kr/main.php>

디자인 및 제작: 에그피알 02)318-8317



비매품/무료



9 791197 507250
ISBN 979-11-975072-5-0 (PDF)

