

## 다발성 외상 환자의 초기 평가 및 처치 (General Assessment and Initial Management of Polytrauma Patients)

오 형 근

인제대학교 일산백병원 정형외과

서 론

본 론

다발성 외상의 정의는 한 부위 이상의 신체 부위 및 장기에 생명을 위협하는 정도의 외상이 발생한 경우로 일반적으로 injury severity score (ISS)가 16-18점 이상인 경우를 말한다.

다발성 외상 환자는 전체 외상 환자의 약 15-20% 정도를 차지하며, 주로 젊은 연령에서 교통사고로 인한 손상이 가장 흔하다. 초기 수상 당시의 ISS가 높을수록 사망률은 증가하게 되어 24점 이상인 경우 약 30% 이상의 사망률이 보고되고 있다<sup>10)</sup>.

외상 환자가 사망에 이르게 되는 과정에서 적정 수준의 치료가 빠른 시간 안에 제공되는 것이 매우 중요하다. 젊은 연령의 다발성 외상 환자가 적절한 외상 센터에서 치료를 받을 경우 25% 이상의 사망률 감소가 보고되고 있어 외상 체계가 효과적으로 구축되어 중증 외상 환자가 가장 적절한 수준의 의료 기관으로 신속하게 이송되고 필요한 응급 치료와 수술적 치료가 신속하게 제공되는 것이 환자의 예후 호전에 있어서 중요하다.

외상 후 초기 사망 원인은 심각한 뇌 손상과 과다 출혈로 인한 쇼크지만, 다양한 염증성 반응과 동반된 환자의 면역 기전 저하는 후기 사망의 주요 원인으로 알려져 있어 이에 대한 세심한 치료 계획 수립 및 수술 시기를 결정하는 것은 다발성 외상 환자의 생존율을 높이는 데 중요하다.

### 1. 외상 환자의 중증도 평가 및 외상 점수

외상 환자의 중증도 평가 및 분류 지침은 생리학적 불안정성, 외상의 해부학적 부위, 손상 기전, 환자의 기저 질환 등을 고려하여 단계별로 중증 환자를 판별하게 된다.

생리학적 불안정성의 평가는 외상 환자의 활력 징후 및 의식 수준에 따라 평가하며, Glasgow coma scale (GCS)이 13점 이하, 수축기 혈압이 90 mmHg 이하, 분당 호흡수가 10회 미만이거나 29회 이상인 세 가지 생리학적 기준에서 어느 한 가지라도 만족한다면 높은 수준의 의료 기관으로 후송하여야 생존율을 높일 수 있다. 일부 중증 외상 환자에서 초기의 생리학적 지표에만 의존하여 중증도를 평가할 경우에는 외상에 비해서 그 중증도가 덜 심하게 평가될 수 있기 때문에 외상의 해부학적 부위를 이용하여 환자의 중증도를 평가하고 분류하는 것이 필요하다. 근골격계의 손상에서 2개 이상의 근위부 장골 골절이 동반된 경우, 심한 연부조직 손상이 동반된 경우, 손목, 발목 상부의 절단, 골반 골절 등이 동반된 다발성 외상 환자에서는 심각한 외상의 중증도를 반영한다.

다양한 형태의 외상 환자, 치료 방침, 의료 체계 등이 국가별, 지역별로 차이가 있어, 치료 방침 및 치료 결과 등을 비교하기 위한 다양한 외상 점수 체계 및 지표들이 개발되어왔다. 다발성 외상 환자의 경우 중증의 환자가 많은 반면, 대부분의 의료진이 방사선검사나 임상병리검사를 시

통신저자 : 오 형 근

고양시 일산서구 주화로 170, 인제대학교 일산백병원 정형외과  
Tel : 031-910-7968 · Fax : 031-910-7967  
E-mail : osd11@paik.ac.kr

Address reprint requests to : Hyoung Keun Oh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Inje University Ilsan Paik Hospital,  
170 Juhwa-ro, Ilsanseo-gu, Goyang 411-706, Korea  
Tel : 82-31-910-7968 · Fax : 82-31-910-7967  
E-mail : osd11@paik.ac.kr

Copyright © 2013 The Korean Fracture Society. All rights reserved.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

행한 후에 중증도를 판별하는 경우가 많아 환자의 선별에 많은 시간을 소비하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 외상 지표들은 외상 환자와 관련한 많은 독립변수들을 일차적으로 수치화하여 환자의 임상적인 심각성의 정도를 반영하고자 하였다. 가장 널리 사용되는 외상 지표들은 크게 손상의 해부학적 요소에 기반한 abbreviated injury scale (AIS), ISS, anatomic profile 등과 생리적인 요소에 기반한 revised trauma score, trauma and injury severity score 등이 있다.

## 2. 다발성 외상 환자의 초기 평가 및 치료

다발성 외상 환자의 치료는 병원 전 및 병원 내 치료로 구분되며 환자의 생존 및 기능의 회복은 수상 후 적절하고 신속한 의학적 처치에 좌우된다. 특히 생명을 위협하는 손상의 신속한 식별과 처치를 위한 시간적 여유가 충분하지 않은 경우가 많아 의료인들이 손쉽고 간편하게 적용할 수 있는 체계화되고 표준화된 초기 치료 지침이 개발되어 이용되고 있다. advanced trauma life support는 외상 환자의 초기 평가 및 치료 지침을 향상시키고 표준화하는 데 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. 초기 치료는 일차조사(primary survey), 소생술, 이차조사(secondary survey), 진단적 평가 및 근치과정 등으로 구성되며, 이러한 과정은 생명에 가장 큰 위험이 될 수 있는 상황을 찾아내고 동시에 치료가 이루어지는 과정이다.

다발성 외상 환자의 내원 시 정형외과 의사는 주로 골반 환 손상, 사지 골절, 연부조직 손상 등의 치료에 참여하게 되지만, 외상 환자의 소생을 위한 초기 평가 및 치료 지침에 대한 이해가 필요하다. 체계적인 지침에 따른 각 분야 의료진의 적절한 협조가 필수적이며, 검사 및 처치를 위한 환자의 이동 시에도 다발성 외상 환자의 특성상 전신 상태가 급격하게 불안정하게 변화할 수 있음을 명심하여야 한다.

### 1) 호흡기 기능 평가

다발성 외상 환자의 내원 당시 기도를 확보하는 것은 일차 조사 과정 중 가장 중요한 과정이다. 기도폐색을 유발할 수 있는 구강 내의 이물질의 즉각적인 제거와 함께 안면부 골절, 구강이나 비강, 인후 등의 손상, 경부에 심한 피하기종이 있는 경우 및 구강을 포함한 기도부위에 출혈이 있는 경우 등에는 기도폐색이 저명하지 않은 경우라도 즉시 기도 삽관을 시행해야 한다. 응급상황에서 수술적 기도 확보술은 통상적인 기도 삽관술이 실패한 경우나 안면부에 심한 손상을 가진 환자에게 시행되며 운상 감상 연결 절제술(cricothyrotomy)이 추천된다. 기도 확보 후에는 충분한 산소 공급과 환기가 이루어져야 하며, 환기장애는 기

도 폐쇄, 관기 기전의 변화, 중추신경계 저하로 인하여 발생한다. 기도를 개방하고 흡입 등을 시행한 후에도 호흡부전이 호전되지 않는다면 다른 이유들을 찾아보아야 한다. 긴장성 기흉, 개방성 기흉, 폐좌상이나 동요흉(flail chest) 등은 이학적 검사와 단순 흉부촬영만으로도 진단될 수 있으며 흉관 삽관을 고려한다. 심각한 두부 손상과 저혈량성 쇼크로 인한 뇌의 저산소증은 중추성 호흡 부전을 초래할 수 있다. 기관 내 삽관 이후에 지속적인 환기 보조가 필요한 경우는 양압 환기를 시행한다.

### 2) 쇼크 및 수액소생술

(1) **저혈량성 쇼크의 치료:** 쇼크는 단순히 혈압이 감소하는 것을 의미하지 않으며, 조직 및 세포에 에너지 대사에 필요한 영양분과 산소가 부족한 상태이다. 쇼크가 지속되는 경우 외상 후 합병증을 악화시키므로 적절한 수액치료와 동시에 원인을 찾는 시술과 검사가 빨리 진행되어야 한다. 쇼크 처치의 목적은 수축기 혈압을 정상적으로 유지하는 것이며, 치료는 우선 정맥로 확보와 함께 외부의 대량 출혈을 신속히 지혈시키는 것으로 시작된다. 상지에 #14-16 주사침을 이용하여 최소한 2개 이상의 정맥로를 확보하여 수액을 신속히 투여하며, 정맥로 확보가 어려운 경우는 경정맥, 쇄골하정맥, 대퇴정맥 등으로 중심정맥삽관을 시행한다. 수액 소생술에서 최초로 투여되는 수액은 생리식염수나 Ringer's lactate 수액 같은 등장성 정질수액(crystalloid)이며, 성인에서는 2 L, 소아에서는 20 ml/kg을 급속히 주입한다. 고장성 식염수는 고삼투압으로 세포간질과 세포내 수분을 혈관 내로 끌어당겨 뇌부종이나 조직 부종에 효과가 있다고 하지만, 정질수액과의 연구에서 생존율의 차이가 없어 출혈성 쇼크의 초기 수액으로는 정질수액이 추천된다. 정질수액은 혈관 내뿐만 아니라 세포간질로 재분포되므로 실험량의 3-4배의 양이 필요하게 되어, 급속 실험이 의심되는 경우에는 정질수액과 혈액 체제를 3대 1의 비율로 주입하는 것이 권장된다. 초기 수액 소생술에 즉각적인 반응을 보이는 경우는 20% 미만의 실험량이 있었던 경우로 모든 활력 증후가 정상으로 회복된다. 수액 치료의 목표는 정상적인 활력징후의 회복과 중심정맥압을 8-15 mmHg로 유지하는 것이다. 염기 결핍 및 젖산 농도는 쇼크의 중증도를 판단하는 데 유용하므로 주기적으로 확인하여 치료에 대한 반응을 판단해야 한다. 초기 수액 소생술에 일시적 반응을 보이지만 다시 불안정해지거나 반응이 없는 경우에는 여전히 출혈이 진행 중일 수 있으므로 출혈의 원인을 찾기 위한 노력이 필요하다. 흉부, 복부 및 골반에서의 출혈을 감별하기 위하여 단순 방사선 사진과 함께 최근에는 외상초음파(focused assessment with sonography for trauma, FAST)가 널리 이용되고 있다. FAST는

다발성 외상 환자에서 치명적인 손상 여부를 일차 조사 동안 신속하게 평가할 수 있는 초기 진단 도구로 비침습적인 검사로 방사선 노출의 위험이 없다는 점, 반복적인 관찰 및 혈액학적으로 불안정한 환자에게도 환자 옆에서 즉각적인 진단이 가능하다.

(2) 수혈 및 응고장애: 쇼크 환자에서 혈관 내 순환량의 회복뿐만 아니라 산소 운반 능력의 회복을 위하여 수혈이 필요하다. 전통적으로는 혈액소 수치를 10 g/L 정도 유지하는 것이 수혈 치료의 목표였지만, 최근에는 과도한 수혈이 염증 반응을 악화시킬 수 있으므로 7-9 g/L 정도의 혈액소 수치를 유지하는 것으로 권장되고 있다. 출혈의 원인을 치료하기 전에 혈압을 너무 빠르게 올리면 오히려 출혈이 더 심해질 수 있으므로, 정상 혈압보다 약간 낮게 유지하여 요골동맥이 만져질 정도의 혈압을 유지하는 것이 권장된다(hypotensive resuscitation, permissive hypotension). 완전히 교차시험 확인된 혈액이 가장 좋지만, 긴급한 경우에는 혈액형검사를 하지 않고 Rh-O 혈액을 투여할 수 있다. 대량수혈은 성인에서 24시간 내 전체 혈액량을 대체할 정도의 농축적혈구를 수혈한 경우나 몇 시간 안에 10 units 이상의 농축적혈구를 수혈한 경우를 말한다. 대량수혈 후에는 결과적으로 환자의 혈액, 혈소판과 응고인자가 상대적으로 희석되고 저체온이 동반되면 혈소판 응괴와 응고과정에 영향을 미쳐 응고장애를 가져온다. 따라서 출혈성 쇼

크 환자는 초기에 수액치료와 저체온으로 인한 응고 장애를 예방하기 위해 신선동결혈장이나 농축적혈구를 초기에 처방하여야 한다. 더불어 대부분의 출혈 쇼크 환자는 초기에 수술적 치료를 필요로 하므로 응급실에 출혈 쇼크를 동반한 외상 환자는 외과 의사가 처음부터 환자의 진료에 참가해야 한다.

### 3) 환자의 생리적 상태에 따른 분류(Staging of patient's physiologic status)

외상 환자의 일차 평가 및 처치가 이루어진 후 적절한 치료의 방침을 결정하기 위하여 전반적인 외상의 심각성, 특수한 손상, 혈액학적 안정성 정도에 따라 환자를 분류하게 된다. 소생술의 종료점은 혈액학적 안정성의 회복, 안정적인 산소 포화도의 유지, 응고 장애가 없는 경우, 정상 체온 유지, lactate <2 mmol/L, 소변량 >1 ml/kg/h, 혈압 유지를 위한 약물이 필요하지 않은 경우 등이며, 일차 평가 및 처치 후의 환자 상태를 고려하여 적절하게 환자를 분류하는 것은 환자의 예후에 대한 예측 및 치료 방침을 결정하는 데 도움이 된다(Table 1)<sup>27)</sup>.

(1) 안정성(Stable): 안정성 환자는 생명을 위협하는 손상이 없고 초기 치료에 반응을 하면서 혈압 상승제 등의 사용 없이도 혈액학적으로 안정적인 상태를 유지하는 환자군이다. 응고 장애, 호흡기 부전, 산-염기 불균형 등이 관찰

**Table 1.** Clinical Parameters Influencing Management after Major Trauma<sup>27)</sup>

	Parameter	Stable	Borderline	Unstable	In extremis
Shock	Blood pressure (mmHg)	>100	80-100	60-90	<50-60
	Blood units (2 h)	0-2	2-8	5-15	>15
	Lactate level	Normal range	Approximately 2.5	>2.5	Severe acidosis
	Base deficit (mmol/L)	Normal range	No data	No data	>6-18
	ATLS classification	I	II-III	III-IV	IV
Coagulation	Urine output	>150	50-150	<100	<50
	Platelet count ( $\mu$ g/ml)	>110,000	90,000-110,000	<70,000-90,000	<70,000
	Factor II and V (%)	90-100	70-80	50-70	<50
	Fibrinogen (g/dl)	>1	Approximately 1	<1	DIC
	D-dimer	normal range	Abnormal	Abnormal	DIC
Temperature		>34°C	33-35°C	30-32°C	<30°C
Soft tissue injuries	Lung function; PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	>350	300	200-300	<200
	Chest trauma score; AIS	AIS I or II	AIS 2 or more	AIS 2 or more	AIS 3 or more
	TTS	0	I-II	II-III	IV
	Abdominal trauma (Moore)	≤II	≤III	III	III or >III
	Pelvic trauma (AO classification)	A type (AO)	B or C	C	C (crush, rollover)
Surgical strategy	Extremities	AIS I-II	AIS II-III	AIS III-IV	Crush, rollover
	Damage control (DCO) or Definitive surgery (ETC)	ETC	DCO if uncertain ETC if stable	DCO	DCO

ATLS: Advanced trauma life support, AIS: Abbreviated injury scale, TTS: Thoracic trauma score, DCO: Damage control orthopedicsm, ETC: Early total care.

되지 않아 장시간의 수술에도 생리적인 안정성이 유지될 수 있어 복합 손상에 대한 조기 전 처치(early total care)가 가능하다.

(2) **경계성(Borderline):** 경계성 환자는 초기 소생술에 반응하여 안정화시킬 수 있지만, 불량한 예후가 예상되거나 급속한 상태 악화를 초래할 수 있는 임상 양상 및 손상을 동반한 환자군이다. 조기 전 처치로 치료할 수 있지만, 불안정한 상태로 악화될 가능성이 있어 수술적 치료 등을 고려할 때 세심한 주의가 요구된다. 집중적인 관리 및 감시가 필요한 경우가 많고, 생리적인 역치의 경계선상에서 불안정한 경우 손상 통제(damage control) 접근법이 필요하다. 경계성 환자의 일반적인 임상 양상은 다음과 같다.

- ① ISS > 40
- ② 저체온증 < 35°C
- ③ 평균 폐동맥압 > 24 mmHg 또는 골수강 내 급속정고정술 중 6 mmHg 이상 상승
- ④ 다발성 손상(ISS > 20) 환자에서 흉부 손상이 동반된 경우(AIS > 2)
- ⑤ 복부 및 골반 손상이 동반된 다발성 손상 환자에서 내원 당시 저혈량성 쇼크를 보인 경우(수축기 혈압 < 90 mmHg)
- ⑥ 폐좌상(pulmonary contusion)의 방사선적 소견
- ⑦ 양측성 대퇴골 골절
- ⑧ 중등도 이상의 두부 손상(AIS ≥ 3)

(3) **불안정성(Unstable):** 초기의 적극적인 소생술에도 불구하고 혈액학적인 불안정성이 지속되어 급속한 상태 악화 가능성이 높은 환자군이다. 다발성 장기 부전증 등의 위험성이 높아 손상 통제 접근법이 필요하며, 환자 상태가 안정화될 때 까지 신속한 집중 치료 및 감시가 요구된다. 출혈의 조절, 장관광치술(exteriorization), 필요한 경우 대퇴골 골절의 임시 외고정 등 생명과 직접적인 연관이 있는 응급수술 외에 수상 후 급성 염증 반응 및 불안정성이 회복될 때까지 복잡한 재건 수술 등은 연기하여야 한다.

(4) **임종 직전(in extremis):** 심각한 외상으로 내원 당시 사망 직전의 상태이거나 조절이 되지 않는 출혈 등이 동반된 환자군이다. 일반적인 초기 소생술에 반응하지 않고 치명적인 3중주(lethal triad)인 저체온증(hypothermia), 산증(acidosis), 응고 장애(coagulopathy)가 나타난다. 일반적인 손상 통제 접근법이 필요하며, 골절에 대한 외고정은 응급실 및 중환자실에서 시행할 수 있으나 다른 긴박한 처치가 지연되지 않도록 한다.

### 3. 다발성 외상의 병태 생리

다발성 외상 환자에서 신체 장기의 손상, 골절 등으로

유발되는 신체의 반응과 병태 생리를 이해하는 것은 환자의 초기 치료 시기 및 방법의 결정과 예후를 이해하는 데 중요하다. 최근 분자 생물학 등의 다양한 분야의 발전으로 다발성 외상 후 발생하는 신체의 병태 생리에 대한 연구가 진행되고 있다. 손상 및 감염에 대한 염증 반응은 세포 신호, 세포 이동, 그리고 매개 물질 분비를 포함한다. 환자의 작은 손상은 일시적이며 국소적 염증 반응을 유발시키지만, 큰 손상은 확대된 전신적 염증 반응을 일으켜 잠재적으로 해로운 반응을 야기할 수 있다<sup>21,25,27</sup>).

과거에는 외상 후 나타나는 신체의 생리적 반응을 세 단계로 구분하여 설명하였다. 첫 번째는 외상 후 초기에 출혈 등으로 유발되는 혈액량의 감소, 심혈관계의 불안정성, 자율 신경계의 항진 등이 나타나는 저역동성(hypodynamic) ebb phase이다. 임상적으로는 출혈로 인한 저혈량성 쇼크가 나타나며, 신체에서는 중요 장기의 혈액 공급을 유지하기 위한 반응이 나타난다. 단순한 골절과 연부조직 손상이 동반된 경우에도 혈액학적 변화가 생길 수 있다. 장골 골절 시 경골이나 상완골 골절은 약 1.5 unit (750 ml)의 출혈을 동반하고 대퇴골 골절은 약 1,500 ml, 골반골 골절과 후복막 혈종이 동반되는 경우는 2-3 L의 출혈이 생길 수 있다. 또한 손상 부위의 부종으로 인한 체액 소실의 정도는 손상 정도와 연관이 있으며, 다양한 cytokine의 생산과 분비가 일어난다. 이런 반응은 혈과 내피의 투과성을 증가시켜 혈장이 혈관 밖, 세포 외 공간으로 이동하여 조직 부종을 유발하여 혈관 내 순환량의 감소를 일으킨다. 적절한 소생술 및 산소 공급이 이루어진 후에는 손상 후 약 2주여 간에 걸쳐 과역동성(hyperdynamic) flow phase가 나타나며, 대사 산물의 제거와 손상 부위의 치유와 회복을 위한 영양 공급을 증가시키기 위하여 혈액 순환이 증가되고 발열, 당내인성(glucose intolerance), 근위축 등이 나타난다. 세 번째 단계는 회복기로 신체를 수상 전 상태로 회복시키기 위하여 수개월여간 지속된다.

#### 1) 전신성 염증 반응 증후군(Systemic inflammatory response syndrome)

외상 후 나타나는 신체의 반응 및 변화에 관여하는 신경 내분비계, 면역 체계, 매개 물질 등의 연구로 과거의 단순하고 순차적인 반응과는 달리 보다 복잡하고 역동적인 생리 반응에 대한 병태 생리가 알려지고 있다. 신체 장기의 손상 및 골절 등으로 인한 연부조직의 손상 등으로 괴사 조직과 주변은 허혈 및 저산소 부위로 구성된 염증성 병소가 된다. 이러한 염증성 병소는 다양한 매개체와 cytokine을 분비함으로써 내분비기관과 같은 역할을 하게 되는데, 국소적으로는 조직의 대식세포에 작용하여 순환계로 들어감으로써 전신적 반응을 유발시킨다. 외상 후 신체에 처음

으로 나타나는 생리적 반응은 신경내분비계(neuroendocrine system)의 활성화로 adrenocorticosteroid 및 catecholamine의 증가되고, 이는 임상적으로 심박수 및 호흡수의 증가 등을 유발한다. 외상으로 인한 조직 손상은 신체 혈관 조직 전반에 저산소증을 유발하여 혈관 내피세포막의 형태를 변화시키고 파괴하여 모세혈관의 투과성을 증가시킨다. 모세혈관의 분포가 풍부한 폐(lung)에서는 폐부종 등이 나타나 초기에 단순 방사선 사진상 관찰되는 경우 외상 및 염증성 반응의 정도를 판단하는 데 도움이 된다. 저산소증 등으로 유발되는 혈관 내피 손상과 더불어 수상 초기부터 다양한 세포들이 출현하여 혈관의 재생성, collagen의 생산, 피사 조직 및 세균의 분해 등을 담당한다. 호중구 및 대식세포 등은 세포 매개 염증 반응을 유발하며 이러한 세포들에서 분비되는 cytokine은 주변 조직 세포뿐 아니라 다른 세포들의 분화 및 유도를 유발하여, 다양한 면역 체계가 활성화되게 된다. 염증 반응의 매개 물질은 외상 후 초기에는 손상된 부위 조직의 세포에서 유리되지만, 이후에는 전신적인 반응으로 확대가 되며 초기 수상의 정도가 심할수록 전신성 염증 반응의 정도가 심해진다. 이렇게 분비된 매개물질들에 의해 국소 및 전신방어기전이 연쇄적으로 활성화되고, 염증성 반응이 과도하게 되면 전신성 염증 반응 증후군(SIRS)을 유발하게 된다. 전신성 염증 반응 증후군은 외상 이외에도 화상, 감염, 주요 수술 등으로도 유발될 수 있다. 전신성 염증 반응 증후군은 많은 산소와 에너지 소모를 필요로 하는 과역동성 혈액학 상태(hyperdynamic hemodynamic state)와도 관련이 있으며, 임상적으로는 심박수 및 호흡수의 증가, 고열 혹은 저체온증, 백혈구 분율의 증가 등으로 나타나게 된다. 외상 후 나타나는 면역 체계의 활성화는 항상성 유지, 유해 균주로부터의 신체 보호, 손상 조직의 회복 및 치유를 촉진하기 위하여 필요하며, 역조절 항염증 반응(counter-regulatory anti-inflammatory response)과 적절한 조화를 이루면서 외상 후 회복에 이르게 된다. 하지만 심한 손상으로 인한 과도한 염증성 반응은 다발성 장기 손상(multiple organ failure)을 유발할 수 있으며, 염증성 반응에 비해 항염증 반응의 보상 기전이 과도한 경우에는 신체의 면역력 저하를 초래하여 감염의 위험성을 증가시킬 수 있다.

## 2) Two-hit theory

다발성 외상 환자에서 신체 주요 장기의 손상, 연부조직의 손상 및 골절을 유발하는 직접적인 일차 손상('first-hit') 후에 신체에서 발생하는 염증 반응은 pro-inflammatory cytokine, arachidonic acid의 대사 산물, 급성기 coagulation system의 단백질, complement factor 및 호르몬 매개체 등에 의해 유발된다. 이와 더불어 이차적으로 내재적 및 외

재적 요인이 외상 후 염증 반응을 악화시키는 요인으로 작용할 수 있다. 내재적인 이차 손상('second-hit')의 요인으로서는 저산소증이 동반된 호흡기 부전, 반복적인 심혈관계의 불안정성, 대사성 산증, 허혈/재관류 손상, 피사 조직, 감염된 도뇨관, 감염 등이 있다. 외재적인 이차 손상의 요인은 심각한 조직 손상을 유발하는 과도한 수술, 저체온증, 출혈, 과다 수혈 등이다. 초기 손상으로 인한 전신성 염증 반응이 조절되기 전에 진행되는 진단 및 치료 과정의 침습적 시술, 주요 수술, 외상 후 및 수술 후 합병증, 감염 등은 이차적으로 염증 반응을 활성화시켜 환자 상태를 악화시킬 수 있으므로, 정형외과 의사로서는 초기 환자 상태에 대한 면밀한 검토 후 수술 방법 및 수술 시기를 결정하는 것이 중요하다.

## 3) 염증성 반응의 생화학적 표지자

외상 후 전신성 염증 반응 시기에 나타나는 다양한 생화학적 표지자들은 급성기 단백, 매개체 염증 반응, 세포 매개 염증 반응을 반영한다. 최근에는 외상 후 발현되는 염증성 반응의 정도와 고위험군을 예측하기 위하여 생화학적 표지자에 대한 연구가 진행되고 있다<sup>20,26)</sup>. 그 중 interleukin-6 (IL-6)는 일정한 발현 양상과 혈청 내의 반감기 때문에 가장 유용하게 널리 이용되고 있다. IL-6의 농도와 외상의 정도가 상관 관계가 있고 전신적 염증 반응의 정도와 예후를 예측하는 데 도움이 되며, 혈중 농도가 200 pg/dl 이상인 경우 전신성 염증 반응 증후군으로 진단할 수 있다. 이외에도 CD11b의 상승이 120시간 이상 지속되는 경우 다발성 장기 손상의 위험도가 높다는 보고가 있다<sup>24)</sup>. 염기(base)의 결핍과 혈중 젖산(lactate)의 농도가 2.5 mmol/L 이상인 경우는 조직의 산소 분압이 낮다는 것을 의미하는 것으로, 환자 상태가 주요 수술을 시행할 수 있는 상태인지를 결정하는 데 유용하다. 젖산 농도가 2.5 mmol/L 이상인 경우 대퇴골 골절에 대하여 24시간 이내에 골수강 내 고정술을 시행하면 수술 후 합병증이 2배 이상 증가됨이 보고된 바 있다. 대퇴골 간부 골절에서 수상 초기에 확공의 유무와는 상관 없이 골수강 내 고정술을 시행하면 4시간 이후에 염증성 반응 표지자가 상승됨이 보고된 바 있어<sup>16)</sup>, 수상 직후 시행하는 주요 수술은 환자에게 이차 손상('second hit')으로 작용하여 전신적 염증성 반응 증후군(SIRS)을 악화시킬 수 있으므로 주의가 요구된다. 이러한 염증성 반응의 매개체인 생화학적 표지자는 수상의 정도, 전신 염증성 반응이 심할수록 수치의 상승을 보이며, 환자의 예후와 밀접한 관계가 있다. 또한 외상 이후 immunoglobulin과 interferon의 생성이 저하되는 면역 기능 억제로 감염과 폐혈증의 위험성이 높아진다는 보고도 있어<sup>11)</sup>, 이러한 생화학적 표지자에 대한 연구가 진행되어 고위험군의 환자를 술

전에 선별할 수 있다면 향후 치료 계획을 수립하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

#### 4. 주요 손상에 대한 수술적 치료 방침의 결정

##### 1) 손상 통제 수술

다발성 외상 환자의 골절에 대한 내고정이 보편화되기 이전에는 폐색전증 및 장기 부전으로 인한 사망률이 높았다. 중증 외상 이후 며칠 내로 발생하는 폐색전증은 치료하기가 어려우며, 약 50% 이상의 사망률이 보고되었다. 폐색전증은 불안정한 골절의 골수강 내에서 유리되는 지방에 의해 발생된다고 생각하여 주요 골절에 대한 내고정은 이러한 합병증과 연부조직의 부가적인 손상 및 출혈 등을 예방할 수 있을 것으로 생각되었다. 1980년대 중반 이후 조기 골절 고정의 효과에 대한 연구에서 다발상 외상 환자에서 24시간 이후에 주요 골절에 대한 고정을 시행한 군이 24시간 이내 골절의 고정을 시행한 군에 비하여 급성 호흡 부전(acute respiratory distress syndrome, ARDS) 등의 호흡기 합병증이 5배 이상 높게 발생한다고 보고하였다. Bone 등<sup>2)</sup>은 178명의 대퇴골 골절 환자에 대하여 24시간 내에 조기 고정한 군과 48시간 이후에 고정한 군을 비교하면서, 가능한 대퇴골 골절을 조기에 고정하는 것이 호흡기 합병증과 다발성 장기 손상 등에 따른 사망률을 낮추는 데 도움이 된다고 하였다. 이러한 연구 결과에 의해 다발성 외상 환자에 동반된 골반골 및 사지 골절에 대한 조기 고정을 시행하는 조기 전 처치는 환자의 조기 거동, 동통의 감소, 오랜 침상 안정으로 인한 합병증의 예방면에서 많은 장점들이 있다고 알려졌다<sup>36)</sup>. 또한 심폐 기능의 감시 장비와 집중 치료 의학의 발전으로 외상 후 초기에 시행되는 보다 적극적인 수술적 치료를 가능하게 하였다. 이 시기에 다발성 외상 환자들의 골절에 대한 조기 내고정술의 엄격한 적용으로 외상 지수가 높은 외상 환자, 뇌 및 흉부 등의 심각한 손상이 동반된 환자들에서의 적절한 치료 방법에 대한 논의가 부족하였다. 하지만 다발성 외상 환자에서 발생하는 전신적인 염증성 반응과 확공성 골수강 내 급속정 고정술 후 발생하는 생리적 변화에 대한 이해가 높아지면서<sup>18,19)</sup>, 초기 수상 정도가 심하여 불안정한 생체 징후 및 다발성 손상이 동반된 환자에 대하여는 초기에 장시간의 수술로 인한 합병증을 최소화하기 위한 치료 전략의 필요성이 대두되었다.

손상 통제의 기본 개념은 해군에서 나온 개념으로 대양 한복판에서 적 함선과 교전이 있을 경우 손상된 함선을 제한된 물자와 인력만으로 완전히 수리하지 않고 일단은 응급조치로서 간단히 방수처리 등과 같이 함선이 침몰하는 것만 막은 후 가장 가까운 항구로 회항한 뒤에 근본적인

수리를 하는 것을 의미한다. 외과적 개념으로서의 손상 통제 역시 함선에서의 경우와 마찬가지로 환자가 외상으로 인하여 매우 위중한 상태일 경우 무리하여 근치 수술까지 진행하지 않고 제일 생명에 위급한 상황만 통제된 이후에 중환자실에서의 집중 치료를 통해서 환자의 상태를 호전시킨 후 다시 수술을 시행하여 근치 수술을 하는 것을 의미한다. 외과 영역에서는 Rotondo 등<sup>30)</sup>이 복부의 관통상으로 인한 산증, 저체온증, 응고 장애 등의 치명적인 위험성을 줄이기 위하여 출혈을 조절한 후 이차적인 복부 수술을 시행하는 데서 시작되었다. 손상 통제 수술의 개념은 급속한 실혈 등의 생명을 위협하는 상태에 대한 소생술 개념의 수술(resuscitative surgery), 정상 생리적 지표의 회복 후 확정적인 수술적 치료의 3단계로 구성된다. 정형외과적인 손상 통제 수술(damage control orthopedics, DCO)의 첫 번째 단계는 불안정 장골 및 골반환 손상에 대한 조기 임시 고정과 출혈에 대한 조절이다. 이후 중환자실에서의 집중 치료로 환자의 생리적 상태가 안정화된 후 골절에 대한 확정적인 수술적 치료를 시행하는 것이다. 다발성 외상 환자에서 동반된 장관골 골절에 대한 치료 방법으로는 견인, 외고정, 골수강 내 금속정, 압박 금속판 등 다양한 내고정물의 선택이 가능하지만, 주로 외고정 기구를 이용한 골절부의 임시적 외고정 후 환자 상태가 안정된 후에 내고정으로의 전환이 추천된다. 다발성 외상 환자에서 골절부를 임시 외고정하는 것은 추가적인 출혈, 연부조직 손상 등을 줄여 환자의 염증 반응이 악화될 수 있는 요인을 조절할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 조기 골절부 고정을 위한 임시 외고정은 비교적 수술 시간이 짧고 최소 침습적이며, 동반된 연부조직의 손상 등을 치료할 수 있어 장시간의 수술적 치료로 초래되는 위험성을 줄일 수 있는 장점이 있다. 환자 상태가 안정된 후에는 장관골 골절에 대한 확정적인 고정 방법으로는 임시 외고정 후 골수강 내 금속정으로의 전환이 주로 권장되고 있다. 최근에는 다발성 외상 환자에서 정형외과적 손상 통제 수술의 적용이 보편화되고 있으며, 정형외과적 손상 통제 수술이 요구되는 고위험 환자군에 대한 선별을 위한 임상적 지표 및 생화학적 표지자들에 대한 연구가 진행되고 있다.

##### 2) 정형외과적 손상 통제 수술을 위한 환자 선택

다발성 외상 환자에서 생명을 위협하는 손상에 대한 초기 치료 후, 동반된 손상에 대한 치료 방법 및 시기를 결정하는 것은 환자의 예후를 결정하는 매우 중요한 요소이다. 장시간의 수술적 치료가 가능하여 조기 전 처치로 양호한 임상 경과를 얻을 수 있는 환자군을 판별하는 임상적 지표는 다음과 같다.

###### ① 안정적인 혈액동학 상태(stable hemodynamics)

- ② 혈압 유지를 위한 inotropics 등의 사용이 필요 없는 경우
- ③ 저산소증 및 고탄산증이 없는 경우
- ④ lactate < 2 mmol/L
- ⑤ 정상 응고 기전
- ⑥ 정상 체온
- ⑦ 소변 배출량 > 1 ml/kg/h

다발성 외상 환자에서 고위험 환자군의 판별을 위한 생화학적 표지자에 대한 많은 연구가 진행되었지만, 실제 임상에서의 적용이 어려워 조기 전 처치와 정형외과적 손상 통제 수술을 선택하는 것은 환자의 임상적 상태와 외상의 복잡성에 의존하여 결정하여야 한다. 다발성 외상 환자의 외상 정도를 평가하기 위하여 ISS, AIS, GCS 등 다양한 방법이 사용되어 왔지만<sup>7)</sup>, 초기 소생기에 치료 방법을 결정하는 데 도움이 되는 적절한 외상 지표가 없어 다양한 임상 지표를 추가하여 환자 상태를 판단하는 것이 중요하다<sup>3)</sup>. 일반적으로 다발성 외상과 동반된 대퇴골 골절, 혈액학적 으로 불안정한 골반관 손상, 고령 환자에서의 다발성 외상에 대해서는 정형외과적 손상 통제 수술의 임상적 적응증이 된다. 2002년에 Pape 등<sup>26)</sup>은 근골격계 손상을 동반한 다발성 외상 환자에 대하여 안정성(stable), 경계성(borderline), 불안정성(unstable), 임종 직전(in extremis)의 환자 군으로 분류한 바 있으며, 안정성 환자에 대하여는 일반적 치료 원칙이 적용되지만, 불안정성 및 임종 직전의 환자군에 대하여는 정형외과적 손상 통제 수술의 적용이 필요하다고 하였다. 경계성 환자군은 향후 상태가 악화될 수 있는 환자로 흉부 외상이 중요한 역할을 하며, 주요 특징은 다음

과 같다.

- ① 흉부 외상 없이 ISS가 40 이상인 다발성 외상 환자
- ② ISS가 20 이하이면서도 흉부 외상이 동반된 환자
- ③ 복부 외상이 동반된 다발성 외상 환자
- ④ 단순 방사선 사진상 양측성 폐 침윤이 관찰되는 경우
- ⑤ 초기 폐동맥 분압이 24 mmHg 이상인 경우

경계성 환자군을 시사하는 임상 소견과 더불어 예후에 영향을 미치는 요소로는 혈액 응고 장애(platelet < 90,000), 저체온증(< 32°C), 다량 수혈이 필요한 쇼크 상태, 장관골의 다발성 골절과 동반되어 흉부 외상이 있는 경우, 초기 수술 시간이 6시간 이상이 예상되는 경우 등에서는 치료 방법을 결정하는 데 중요한 요소이다(Table 2)<sup>25)</sup>. 정형외과적 손상 통제 수술(DCO)로 치료하는 환자군을 선택하는 것도 중요하지만, 이차적인 수술로의 전환 시기를 결정하는 것 또한 중요하다. 초기 수상 후 4일까지는 면역 반응이 안정화되지 않아 확정적 수술(definite surgery)을 시행하는 데 안전하지 않으며, 수상으로 6-8일경에 수술을 시행하는 경우에 비하여 술 후 염증성 반응의 악화가 관찰된 바 있어 적절한 이차 수술 시기와 방법을 결정하는 임상적 지표에 대한 관찰이 필요하다. 간단한 방법으로 혈액의 균형 상태로 판단할 수 있지만, Tschernie 등<sup>33)</sup>이 활력 중후, 혈액학적 상태 및 다양한 임상 지표를 토대로 환자의 회복 시기를 판단하는 지침을 제시한 바 있어 임상적 적용이 가능하다(Table 3).

## 5. 정형외과적 손상 통제 수술의 임상적 적용

### 1) 대퇴골 골절

대퇴골 골절에서 골수강 내 금속성 고정술은 생역학적인 우수성과 골절의 간접 정복 및 상대적 안정성 제공 등의 생물학적 우수성으로 일차적으로 선택되는 내고정물이다. 조기 전 처치가 가능한 안정적인 환자군에서는 골수강 내 고정술로 조기 거동을 허용할 수 있으며, 안정적인 임상 경과를 얻을 수 있다. 그러나 다발성 외상 환자에서 동반된 대퇴골 골절에서 골수강 내 금속성 고정술은 이차 손상

**Table 2.** Parameters to Consider When Deciding to Implement Damage Control Orthopedic Protocols<sup>25)</sup>

Polytrauma with injury severity score of >20 points and additional thoracic trauma
Polytrauma with abdominal and pelvic injuries and hemorrhagic shock (BP < 90 mmHg)
Injury severity score of >40 points without additional thoracic trauma
Initial pulmonary artery pressure of >24 mmHg
Increased pulmonary artery pressure of >6 mmHg during intramedullary nail
Difficult resuscitation
Platelet count < 90,000/μl
Hypothermia (< 35°C)
Transfusion of >10 units of blood
Bilateral lung contusion on initial chest radiograph
Multiple long bone fractures and truncal injury
Prolonged duration of anticipated surgery (>90 min)

BP: Blood pressure.

**Table 3.** End Points For Damage Control Resuscitation<sup>33)</sup>

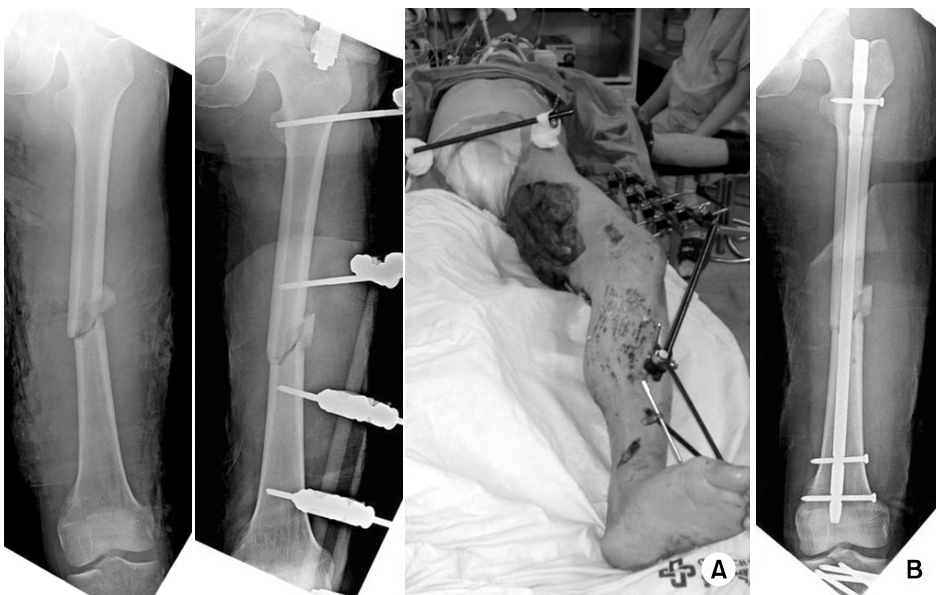
No increasing infiltrate on chest radiograph
Balanced or negative fluid balance
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> of >250
Pulmonary artery pressure of <24 mmHg
Platelet count >95,000/μl
Maximal inspiratory airway pressure of <35 mmHg
White blood cell count of <12,000/μl
Intracranial pressure of <15 cm H <sub>2</sub> O

의 위험성뿐만 아니라 골수강 내의 확공으로 인한 전신의 염증성 반응의 악화와 폐색전증의 위험성을 높여 폐기능을 악화시킬 수 있으므로 주의가 요구된다<sup>6,9)</sup>. 흉부 외상이 동반된 대퇴골 골절 환자(AIS>2)에서 골수강 내 금속정 고정은 확공 및 금속정 삽입 과정에서 골수 내압을 증가시키고 골수 내 물질, 섬유유괴, 조직 찢어기들에 의한 색전증은 응고 반응과 다른 이차적 반응을 활성화시켜 전신 상태의 악화 위험성이 높다. 국내 의료 현실에서 복부 및 흉부 등의 외상으로 집중 치료가 요구되는 경우에 조기에 정형외과적인 수술 및 처치가 어려운 경우가 많아 전신 상태가 호전이 될 때까지 장시간 침상 안정 및 견인 치료로 대퇴골 골절을 유지하는 경우가 많다. 하지만, 다발성 외상 환자에서 동반된 대퇴골 골절이 조기에 고정이 되지 않는 경우 집중 치료 과정 중에 환자의 이동 및 다른 처치 과정에 제약을 주며, 불안정성 골절편에 의한 출혈, 부가적인 연부 조직 손상, 통증 등으로 이차적인 염증 반응을 활성화시켜 사망률의 증가와 ARDS의 위험성이 높다고 보고된 바 있다. 따라서 이러한 경우 조기에 대퇴골 골절에 대하여 외고정술을 시행하면 다발성 외상 환자에서의 이차적인 염증 반응을 최소화할 수 있다는 장점이 있다<sup>35)</sup>. 임시 외고정술은 확정적인 내고정술에 비하여 출혈량이 적으며, 수술 시간을 단축할 수 있고 비교적 사용이 용이하여 다발성 외상 환자에서 대퇴골 골절에 대한 정형외과적 손상 통제 수술을 시행할 경우 초기 고정 방법으로 권장되고 있다. 임시 외고정 시 주로 단순 핀 고정 기구를 이용하여 대퇴부의 전외측부에 고정하면 주요 구조물을 피할 수 있고, 수술 시간을 줄이기 위하여 self-drilling pin의 사용이 권장되

도 한다. 외고정 기구의 제품마다 다양한 특성이 있지만 snap-and-click clamp의 사용이 비교적 용이하게 골절부의 조작이 가능하며, 이후 수술을 고려하여 향후 피부 절개를 고려한 핀 삽입 위치를 결정하는 것이 중요하다. 수상 후 24시간 이내에 외고정을 시행하는 것이 환자의 전신 상태를 관리하는 데 용이하며, 동통을 줄일 수 있고 추가적인 연부조직의 손상을 최소화할 수 있다. 이차적인 내고정술로의 전환은 주로 골수강내 금속정 고정술이 선호되고 있지만, 핀 삽입부 문제에 의한 감염의 위험성에 대한 고려가 필요하다. 외고정 기간을 2주 이내로 줄이면 감염의 위험성을 감소시킬 수 있으며, 일차적으로 골수강 내 금속정 고정술을 시행한 경우와 비교하여 감염의 위험성이 높지 않다(Fig. 1)<sup>28)</sup>.

## 2) 골반환 손상

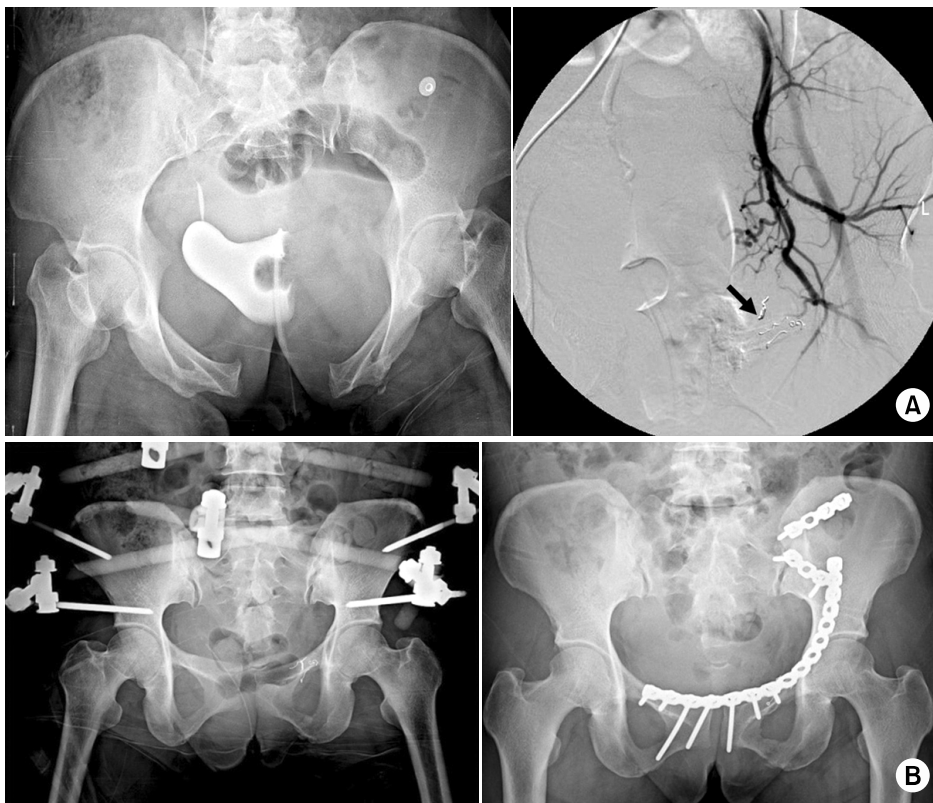
고에너지 손상으로 인한 불안정성 골반환 손상에서 과다 출혈로 인해 생체 징후가 불안정한 경우 사망률이 40% 이상으로 보고되고 있으며, 다른 신체 부위의 손상이 동반된 경우가 많아 여러 임상과의 종합적인 접근이 필요하다. 불안정성 골반환 손상을 평가하기 위하여는 방사선 사진상의 불안정성뿐만 아니라 생체 징후를 포함한 혈액동학적 상태, 손상기전을 포함한 면밀한 신체검사가 필수적이다. 불안정성 골반환 손상에서 주요 출혈 부위로는 골절부, 후방 골반 정맥 총(venous plexus), 장골동맥의 분지 등이며, 주로 후방 골반환 손상이 동반된 경우 출혈량이 증가하지만<sup>17)</sup>, 전후방 단순 골반 사진에서 후방 골반환 손상을 발견하지 못하는 경우가 20% 이상으로 보고된 바 있어 세심한 관찰



**Fig. 1.** (A) A 52-year-old male who had open femoral fracture and unstable pelvic ring injury was managed with temporary external fixation. (B) After patient's condition was optimized, conversion to internal fixation using intramedullary nail was performed for femoral fracture.

이 필요하다. 내원 당시 hematocrit의 수치가 30% 이하인 경우 골반골에서의 다량의 출혈을 예측하고 즉각적인 수액 요법 등의 응급 처치와 더불어 동반된 흉부 및 복부 손상 유무에 대한 확인이 필요하다. 골반골 골절이 있는 쇼크 환자의 치료방침 결정에 있어서 흉부나 다른 부위의 심각한 출혈이 없는 경우 출혈이 복강 내에서 발생한 것인지 복막뒤공간에서 발생한 것인지 판단하기 어려운 경우가 많다. 초기 수액 소생술 시기에 출혈 병소를 판단하기 위하여 진단적 복강세척이 유용하나, 최근에는 FAST가 비침습적인 방법으로 사용되고 있다. FAST에서 혈액복막이 관찰되는 경우 혈액학적으로 불안정한 골반환 손상 환자에서 우선적으로 개복술을 고려해야 한다. 다량의 출혈이 동반된 전후방 압박형의 골반환 손상에서 초기에 손쉽게 사용 가능한 방법으로 포(sheet)를 이용하여 장골능과 대전자 부위를 둘러싸는 방법<sup>12,31)</sup>과 상용화된 골반띠(pelvic binder) 등<sup>32)</sup>을 사용하면 골반의 용적을 줄여주고 안정시키는 효과가 있다. 골반골 골절이 동반된 다발성 외상 환자의 경우 방사선 검사 등 때문에 여러 곳으로 이동하는 경우가 많으며, 불안정성 골반골 골절에서는 골절 부위가 움직이게 되면 출혈을 악화시킬 수 있으므로 초기에 외압박을 시행하는 것이 좋다. 외고정 기구의 사용은 불안정성 골반환 손상의 임시적 고정 방법으로 많이 사용되고 있으며, 특히

복부 장기 및 방광 손상이 동반된 경우 유용하다<sup>14,15)</sup>. 외고정의 사용은 전후방 압박 손상에서 골반 용량을 줄여 tamponade 효과로 출혈을 감소시키며, 골절부의 직접 압박과 움직임을 감소시켜 지혈을 돕는다. 외고정 시 핀 삽입부는 주로 장골능에 각 2개의 핀을 사용하게 되며, 향후 복부에 대한 접근이 가능하도록 조작하는 것이 필요하다. 전하 장골 돌기 위치에서 상비구 부위(supra-acetabular region)로의 핀고정이 장골능에서의 고정보다 생역학적으로 우수하다<sup>13,19,29)</sup>. 핀고정을 이용한 외고정은 불안정성 골반환 손상에서 임시적 고정으로 유용하지만, B형 및 C형 골반환 손상에서는 후기 전위의 위험성이 높아 향후 환자 상태가 안정된 후 견고한 내고정으로의 전환이 필요하다(Fig. 2)<sup>4,22,23,34)</sup>. C-clamp는 주요 출혈 부위인 후방 골반환에 대한 직접적인 압박이 가능하여 응급 상황에서 유용하지만<sup>32)</sup>, 이차적인 신경 및 혈관 손상의 위험성이 있으며, crescent 골절 등과 같이 장골에 골절이 동반된 경우 사용의 제한이 있다<sup>12)</sup>. 이러한 다양한 노력에도 불구하고 혈액학적으로 불안정한 경우 동맥 출혈 부위에 대한 혈관조영술 후 색전술을 고려할 수 있다<sup>15)</sup>. 동맥 출혈의 경우에는 색전술로 80% 이상에서 지혈을 할 수 있지만, 정맥 출혈 및 골절된 뼈에서 나오는 출혈은 지혈할 수 없다. 또한 숙련된 방사선과 의사 필요하며, 시행하기까지 많은 시간이 소요되는 단점



**Fig. 2.** (A) A 43-year-old female was sustained from hemodynamically unstable pelvic ring injury. Angiography and embolization was performed as primary treatment for hemorrhage control (arrow). (B) Pelvic external fixation was carried out for provisional fixation of unstable pelvic ring injury. After patient's condition was optimized, conversion to internal fixation was performed.

이 있다. 하지만 혈액학적으로 불안정한 골반골 골절 환자에서 골반 혹은 복막뒤공간에 큰 혈종이 있는 경우 혹은 컴퓨터 단층촬영상 조영제의 혈관 밖 유출이 관찰되는 경우에는 혈관조영술의 적용이 된다. 다발성 외상 환자에서 동반된 골반환 손상에서 다량의 출혈로 인한 조기 사망을 감소시키기 위한 종합적인 접근이 필요하며, pelvic binder, 외고정, C-clamp, pelvic packing<sup>8)</sup>, 혈관 조영술 등 다양한 노력이 요구된다. 불안정성 골반환에 대한 임시적 외고정은 골절부를 안정시켜 출혈을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 향후 내고정으로의 전환도 용이하다는 장점이 있지만, 정확한 핀 삽입 위치 선정 등 세심한 주의가 필요하다.

## 요 약

최근 심한 다발성 손상으로 다발성 장기 손상의 위험성이 높은 환자에 대한 정형외과적 손상 통제 수술(DCO)로 수술 과정에서 인한 이차적인 손상을 줄이기 위한 노력이 시도되고 있다. 다발성 외상 환자에 동반된 골절에 대한 조기의 견고한 내고정이 추가적인 연부조직 손상을 줄일 수 있고 초기 거동을 허용할 수 있는 장점이 있지만, 수술적 치료 과정이 환자의 전신 상태에 미치는 영향에 대한 충분한 고려가 필요하다. 정형외과적 손상 통제 수술은 고위험군에 대한 단계적 수술로 환자의 생명을 살리는 포괄적인 개념으로 다양한 생화학적 검사 및 임상 소견으로 실제 임상에서 적절한 환자의 선택 과정이 중요하다. 대퇴골 등의 장관골 골절 및 불안정성 골반환 손상에서 임시적 외고정술은 수술 시간이 짧고 출혈량이 적어 정형외과적 손상 통제 수술의 적용 시 선호되는 방법이지만, 내고정으로 적절한 전환 시기 및 내고정물의 선택에 대한 보다 많은 연구가 필요하다.

## References

- 1) Agolini SF, Shah K, Jaffe J, Newcomb J, Rhodes M, Reed JF 3rd: Arterial embolization is a rapid and effective technique for controlling pelvic fracture hemorrhage. *J Trauma*, **43**: 395-399, 1997.
- 2) Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R: Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am*, **71**: 336-340, 1989.
- 3) Bosse MJ, MacKenzie EJ, Riemer BL, et al: Adult respiratory distress syndrome, pneumonia, and mortality following thoracic injury and a femoral fracture treated either with intramedullary nailing with reaming or with a plate. A comparative study. *J Bone Joint Surg Am*, **79**: 799-809, 1997.
- 4) Chang JD, Seo YJ, Choi YH: Problems of anterior external fixation in unstable pelvic ring injury. *J Korean Fract*, **18**: 394-398, 2005.
- 5) Cook RE, Keating JF, Gillespie I: The role of angiography in the management of haemorrhage from major fractures of the pelvis. *J Bone Joint Surg Br*, **84**: 178-182, 2002.
- 6) Copeland CE, Mitchell KA, Brumback RJ, Gens DR, Burgess AR: Mortality in patients with bilateral femoral fractures. *J Orthop Trauma*, **12**: 315-319, 1998.
- 7) Copes WS, Champion HR, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW: The Injury Severity Score revisited. *J Trauma*, **28**: 69-77, 1988.
- 8) Cothren CC, Osborn PM, Moore EE, Morgan SJ, Johnson JL, Smith WR: Preperitoneal pelvic packing for hemodynamically unstable pelvic fractures: a paradigm shift. *J Trauma*, **62**: 834-839, 2007.
- 9) Crowl AC, Young JS, Kahler DM, Claridge JA, Chrzanowski DS, Pomphrey M: Occult hypoperfusion is associated with increased morbidity in patients undergoing early femur fracture fixation. *J Trauma*, **48**: 260-267, 2000.
- 10) Demetriades D, Murray J, Charalambides K, et al: Trauma fatalities: time and location of hospital deaths. *J Am Coll Surg*, **198**: 20-26, 2004.
- 11) Ertel W, Keel M, Bonaccio M, et al: Release of anti-inflammatory mediators after mechanical trauma correlates with severity of injury and clinical outcome. *J Trauma*, **39**: 879-885, 1995.
- 12) Ganz R, Krushell RJ, Jakob RP, Küffer J: The anti-shock pelvic clamp. *Clin Orthop Relat Res*, **267**: 71-78, 1991.
- 13) Gardner MJ, Nork SE: Stabilization of unstable pelvic fractures with supraacetabular compression external fixation. *J Orthop Trauma*, **21**: 269-273, 2007.
- 14) Ghaemmaghami V, Sperry J, Gunst M, et al: Effects of early use of external pelvic compression on transfusion requirements and mortality in pelvic fractures. *Am J Surg*, **194**: 720-723, 2007.
- 15) Giannoudis PV, Pape HC: Damage control orthopaedics in unstable pelvic ring injuries. *Injury*, **35**: 671-677, 2004.
- 16) Giannoudis PV, Smith RM, Bellamy MC, Morrison JF, Dickson RA, Guillou PJ: Stimulation of the inflammatory

- system by reamed and unreamed nailing of femoral fractures. An analysis of the second hit. *J Bone Joint Surg Br*, **81**: 356-361, 1999.
- 17) **Hamill J, Holden A, Paice R, Civil I**: Pelvic fracture pattern predicts pelvic arterial haemorrhage. *Aust N Z J Surg*, **70**: 338-343, 2000.
  - 18) **Harwood PJ, Giannoudis PV, van Griensven M, Krettek C, Pape HC**: Alterations in the systemic inflammatory response after early total care and damage control procedures for femoral shaft fracture in severely injured patients. *J Trauma*, **58**: 446-452, 2005.
  - 19) **Hildebrand F, Giannoudis P, van Griensven M, et al**: Secondary effects of femoral instrumentation on pulmonary physiology in a standardised sheep model: what is the effect of lung contusion and reaming? *Injury*, **36**: 544-555, 2005.
  - 20) **Hoch RC, Rodriguez R, Manning T, et al**: Effects of accidental trauma on cytokine and endotoxin production. *Crit Care Med*, **21**: 839-845, 1993.
  - 21) **Keel M, Trentz O**: Pathophysiology of polytrauma. *Injury*, **36**: 691-709, 2005.
  - 22) **Kim HS, Oh CW, Kim PT, et al**: Crescent fracture-dislocation of sacroiliac Joint: affecting factors of operative results. *J Korean Fract Soc*, **22**: 71-78, 2009.
  - 23) **Lindahl J, Hirvensalo E, Böstman O, Santavirta S**: Failure of reduction with an external fixator in the management of injuries of the pelvic ring. Long-term evaluation of 110 patients. *J Bone Joint Surg Br*, **81**: 955-962, 1999.
  - 24) **Maekawa K, Futami S, Nishida M, et al**: Effects of trauma and sepsis on soluble L-selectin and cell surface expression of L-selectin and CD11b. *J Trauma*, **44**: 460-468, 1998.
  - 25) **Pape HC, Giannoudis PV, Krettek C, Trentz O**: Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: role of conventional indicators in clinical decision making. *J Orthop Trauma*, **19**: 551-562, 2005.
  - 26) **Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, et al**: Changes in the management of femoral shaft fractures in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma*, **53**: 452-461, 2002.
  - 27) **Pape H, Stalp M, v Griensven M, Weinberg A, Dahlweit M, Tscherne H**: Optimal timing for secondary surgery in polytrauma patients: an evaluation of 4,314 serious-injury cases. *Chirurg*, **70**: 1287-1293, 1999.
  - 28) **Parameswaran AD, Roberts CS, Seligson D, Voor M**: Pin tract infection with contemporary external fixation: how much of a problem? *J Orthop Trauma*, **17**: 503-507, 2003.
  - 29) **Poelstra KA, Kahler DM**: Supra-acetabular placement of external fixator pins: a safe and expedient method of providing the injured pelvis with stability. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, **34**: 148-151, 2005.
  - 30) **Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al**: 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*, **35**: 375-382, 1993.
  - 31) **Simpson T, Krieg JC, Heuer F, Bottlang M**: Stabilization of pelvic ring disruptions with a circumferential sheet. *J Trauma*, **52**: 158-161, 2002.
  - 32) **Tscherne H, Pohlemann T, Gänsslen A, Hübner T, Pape HC**: Crush injuries of the pelvis. *Eur J Surg*, **166**: 276-282, 2000.
  - 33) **Tscherne H, Regel G, Pape HC, Pohlemann T, Krettek C**: Internal fixation of multiple fractures in patients with polytrauma. *Clin Orthop Relat Res*, **347**: 62-78, 1998.
  - 34) **Tucker MC, Nork SE, Simonian PT, Routt ML Jr**: Simple anterior pelvic external fixation. *J Trauma*, **49**: 989-994, 2000.
  - 35) **Tuttle MS, Smith WR, Williams AE, et al**: Safety and efficacy of damage control external fixation versus early definitive stabilization for femoral shaft fractures in the multiple-injured patient. *J Trauma*, **67**: 602-605, 2009.
  - 36) **van Os JP, Roumen RM, Schoots FJ, Heystraten FM, Goris RJ**: Is early osteosynthesis safe in multiple trauma patients with severe thoracic trauma and pulmonary contusion? *J Trauma*, **36**: 495-498, 1994.