

Einsatz des Fixateur externe bei Schwerverletzten

■ Hans-Jörg Oestern, Hans-Christoph Pape

Zusammenfassung

Der klinische Zustand eines Schwerverletzten wird durch 3 Faktoren bestimmt: 1. Den eigentlichen Unfallmechanismus, der zur Schwere der Verletzung führt (first hit), 2. die Behandlungsstrategie, welche als weiteres Trauma gewertet werden kann (second hit) und 3. die individuelle biologische Konstitution. Diese 3 Faktoren addieren sich und können die biologischen Reserven des Patienten aufbrauchen. Hinsichtlich der Ausbildung eines Multiorganversagens oder eines letalen Verlaufes werden der hämorrhagische Schock, kardiovaskuläre Parameter, metabolische Veränderungen und Hypothermie als wesentliche Faktoren neben den Körperhöhlenverletzungen als entscheidende Prädiktoren gewertet. Unter dem Aspekt Damage Control erfolgt die Versorgung des Patienten in Abhängigkeit von seinem Gesamtzustand. Unterschieden werden der stabile Patient, der Borderline-Patient, der instabile sowie der Patient in extremis. Bis auf die stabilen Patienten hat sich bei den übrigen Patientengruppen ein schrittweises Vorgehen im Hinblick auf die Versorgung der Extremitätenfrakturen bewährt. Dies beinhaltet die primäre Fixateur-externe-Behand-

lung der langen Röhrenknochen und sekundären Wechsel auf Platte oder Nagel.

Use of the External Fixateur in the Severely Injured

The clinical condition of severely injured patients depends on 3 factors: 1) the mechanism of injury, which leads to severity of injury (first hit), 2) the strategy of treatment which includes another trauma (second hit) and 3) the individual biological constitution. These 3 factors constitute and can consume the biological reserves of the patient. In regard to MOF or lethality the dominant factors are haemorrhagic shock, cardiovascular parameters, metabolic changes and hypothermia, besides thoracic, abdominal and soft-tissue injuries. Damage control orthopaedics means treatment according to the general condition of the patient. We distinguish the stable patient, borderline patient, the unstable patient and the patient in extremis. With the exception of the stable patient, a stepwise surgical approach in all other groups is recommended. This means primary external fixator stabilisation of all major fractures and secondary change to plate or nail fixation.

Einleitung

Während der letzten 2 Jahrzehnte wurden erhebliche Fortschritte in der präklinischen Therapie, im perioperativen Management, in der Intensivbehandlung und in der primären definitiven Stabilisierung von Frakturen langer Röhren-

knochen erreicht. Diese Vorteile haben zu verbesserten Überlebensraten und zu einer Reduzierung des akuten respiratorischen Distresssyndroms und des Multiorganversagens geführt [13]. Außerdem wird dadurch die Lagerung und Pflege des Patienten auf der Intensivstation erleichtert. Darüber hinaus existiert ein wachsendes Verständnis für das Phänomen, dass die primäre definitive Operation eine große physiologische Belastung für den schwerverletzten Patienten darstellt (second hit). Viele Emp-

fehlungen zur Versorgung von Polytraumapatienten basieren auf der Erfahrung des abdominalen penetrierenden Traumas. In der Behandlung dieser Patienten wurde der Begriff trias of death (Hypothermie, Koagulopathie und Azidose) geprägt als Hinweis auf ein schlechtes Outcome. Diese 3 Parameter sind bewährte Indikatoren in der Behandlung von Patienten mit schwerem Blutverlust wie z.B. bei penetrierenden Verletzungen oder Gefäßverletzungen. Bei diesen Patienten wird ein abgestuftes Versorgungskonzept – genannt Damage Control – empfohlen. Es ist erwiesen, dass die frühe Stabilisierung von Extremitätenfrakturen die Morbidität und Mortalität senkt. Die Stabilisierung der Fraktur reduziert die Inzidenz eines ARDS, einer Fettembolie und Pneumonie, eines MODS, einer Sepsis und thromboembolischer Komplikationen. Die Klassifizierung des Gesamtstatus der Patienten mit schwerem geschlossenen Trauma ist schwierig. Vor 30 Jahren galt der systolische Blutdruck als wesentliches Kriterium, aber auch heute fehlen noch harte Indikatoren für eine standardisierte Patientenbeurteilung, wenn auch Schock, Gerinnungsstörung und Hypothermie als negative Prädiktoren gelten [21] und die Indikation für eine primäre definitive Osteosynthese bestimmen [14].

Hämorrhagischer Schock

Die meisten Autoren stimmen darin überein, dass ein systolischer Blutdruck unter 90 mmHg am besten den hämorrhagischen Schock beschreibt. Die häufigst zitierte Korrelation war die zwischen Hypotonie (systolischer Druck unter 90 mmHg bei Aufnahme) und schlechter Prognose [10,22,24]. Zusätzlich fanden diese Autoren, dass die Dauer des Schocks wichtiger war als der initiale Blutdruckwert und ein kritisches Zeitintervall von 70 Minuten einen Grenzwert darstellt.

OP-JOURNAL 2008; 24: 18–22
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
DOI 10.1055/s-2008-1038428

Kardiovaskuläre Parameter

Die Kriterien von ATLS unterscheiden 4 unterschiedliche Stadien der Blutung. Zur Bestimmung des Blutverlustes parenchymatöser Organe wurde ein geschätzter Blutverlust von mehr als 2000 ml (Klasse 3 und 4) als Kriterium für eine kardiovaskuläre Instabilität gewertet. Um den Grad des Blutverlustes zu bestimmen, galt der Massentransfusionsbedarf (10 Einheiten pro 12 Stunden) als Hinweis für die einzuschlagende operative Strategie [13]. Sawaia et al. [18] werteten einen Mehrbedarf von 6 Konserven als prädiktiven Parameter auf ein mögliches Organversagen und Letalität. Eine Urinproduktion unter 25 ml pro halbe Stunde im Schockraum gilt als Hinweis für eine rasch einzuschlagende Volumentherapie.

Metabolische Veränderungen

Metabolische schockbedingte Veränderungen gelten ebenfalls als sensitive Therapiehinweise. Diese Parameter gehen einher mit einem raschen Blutverlust. Laktatwerte über 2,5 mmol/l und ein Base-excess über 8 mmol/l gelten als wichtige Grenzwerte bei Patienten mit einem stumpfen Trauma. Eine Azidose unter 7,2 bei Aufnahme gilt als prädiktiver Parameter hinsichtlich des Outcomes [1]. Der Base-excess ist ein weiterer Marker für eine gestörte Gewebepfusion. Ein Grenzwert von über 6 mval [2,16,17] wurde als Hinweis auf eine erhöhte Letalität beschrieben. Darüber hinaus konnten einige Studien belegen, dass die Zeit bis zur Normalisierung des Base-excess wichtiger ist als der absolute Aufnahmewert und als Marker für die Reaktion des Patienten auf die eingeschlagene Therapie gilt.

Transfusionsbedarf

Der Transfusionsbedarf wurde auch als ein möglicher prädiktiver Wert im Hinblick auf das Outcome gewertet. Verschiedene Studien untersuchten Patienten mit mehr als 20 Bluttransfusionen [26] und fanden eine deutlich erhöhte Mortalität. In anderen Untersuchungen wurde ein deutlicher Anstieg der Mortalität erst bei einem Transfusionsbedarf von mehr als 40 Konserven [3] beobachtet.

Zusammengefasst sollte die Diagnose eines Volumendefizits auf verschiedenen Parametern beruhen, insbesondere auf dem systolischen Druck, dem Transfusionsbedarf und der Urinausscheidung.

Gerinnungsstörungen

Die Veränderungen der Hämostase treten innerhalb von Minuten nach einem schweren Trauma ein. Sequenzielle Untersuchungen haben gezeigt, dass die Thrombozytenzahl ein stabiler und verwertbarer Parameter ist, um den Thrombozytenverbrauch zu messen. Eine verminderte Thrombozytenzahl am 1. Tag nach Trauma unter 80 000 [12,20] war mit einer erhöhten Inzidenz von Multiorganversagen und gesteigerter Letalität verbunden, genauso wie mit einer verminderten Thrombozytenfunktion [6]. Veränderte Werte der partiellen Thromboplastinzeit (PTT) und der Prothrombinzeit (PT) wurden ebenfalls als Prädiktoren gewertet, wenn ihre Werte (PT über 15 oder PTT über 50 [14] und PT über 19 oder eine PTT über 60 [5,23]) betragen. Insgesamt ist der beste Screening-Marker für eine Koagulopathie die Thrombozytenzahl bei oder kurz nach Aufnahme.

Hypothermie

Es gibt viele Ursachen für eine Hypothermie beim Polytrauma: Blutverlust, Auskühlung an der Unfallstelle, verlängerte Rettungszeiten und metabolische Veränderungen. Die Wärmeproduktion zur Aufrechterhaltung einer normalen Körpertemperatur bei Kälte verstärkt den Sauerstoffbedarf. Wenn der Gewebssauerstoffverbrauch als Ergebnis des hämorrhagischen Schocks eingeschränkt ist, kann die Wärmeproduktion nicht mehr entsprechend aufrechterhalten werden. Dies führt zu einer Hypothermie, die ebenso wie anästhesiologische Medikamente die Wärmeproduktion bis zu einem Drittel verringert [9]. Eine unzureichende Schockbehandlung und verminderte Sauerstoffzufuhr führen ebenfalls zu einem metabolischen Versagen und Lactatanstieg. Eine hypotherme Koagulopathie bildet sich signifikant häufiger, wenn die Körperkerntemperatur unter 34°C liegt [8]. Die Wiedererwärmungszeit ist ein weiterer wichtiger Wert für die Letalität, die bei 100% lag, wenn keine Wiedererwärmung der Patienten eintrat [4].

Weichteilverletzungen – Extremitäten, Stamm- und Lungenkontusion

Es besteht allgemeiner Konsens, dass schwere Bauchverletzungen und andere Stammverletzungen verstärkt Schockzustände implizieren. Auf der Grundlage vieler Publikationen zeigt sich, dass das schwere Weichteiltrauma und das Thoraxtrauma wichtige Zusatzverletzungen sind, die das therapeutische Vorgehen bestimmen. Die Lunge ist ein Organ mit immunologischen Eigenschaften. Nur wenige Studien belegen, dass Schwerverletzte mit thorakalen Zusatzverletzungen eine signifikant höhere Inzidenz posttraumatischer Organversagenszustände haben als Polytraumapatienten mit gleicher Verletzungsschwere aber ohne Thoraxtrauma [25]. Diese Autoren betrachten das Thoraxtrauma als einen Wegbereiter für andere Komplikationen wie z.B. multiples Organversagen [25]. Die meisten klinischen Studien untersuchen das Thoraxtrauma im Hinblick auf die Lungenfunktion. Es ist offensichtlich, dass ein direktes oder indirektes Lungentrauma negative Effekte auf die pulmonale Funktion hat. In einer Untersuchung von 203 Patienten mit einer Lungenkontusion wurde eine Gesamtmortalität von 20% beobachtet und die Anwesenheit von Zusatzverletzungen war verknüpft mit einem erheblichen Anstieg der Mortalität [7,20].

Damage Control Orthopaedics

Eine primäre, definitive operative Versorgung aller Verletzungen bei einem Patienten in kritischem Allgemeinzustand kann zu postoperativen Komplikationen führen. In diesem Kontext ist das Prinzip der Damage Control Orthopaedics (DCO) entwickelt worden. Die Vorstellung der DCO beruht auf der Annahme, dass der klinische Zustand eines Schwerverletzten durch 3 Faktoren bestimmt wird:

1. Den eigentlichen Unfallmechanismus, der zur Schwere der Verletzung führt (first hit)
2. Die Behandlungsstrategie, welche als weiteres Trauma gewertet werden kann (second hit)
3. Die individuelle biologische Konstitution

Die 3 Faktoren – first hit, second hit und individuelle Konstitution – addieren sich und können die biologischen Reserven des Patienten aufbrauchen und in einem unerwartet schlechten Verlauf enden.

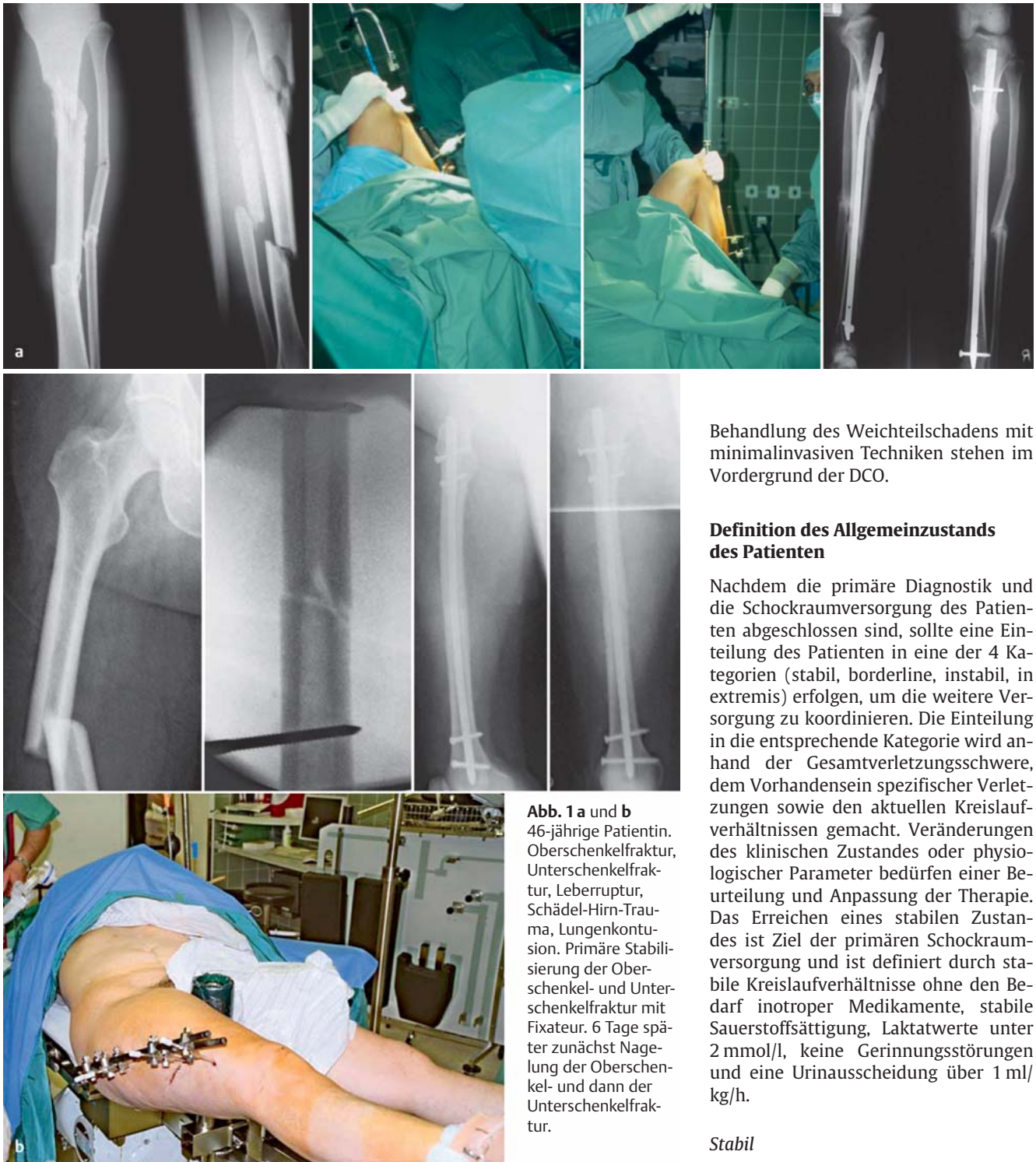


Abb. 1 a und b
46-jährige Patientin. Oberschenkelfraktur, Unterschenkelfraktur, Leberruptur, Schädel-Hirn-Trauma, Lungenkontusion. Primäre Stabilisierung der Oberschenkel- und Unterschenkelfraktur mit Fixateur. 6 Tage später zunächst Nagelung der Oberschenkel- und dann der Unterschenkelfraktur.

Selbst wenn das initiale Trauma nicht äußerst schwerwiegend ist, kann sich durch den Einfluss des second hit der Zustand des Patienten so weit verschlechtern, dass hieraus letztlich eine erhöhte Morbidität und Mortalität resultiert. Durch die Art der Primärbehandlung kann der Chirurg Einfluss auf das Ausmaß des second hit nehmen.

Dieser ist von etlichen Faktoren wie langer Operationszeit, Blutverlust, Bakteriämie und infektiösen Komplikationen abhängig. Das verletzungsadaptierte Vorgehen basiert auf dem Konzept, die Auswirkungen des chirurgischen Eingriffs und damit den second hit möglichst gering zu halten. Die Kontrolle von Blutungen, die Frakturstabilisierung und

Behandlung des Weichteilschadens mit minimalinvasiven Techniken stehen im Vordergrund der DCO.

Definition des Allgemeinzustands des Patienten

Nachdem die primäre Diagnostik und die Schockraumversorgung des Patienten abgeschlossen sind, sollte eine Einteilung des Patienten in eine der 4 Kategorien (stabil, borderline, instabil, in extremis) erfolgen, um die weitere Versorgung zu koordinieren. Die Einteilung in die entsprechende Kategorie wird anhand der Gesamtverletzungsschwere, dem Vorhandensein spezifischer Verletzungen sowie den aktuellen Kreislaufverhältnissen gemacht. Veränderungen des klinischen Zustandes oder physiologischer Parameter bedürfen einer Beurteilung und Anpassung der Therapie. Das Erreichen eines stabilen Zustandes ist Ziel der primären Schockraumversorgung und ist definiert durch stabile Kreislaufverhältnisse ohne den Bedarf inotroper Medikamente, stabile Sauerstoffsättigung, Laktatwerte unter 2 mmol/l, keine Gerinnungsstörungen und eine Urinausscheidung über 1 ml/kg/h.

Stabil

Patienten, die der Kategorie stabil zugeordnet werden, haben keine lebensbedrohlichen Verletzungen, sprechen auf die initiale Therapie an und sind hämodynamisch ohne den Bedarf von inotropen Medikamenten stabil. Diese Patienten zeigen keine Anzeichen einer Gerinnungsstörung oder Störung des Säure-Basen-Haushaltes. Eine respiratorische Beeinträchtigung oder eine Hypothermie liegen nicht vor. Diese Patienten ha-

ben die physiologischen Reserven, einer längeren Operationsdauer zu widerstehen und können einer primären definitiven Versorgung (early total care etc.) zugeführt werden.

Borderline

Borderline-Patienten sind nach der initialen Behandlung stabilisiert, jedoch besteht die Gefahr einer schnellen Verschlechterung des klinischen Zustands. Diese Patienten zeigen einen der folgenden klinischen Parameter oder Verletzungen, die mit einer schlechten Prognose assoziiert sind:

- ISS über 40, Hypothermie unter 35°, initialer pulmonal-arterieller Mitteldruck über 24 mmHg oder ein Anstieg über 6 mmHg des pulmonal-arteriellen Mitteldrucks während der operativen Versorgung (**Abb. 1**)
- Multiple Verletzungen, ISS über 20 in Kombination mit einem Thoraxtrauma, AIS über 2
- Multiple Verletzungen in Kombination mit schweren Bauch- und Beckenverletzungen und ein hämorrhagischer Schock bei Einlieferung (systemischer Blutdruck unter 90 mmHg)
- Radiologische Anzeichen einer Lungenkontusion
- Patient mit bilateraler Femurfraktur
- Patient mit moderaten und schweren Kopfverletzungen, AIS 3 oder höher.

Eine primär definitive Versorgung dieser Patienten kann unter großer Vorsicht begonnen werden, jedoch muss die operative Versorgung eine schnelle Änderung der operativen Strategie hin zum DCO zulassen, wenn sich der Patient intraoperativ verschlechtert.

Instabil

Patienten, die trotz Ausschöpfung aller Primärmaßnahmen hämodynamisch instabil bleiben, unterliegen einem großen Risiko der schnellen Verschlechterung bis hin zum Multiorganversagen und Tod. Die Versorgung dieser Patienten sollte den Leitlinien der DCO folgen. Dies beinhaltet die schnelle Durchführung lebensrettender Operationen und die anschließende Verlegung auf die Intensivstation zum Monitoring und zur Stabilisierung. Die Fixierung der Frakturen sollte durch Fixateur externe erfolgen (**Abb. 2**). Komplexe, rekonstruktive Operationen sollten bis zur Stabilisierung des Patienten und bis zum Abklingen der systemischen Inflammation verschoben werden. Die In-



Abb. 2 a und b 31-jähriger Motorradfahrer. Proximale Oberschenkelfraktur links, distale Oberschenkelfraktur rechts, Milzruptur, Leberverletzung, Lungenkontusionen beidseits, schweres Schädel-Hirn-Trauma. Primäre Laparotomie, Beatmung, Anlage eines gelenkübergreifenden Fixateurs rechtsseitig, Fixateur proximaler Oberschenkel linksseitig. Nach 5 Tagen umsteigen auf proximalen Femurnagel links, nach 7 Tagen Anlage einer LISS linksseitig.

tention dieses Vorgehens liegt in der Verschiebung des second hit auf einen Zeitpunkt, zu dem der Patient sich vom first hit erholt hat.

In extremis

Diese Patienten haben schwerste Verletzungen erlitten und schweben in absoluter Lebensgefahr. Häufig bestehen unkontrollierte Blutungen mit hämodynamischer Instabilität. Die Patienten erliegen oft der tödlichen Trias von Hypothermie, Azidose und Blutungsschock. Die Fixierung der Frakturen mittels Fixateur externe kann bei Bedarf im Schockraum oder auf der Intensivstation vorgenommen werden. Eine schnellstmögliche intensivmedizinische Überwachung ist anzustreben.

Zeitpunkt der definitiven operativen Versorgung

Ein Verfahrenswechsel zu einem biomechanisch besseren Implantat sollte

so früh wie möglich erfolgen, jedoch ohne den schwer verletzten Patienten zu gefährden. Der Allgemeinzustand des Patienten muss hierbei ein Entscheidungskriterium sein. Stabile kardio-pulmonale Verhältnisse, ein intaktes Gerinnungssystem sowie fehlende Anzeichen eines Multiorganversagens bilden die Voraussetzungen für einen geplanten Verfahrenswechsel (**Tab. 1**). Des Weiteren sollten die Weichteilverhältnisse eine operative Versorgung erlauben.

Für die Risikoabschätzung einer operativen Versorgung gewinnt daneben die Bestimmung von proinflammatorischen Parametern im Serum an Bedeutung. Hierbei scheint IL-6 besonders spezifisch für Schwerverletzte zu sein. Ein Anstieg der IL-6-Konzentration über mehr als 5 Tage wurde nur bei Patienten mit hohen ISS-Werten gefunden. Es konnte gezeigt werden, dass die IL-6-Konzentration neben der Schwere der Verletzung direkt mit dem operativen Vorgehen korreliert [14,15]. Tumor-Nekrose-Fak-

Tab. 1 Indikatoren für ein erhöhtes Risiko der Entwicklung eines Multiorganversagens

Parameter	Grenzwerte
Thrombozyten	unter 90 000
Urinausscheidung	unter 50 ml/h
Laktatspiegel	über 2,5 mmol/l
Base-excess	über 8 mmol/l
Körpertemperatur	unter 33°
Transfusion	über 3 Konserven/h
PaO ₂ /FiO ₂	unter 250
Alter	über 55

tor (TNF)- α und Interleukin zeigen hingegen eine größere Empfindlichkeit bei Patienten mit hämorrhagischem Schock und der möglichen Entwicklung eines ARDS und Multiorganversagens. In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass die Tage 2–4 nach Trauma keine optimalen Bedingungen für einen Sekundäreingriff bieten. Der polytraumatisierte Patient ist zu diesem Zeitpunkt meist noch hämodynamisch instabil und es bestehen weiterhin generalisierte Weichteilödeme. Die Lungenfunktion ist infolge der Permeabilitätsstörung der alveolären Membran beeinträchtigt. Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma können bis zum 5. Tag nach Trauma noch ansteigende intrakranielle Drücke zeigen, die auf einer fortbestehenden Permeabilitätsstörung der Blut-Hirn-Schranke beruhen. Des Weiteren lassen sich innerhalb dieses Zeitraumes ausgeprägte immunologische Vorgänge erkennen. Operationen am 2.–4. Tag nach Trauma sind mit signifikant höheren Zytokinfreisetzung vergesellschaftet als Operationen am 6.–8. Tag. Hieraus wurde geschlossen, dass zu verschiedenen posttraumatischen Zeitpunkten unterschiedliche inflammatorische Reaktionen auf vergleichbare Stimuli ausgelöst werden. Da eine vermehrte Zytokinfreisetzung mit einer erhöhten Inzidenz eines ARDS und Multiorganversagen korreliert, kommt dem Zeitpunkt der sekundär definitiven operativen Versorgung unter der Annahme, dass sich die inflammatorische Antwort von first hit und second hit addiert, eine besondere Bedeutung zu. Zwischen dem 5. und 10. Tag nach Trauma folgt auf die Phase der immunologischen Hyperinflammation eine ungefähr 2-wöchige Phase der Immunsuppression, die zur definitiven operativen Versorgung genutzt werden kann. Der Nutzen dieser Behandlungs-

strategie beim unfallchirurgischen Patienten wurde in mehreren klinischen Studien beschrieben. Nowotarski et al. [11] und Scalea et al. [19] berichteten über hervorragende Ergebnisse bei der Versorgung schwerverletzter Patienten mit hohem Risiko für Organversagen, bei denen konsequent die verletzungsadaptierte Behandlungsstrategie durchgeführt wurde.

Somit stellt der Fixateur externe eine Stabilisierungsform beim Schwerverletzten dar, die wesentlich zu den verbesserten Ergebnissen in der Behandlung Polytraumatisierter beigetragen hat.

Literatur

- Asensio JA, McDuffie L, Petrone P et al. Reliable variables in the exsanguinated patient which indicate damage control and predict outcome. *Am J Surg* 2001; 182: 743–751
- Bone L, Johnson KD, Gruen GS et al. The acute management of hemodynamically unstable patients with pelvic ring fractures. *J Trauma* 1994; 36: 706–713
- Burri C, Henkemeyer H, Pässler HH et al. Evaluation of acute blood loss by means of simple hemodynamic parameters. *Progr Surg* 1973; 11: 109–127
- Gentilello LM, Jurkovich GJ, Stark MS et al. Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful? A randomised prospective study. *Ann Surg* 1997; 226: 439–447
- Giannoudis PV, Smith RM, Bellamy MC et al. Stimulation of the inflammatory system by reamed and undreamed nailing of femoral fractures. *JBJS-B* 1999; 81: 356–361
- Jacoby RC, Owings JT, Holmes J et al. Platelet activation and function after trauma. *J Trauma* 2001; 51: 639–647
- Johnson JA, Cogbill TH, Wingo ER. Determinants of outcome after pulmonary contusion. *J Trauma* 1986; 26: 695
- McInerney JJ, Breakell A, Madira W et al. Accidental hypothermia: the metabolic and inflammatory changes observed above and below 32 °C. *Emerg Med J* 2002; 19: 219–223
- Meyer DM, Horton JA. Effect of different degrees of hypothermia on myocardium in treatment of hemorrhagic shock. *J Surg Res* 1990; 48: 61–67
- Nast-Kolb D, Waydhas C, Gippner-Steppert C et al. Indicators of the posttraumatic inflammatory response correlate with organ failure in patients with multiple injuries. *J Trauma* 1997; 42: 446–456
- Nowotarski PJ, Turen CH, Brunback RJ et al. Conversion of external fixation to intramedullary nailing for fractures of the shaft of the femur in multiply injured patients. *J Bone Joint Surg [Am]* 2000; 82: 781–788
- Nuytink KH, Goris JA, Redl H et al. Posttraumatic complications and inflammatory mediators. *Arch Surg* 1986; 121: 886–890
- Oestern HJ. *Das Polytrauma. Präklinisches und klinisches Management*. München, Jena: Elsevier Urban & Fischer, 2008
- Pape H-C, Giannoudis P, Krettek C. The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopaedic surgery. *Am J Surg* 2002; 183: 622–629

- Pape H-C, Giannoudis P, Krettek C, Trentz O. Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma. *J Orthop Trauma* 2005; 8: 551–562
- Regel G, Lobenhoffer P, Grotz M et al. Treatment results of patients with multiple trauma: an analysis of 3406 cases treated between 1972 and 1991 in a German level 1 trauma center. *J Trauma* 1995; 38: 70–78
- Rixen D, Siegel JH. Metabolic correlates of oxygen debt predict posttrauma early acute respiratory distress syndrome and the related cytokine response. *J Trauma* 2000; 49: 392–403
- Sauaia A, Moore FA, Moore EE et al. Early predictors of postinjury MOF. *Arch Surg* 1994; 129: 39–45
- Scalea TM, Boswell SA, Scott JD et al. External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patients with multiple injuries and with femur fractures: damage control orthopedics. *J Trauma* 2000; 48: 613–621
- Stellin G. Survival in trauma victims with pulmonary contusion. *Am Surg* 1991; 67: 780
- Sturm JA, Wisner DH, Oestern HJ et al. Increased lung capillary permeability after trauma: a prospective clinical study. *J Trauma* 1986; 26: 409–418
- Tyburnski JG, Collinge JD, Wilson RF et al. End-tidal CO₂-derived values during emergency trauma surgery correlated with outcome: a prospective study. *J Trauma* 2002; 53: 738–743
- Varani J, Ward RA. Mechanisms of endothelial cell injury in acute inflammation. *Shock* 1994; 2: 311–319
- Velmahos GC, Chan L, Chan M et al. Is there a limit to massive blood transfusion after severe trauma? *Arch Surg* 1998; 133: 947–952
- Waydhas C, Nast-Kolb D, Trupka A et al. Die Bedeutung des traumatisch-hämorrhagischen Schocks und der Thoraxverletzung für die Prognose nach Polytrauma. *Hefte Unfallheilkd* 1990; 212: 104–105
- Wudel JH, Morris Jr JA, Yates K et al. Massive transfusion: outcome in blunt trauma patients. *J Trauma* 1991; 31: 1–7

Prof. Dr. med. Hans-Jörg Oestern
Direktor der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Allgemeines Krankenhaus
Siemensplatz 4
29223 Celle

Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape
Chief

Department of Traumatology
University of Pittsburgh
Kaufmann Medical Building
3471 Fith Avenue, Suite 1010
Pittsburgh, PA 15213
USA