3 Schockraummanagement

T. Q. V. Phan, G. Spilker

3.1 Einleitung

Definition

Das Schockraummanagement ist charakterisiert durch ein standardisiertes, rasches und effektives Vorgehen bei der klinischen Erstversorgung eines Schwer(-brand)verletzten. Das optimale Management im Schockraum erfordert eine reibungslose interdisziplinäre Zusammenarbeit, um dem Patienten schnellstmöglich die notwendigen therapeutischen Maßnahmen zukommen zu lassen. In diesem Rahmen sind die Beachtung der Aufnahme-Checkliste, des Schockraumprotokolls und der Handlungsalgorithmen unerlässlich. Das erfolgreiche Schockraummanagement legt den Grundstein für eine erfolgreiche Therapie des Verbrennungsverletzten.

In der Regel wird über die Leitstelle die Aufnahme eines Schwerbrandverletzten angekündigt. Alle verfügbaren Informationen über den Verletzten, Unfallhergang, Patientenzustand, bisherige Therapie und Informationen zum Transport sind zu erfragen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass die primären Informationen häufig unvollständig sind.

Soweit möglich gilt es, die in Tab. 3.**1** aufgeführte Checkliste abzuarbeiten.

Die verbrannte Körperoberfläche (VKOF) wird in der Regel zu hoch geschätzt. Auch die Verbrennungstiefe wird meist überschätzt. Dies führt nicht selten dazu, dass auch Brandverletzte mit nur geringgradigen Verbrennungen in ein spezialisiertes Zentrum eingeliefert werden.

Tabelle 3.**1** Aufnahme-Checkliste.

Aufnahme-Checkliste		
☑ Patientendaten	☑ Vigilanzstatus	☑ Urinmenge
☑ Größe bzw. Gewicht	☑ Beatmungsparameter	☑ Zugänge und Katheter
☑ Unfallzeitpunkt	☑ Aufnahmetemperatur	☑ Kaltwassertherapie
☑ Unfallhergang	☑ Transportdauer	☑ Art und Menge der Flüssigkeit
☑ Angehörige	☑ Vitalparameter	☑ Impfstatus (Tetanus)
☑ Inhalationstrauma	☑ medikamentöse Therapie	

Die Beachtung und Therapie von Begleiterkrankungen tragen dazu bei, Komplikationen zu vermeiden. Beispielsweise wirkt sich ein ungenügend eingestellter Diabetes mellitus negativ auf die Wundheilung aus und korreliert mit einer höheren Mortalität bei Intensivpatienten (Finney et al. 2003, Rady et al. 2005). Eine bekannte Herzinsuffizienz muss für eine differenzierte Flüssigkeitstherapie sensibilisieren, um Komplikationen wie ein Lungenödem oder Beatmungsschwierigkeiten zu verhindern.

Merke

Die Beachtung und Therapie der Begleiterkrankungen ist unerlässlich, um die Inzidenz von Komplikationen zu reduzieren.

Hinweis für die Praxis

Bei Unfällen in geschlossenen Räumen und Explosionen mit Exposition gegenüber Gasen ist von einem Inhalationstrauma auszugehen. Verbrennungsverletzungen im Rahmen eines Verkehrsunfalls, in Verbindung mit einem Sturz aus großer Höhe oder Verbrennungsverletzungen im Zusammenhang mit Starkstrom müssen für die Annahme weiterer Verletzungen sensibilisieren. Nicht selten ist eine Starkstromverletzung zudem mit einem nachfolgenden Sturz aus großer Höhe verbunden.

3.2 Klinische Phase

Die Aufnahme des Brandverletzten findet in einem beheizten Raum (35–40 °C) statt, da die Auskühlung eines Brandverletzten am Unfallort und beim Transport oft beträchtlich ist. Ein Plastischer Chirurg, eine Fachschwester/-pfleger, ein Anästhesist und eine Anästhesieschwester/-pfleger bilden das „Schockraumteam“ (Abb. 3.**1**). Die Aufnahme erfolgt standardisiert, schnell und umfassend, die Aufgaben sind genau definiert. Ein entsprechendes Schockraumprotokoll sollte klinikintern festgeschrieben werden.

Bei Aufnahme werden vom Notarzt alle verfügbaren Informationen wie beispielsweise Beginn einer Kaltwasserbehandlung, Dauer, Wirksamkeit bzw. Nebenwirkungen etc. erfragt.

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Abb. 3.**1** Interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Aufnahme eines Schwerstbrandverletzten.

Merke

Eine Kaltwasserbehandlung ist nur effektiv, wenn sie frühzeitig begonnen wird (Geistler et al. 1987, Giessler et al. 2004). Eine zu lang dauernde Kaltwasserbehandlung kann jedoch zu einer Hypothermie der Patienten führen.

In der Regel wurde bereits am Unfallort mit einer Flüssigkeitstherapie mit isotonen Lösungen begonnen. Der Beginn und die zum Aufnahmezeitpunkt applizierte Menge sind zu erfassen, um die benötigte Flüssigkeitsmenge berechnen und die Therapie korrekt fortführen zu können. Die Patienten sind in der Regel mit großlumigen peripheren Zugängen vom Notarzt versorgt, die primär weiter verwendet werden.

Merke

Bei Verdacht auf weitere lebensbedrohliche Verletzungen müssen akute intraabdominelle Verletzungen wie eine Milzruptur, Frakturen der Wirbelsäule, insbesondere des Dens axis, intrakranielle Blutungen oder ein lebensbedrohliches Hirnödem sofort durch ein Ganzkörper-CT-Scan ausgeschlossen werden. Die kausale Therapie ist unmittelbar anzustreben. Die Verbrennung ist in diesen Fällen zweitrangig.

Schockraumprotokoll

Das weitere Vorgehen sollte einem Schockraumprotokoll folgen:

1. Intubation; bei Verdacht auf ein Inhalationstrauma mit Bronchoskopie und Fotodokumentation sowie Entnahme von Sekreten/PE
2. Monitoring (mittlerer arterieller Blutdruck, Pulsoxymetrie, Kapnometrie, Temperatur und EKG)
3. vollständige Entkleidung des Patienten und Überprüfen der Zugänge
4. erneute umfassende körperliche Untersuchung
5. bei Kreislaufinstabilität oder der Unmöglichkeit einer nichtinvasiven Blutdruckmessung: Anlage eines arteriellen Druckaufnahmekatheters durch ein unverletztes Areal, ggf. mittels Spezialkatheter für invasives Kreislaufmonitoring (Swan-Ganz-Rechtsherzkatheter, PiCCO- oder COLD-System)
6. Anlage eines mehrlumigen zentralvenösen Katheters durch ein unverletztes Areal unter streng sterilen Kautelen, Messung des zentralen Venendrucks sowie der zentralvenösen Sättigung
7. Bestimmung des Ausgangsgewichts (Wiegen)
8. Blutentnahme für die Laboruntersuchung:
   - Blutgase mit Kohlenmonoxid-Hämoglobin
   - großes Blutbild
   - Gerinnungsprofil (Quick, aktivierte partielle Thromboplastin-Zeit [APTT], Fibrinogen, Antithrombin III etc.)
   - Elektrolyte
   - Leberprofil (Glutamat-Oxalat-Transaminase [GOT], Glutamat-Pyruvat-Transaminase [GPT], Gamma-

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Glutamyl-Transpeptidase [γ-GT], alkalische Phosphatase, Cholinesterase, Bilirubin etc.)
- Kreatinin, Harnstoff, Gesamtprotein, Albumin
- Schilddrüsenprofil
- Hepatitis-Serologie
- ggf. Alkohol- und Drogenscreening
- Blutgruppe, Kreuzblut
- bei Stromverletzungen zusätzlich: Troponin, CK, CK-Isoenzym MB

9. Abstrichentnahme von allen Wundarealen, Mund, Nase, Leiste, insbesondere bei länger zurückliegendem Trauma und Zuverlegung aus einem anderen Krankenhaus
10. Rasur im Bereich der verbrannten Areale, bei Verbrennungen im Gesicht auch des Haupthaars
11. vollständiges Abwaschen des Patienten mit warmer desinfizierender Lösung (Prontosan, Hibicet 3,5% o.ä.]); fest haftende Partikel (z.B. Fett, Teer) vorsichtig entfernen, nicht mit Lösungsmitteln ablösen; bei Verätzungen ausreichende Spülung mit warmem Wasser (außer Kontraindikation) eventuell vorziehen, um Fortschreiten der Reaktion zu verhindern
12. exakte Bestimmung des Verbrennungsausmaßes, der Lokalisation und -tiefe, Dokumentation sowohl in Zeichnung als auch Fotodokumentation
13. Adaptation der Flüssigkeitstherapie nach klinischem Befund, Verbrennungsausmaß und Aufnahmegewicht mit Ringerlaktat
14. bei einer verbrannten Körperoberfläche >15%, Bewusstlosigkeit oder zu erwartender Langzeit-Intensivtherapie: Anlage eines suprapubischen Blasenkatheters, ansonsten ggf. transurethraler Katheter zur exakten Bilanzierung
15. Urinstatus
16. ggf. Tetanussimultan/-auffrischimpfung
17. ggf. Legen einer Magensonde oder Jejunalsonde zur frühen enteralen Ernährung
18. Elektrokardiografie (EKG)
19. Escharotomie, Fasziotomie
20. Röntgenbild des Thorax: Zeichen für Inhalationstrauma, Lagekontrolle von Trachealtubus, zentralvenösem Katheter und Magensonde
21. Durchführung von spezifischen Röntgenaufnahmen bei Verdacht auf knöcherne Begleitverletzungen
22. Verbinden aller Areale mit Flammazine, vierlagiger Fettgaze, synthetischer Watte, halbelastischen Binden (nicht zirkulär!), ggf. Thoraxverband. Ausnahme: bei akuten Epidermolysen Verband ausschließlich mit hochgereinigter Vaseline und Vaseline-Gaze ohne Zusatzstoffe
23. Lagerung im Verbrennungsbett (mehrlagige Schaumstoffmatratze) oder bei respiratorischer Problematik im Spezialbett mit automatischer Lagerungstherapie zur Verbesserung der Ventilation und externe Aufwärmung, z.B. durch Warmluftdecken

Monitoring

Das Ausmaß des Monitorings bei Verbrennungspatienten ist abhängig vom Schweregrad der Verbrennung. Die Überwachung von nicht beatmeten Patienten mit einer Verbrennung von weniger als 30% KOF beschränkt sich auf eine nichtinvasive Blutdruckmessung, Pulsfrequenzmessung, Pulsoxymetrie sowie die stündliche Kontrolle der Urinausscheidung. Ausnahmen bilden Patienten mit zusätzlichen Verletzungen und schwerwiegenden Begleiterkrankungen.

Zum Standard beim Schwerbrandverletzten gehören zusätzlich eine invasive arterielle Blutdruckmessung, eine ZVD-Messung und ein Urindauerkatheter. Bei Bedarf, z.B. bei erheblichen Volumenschwankungen, wird ein erweitertes hämodynamisches Monitoring installiert.

Bei instabiler Hämodynamik, schwerem Verbrennungstrauma mit einem ABSI-(Abbreviated Burn Severity Index-)Score ≥7, einer VKOF ≥30% und kardial geschädigten Patienten ist ein hämodynamisches Monitoring mit Swan-Ganz-Katheter oder transkardiopulmonalen Indikatordilutions-Methoden (COLD, PiCCO-System) indiziert (Holm et al. 2001, Kuentscher et al. 2004).

Hinweis für die Praxis

Bei Inhalationstraumata, kardiopulmonalen Erkrankungen sowie einer verbrannten Körperoberfläche von ≥30% sollte ein erweitertes hämodynamisches Monitoring zum Standard der Intensivtherapie eines Schwerbrandverletzten zählen.

Ein wesentliches Ziel in der Behandlung kritisch kranker Patienten stellt die Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der Organdurchblutung und -funktion dar. Der *Optimierung des Volumenstatus* kommt eine besondere klinische Bedeutung zu. Eine adäquate kardiale Vorlast ist notwendig für ein ausreichendes Herzzeitvolumen und stellt eine wesentliche Determinante für ein angemessenes globales Sauerstoffangebot dar (Bone et al. 1992). Die Volumentherapie bei kritisch kranken Patienten birgt jedoch das Risiko der Entwicklung eines Lungenödems, insbesondere im Rahmen einer Sepsis mit einem „capillary leakage syndrome" (Hill et al. 1980). Somit wird die Steuerung der Volumentherapie oft zum Balanceakt zwischen der Aufrechterhaltung eines ausreichenden intravasalen Volumens mit adäquater kardialer Vorlast und der Vermeidung eines Lungenödems.

Merke

Es wird angestrebt, innerhalb der ersten Stunden nach dem Trauma eine hyperdyname, supranormale Kreislaufsituation mit hohem Herzindex (4,5–5,5 l/min × m^2), hohem Sauerstoffangebot (DO_2 >600 ml/min/m^2) und niedrigem Gefäßwiderstand (900–1100 dyn × s × m^2/cm^2) zu erreichen (Holm et al. 2001, Kuentscher et al. 2002, Czermak et al. 2004).

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Liegen folgende Parameter vor, kann man von einer ausreichenden Organperfusion ausgehen:

- Cardiac Index 4–4,5 l/min/m
- Sauerstoffverbrauch von 200 ml/min/m^2
- Basendefizit < 3; keine Laktatazidose
- Urinausscheidung > 0,5–1,0 ml /kg KG/h
- Herzfrequenz < 120/min
- MAD > 80 mmHg

Die Indikation zum Einsatz von *Katecholaminen* wird in der Initialphase eher streng gestellt. In den ersten 24 Stunden wird die Gabe von Sympathomimetika wie Adrenalin und Noradrenalin vermieden, da diese durch eine Vasokonstriktion in der Niere und im Randgebiet der noch intakten kapillären Endstrombahnen eine Organdysfunktion, Minderdurchblutung oder ein „Abtiefen" der Verbrennung hervorrufen können. Ist die Hämodynamik trotz ausreichender Flüssigkeitszufuhr instabil, ist die Gabe von Katecholaminen indiziert. Geeigneter sind Katecholamine, die selektiv auf Betarezeptoren wirken und somit bei suffizienter intravasaler Volumensituation die Auswurfleistung erhöhen können, ohne die Mikroperfusion negativ zu beeinflussen (Knabl et al. 1999; Murphy et al. 2003).

Merke

Der Einsatz von Katecholaminen ist nur bei instabiler Hämodynamik trotz ausreichender Flüssigkeitssubstitution gerechtfertigt.

Die *Urinausscheidung* sollte die Grenze von 0,5 ml/kg KG pro Stunde nicht unterschreiten. Dies ist lediglich ein Richtwert, da das Urinzeitvolumen nur im Zusammenhang mit weiteren hämodynamischen Parametern wie ZVD oder PCWP als Kriterium zur Beurteilung des intravasalen und intrathorakalen Volumens bedingt verwendet werden kann. Andere Arbeiten zeigen, dass unter optimimierter Hämodynamik zur Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der Organdurchblutung und -funktion, wobei das intrathorakale Blutvolumen (ITBV) entscheidend ist, das Urinzeitvolumen diesen Richtwert um das Doppelte übersteigen kann (Schiller et al. 1997).

Cave!

Eine Oligo- oder Anurie in den ersten 24 Stunden weist in den meisten Fällen auf eine zu geringe Flüssigkeitssubstitution hin.

Hinweis für die Praxis

Ein Hämoglobin-Wert von ca. 10 g/dl wird angestrebt, so dass erfahrungsgemäß bei der massiven Flüssigkeitssubstitution Erythrozytenkonzentrat-Gaben wiederholt nötig sind. Die Indikation zur Albumin-Substitution sollte großzügig gestellt werden, da im Rahmen des Kapillarlecks die massive Ödembildung zu Organsdysfunktionen führen kann. Im eigenen Therapieregime wird der Grenzwert bei 2,5 g/dl gesetzt.

Flüssigkeitstherapie

Als Faustregel gilt, dass bei Verbrennungen von mehr als 15% VKOF beim Erwachsenen und von mehr als 10% VKOF beim Kind eine intravenöse Flüssigkeitszufuhr erforderlich ist. Obwohl die Notwendigkeit der Schocktherapie bei Brandverletzten in den ersten 24 Stunden allgemein anerkannt ist, besteht zurzeit noch kein Konsensus über ein einheitliches Therapieregime und die Zielparameter.

Die Therapie wird anhand des mittleren arteriellen Drucks (MAD) und einer bilanzierten Flüssigkeitssubstitution gesteuert. Die Ausscheidung wird dabei auf Werte zwischen 0,5 und 1,0 ml/kg/h und der MAD auf > 70 mmHg eingestellt (Baxter u. Shires 1968).

Die Flüssigkeitstherapie erfolgt auf Basis bekannter Formeln (siehe Kap. 2 Prähospitalphase) mit isotonen kristalloiden Lösungen. Am gebräuchlichsten ist die Parkland-Baxter-Formel. Hypertone Elektrolytlösungen werden, wenn möglich, während der ersten 24 Stunden nach dem Trauma vermieden (Dougherty u. Waxman 1996). In Ausnahmefällen werden frühestens nach 8 Stunden Kolloide eingesetzt. Dies ist häufig bei großflächigen Verbrennungen in Kombination mit einem Inhalationstrauma erforderlich (Lalonde et al. 1995, Czermak et al. 2004).

Kristalline Lösungen (z. B. Ringerlaktat) sind isotone Lösungen mit einer Natriumkonzentration von 130 mEq/l und werden am häufigsten zur Volumensubstitution verwendet. Sie ähneln der Extrazellulärflüssigkeit mehr als reine Kochsalzlösungen. Ein Nachteil der alleinigen Infusion von Ringerlaktat-Lösung ist das häufige Auftreten schwerer Hypoproteinämien und somit des Abfalls des intravasalen onkotischen Drucks, der das Ausmaß der Ödembildung steigert. Andere Autoren propagierten den Flüssigkeitsersatz durch *hypertone Salzlösungen* (Monafo 1970). Hypertone Salzlösungen müssen in deutlich geringerer Menge als Ringerlaktat-Lösung substituiert werden, um das Herzzeitvolumen (HZV) zu stabilisieren. Außerdem führen sie zur Ausscheidung größerer Urinmengen. Das interstitielle Ödem ist jedoch nach Flüssigkeitssubstitution mit hypertoner Lösung ausgeprägter, bedingt durch eine Volumenverschiebung vom Intrazellulärraum in den Extrazellulärraum als Folge der hohen Natriumkonzentration im Extrazellulärraum. Bei dieser

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Therapieform darf ein Serumnatrium von 160 mEq/l nicht überschritten werden.

Kolloidale Lösungen (z. B. Albumin) spielen bei der Stabilisierung des Kreislaufs eine wichtige Rolle. Außerdem normalisiert sich die Membranpermeabilität im unverbrannten Gewebe schneller als im verbrannten Gewebe. Der onkotische Druck, der dem hydrostatischen Druck entgegenwirkt, wird von Plasmaproteinen aufrechterhalten. Ohne diese Proteine könnte das Plasmavolumen nicht stabil gehalten werden und massive Ödeme wären die Folge.

Hinweis für die Praxis

Verbrennungspatienten mit Inhalationstrauma (IHT) haben einen bis zu 50 % höheren Flüssigkeitsbedarf als das Vergleichskollektiv ohne IHT.
Schwerverbrannte infolge eines Elektrotraumas brauchen eine deutlich höhere Flüssigkeitssubstitution, um die renal anfallenden denaturierten Proteine „auszuspülen" und so einem akuten Nierenversagen vorzubeugen. Der Myoglobingehalt im Urin ist maßgeblich für die Infusionstherapie.

Beatmung

Im Gegensatz zu polytraumatisierten Patienten ist die Indikation zur prophylaktischen „Frühintubation" bei Verbrennungspatienten zurückhaltend zu stellen. Komplikationen wie z. B. sekundäre Pneumonien lassen sich dadurch reduzieren. Beim Inhalationstrauma tritt eine Störung des pulmonalen Gasaustausches oder eine mechanische Atemwegsbehinderung – wenn überhaupt – erst nach Stunden auf, so dass die Intubation zumeist noch rechtzeitig in der Klinik erfolgen kann (Steen 1993, Weaver et al. 2002). Eine Inhalation toxischer Gase kann bereits vor Ort eine respiratorische Störung verursachen und eine Intubation sowie maschinelle Beatmung notwendig machen (Heimbach u. Waeckerle 1988, Weaver et al. 2002).

Hinweis für die Praxis

Eine Gesichtsverbrennung gilt per se nicht als absolute Indikation zur Frühintubation, da nur weniger als ein Drittel dieser Patienten auch ein Inhalationstrauma aufweist. Eine primär nasale Intubation beim Verbrennungstrauma ist sinnvoll, da aufgrund einer potenziellen Ödembildung der oberen Luftwege eine spätere Umintubation schwierig sein kann. Der Tubusdurchmesser sollte mindestens 7,0 mm (30 Ch) betragen, um später bronchoskopisch ein mögliches Inhalationstrauma diagnostizieren zu können und eine adäquate Atemwegshygiene zu ermöglichen. Die Beatmung erfolgt kontrolliert mit einer FiO_2 von 1,0 und PEEP (Johnson 1995).

Merke

Als absolute Intubationsindikation gelten
- Bewusstlosigkeit,
- schwerer Schock,
- schwere Begleitverletzungen sowie
- ein schweres Inhalationstrauma mit Dyspnoe.

Inhalationstrauma

Generell ist bei Unfällen in geschlossenen Räumen oder Explosionen mit möglicher Exposition gegenüber heißen oder toxischen Stoffen in Form von Gas, Rauch oder Aerosol von einem Inhalationstrauma (IHT) auszugehen. Gesichtsverbrennungen, Hustenreiz, Stridor, Heiserkeit, Chemosis, angesengte Wimpern und Barthaare sind typische Symptome. Die *klinischen Beschwerden* reichen dabei von leichter Dyspnoe bis hin zu akut beatmungspflichtiger respiratorischer Globalinsuffizienz und toxischem pulmonalem Ödem. Meist sind mehrere Noxen ursächlich für das Inhalationstrauma, so dass in der Regel Mischformen vorliegen. Viele toxische Stoffe können auch ohne Brandgeschehen eine Schleimhautreizung hervorrufen, deren Folgen von einem interstitiellen Ödem bis hin zur Komplettverlegung der Atemwege reichen können. Auch direkte und indirekte Surfactantzerstörung durch lokale Gewebetoxizität sowie Bronchospastik und systemische Effekte sind möglich (Murakami u. Traber 2003). Aufgrund der hohen Thermoregulationsfähigkeit der feuchten Schleimhäute ist eine isolierte Hitzeschädigung des Oropharynx oder gar tiefer gelegener Abschnitte der Luftwege selten. Ausnahmen hiervon sind direkter Flammenkontakt und die Inhalation heißer Partikel (z. B. Aerosole, Staub). In diesen Fällen zeigen sich in der klinischen und bronchoskopischen Untersuchung ähnliche Befunde wie bei epidermalen Läsionen (Pruitt u. Cioffi 1995).

Schließlich wird die Diagnose durch eine Bronchoskopie gesichert, wobei bronchoskopische Befunde, regelmäßige Blutgasuntersuchungen sowie Röntgenaufnahmen miteinander zu korrelieren sind (siehe Kap. 8 Inhalationstrauma).

Analgosedierung

In der Akutphase nach Klinikeinlieferung leidet der Schwerbrandverletzte unter starken Schmerzen, die durch Transport, Entkleiden, Versorgung mit Zugängen, Wundreinigung und -versorgung noch verstärkt werden. Ziel ist somit eine suffiziente Analgesie, Anxiolyse und Sedierung. Wegen der mangelnden Steuerbarkeit ist von einer intramuskulären oder subkutanen Medikamenten-Applikation abzusehen.

Bei *nicht beatmeten Patienten* kommen zur Analgesie z. B. Tramadol (Tramal, 5 mg/kg KG) und Metamizol (No-

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

valgin, 50 mg/kg KG) zum Einsatz. Das Opioid Piritramid (Dipidolor) als Kurzinfusion (7,5–22,5 mg/100 ml NaCl über 15–30 min) hat sich ebenso bewährt.

Opioide und Benzodiazepine kommen bei der Analgosedierung von *beatmeten Patienten* zur Anwendung. Häufig verwendete Substanzen sind Fentanyl, Sufentanil, Piritramid und Midazolam. Auch andere Wirkstoffe wie Propofol und Ketamin finden Anwendung. Erfahrungsgemäß erfordert die Analgosedierung bei Brandverletzten deutlich höhere Dosierungen als bei anderen Intensivpatienten.

Hinweis für die Praxis

Aufgrund der kurzen Halbwertszeit und guten Steuerbarkeit eignet sich der Einsatz von Propofol hervorragend für kurz dauernde diagnostische oder therapeutische Maßnahmen wie Bronchoskopien, Verbandwechsel oder Bäder.

Verbrennungsschwere

Der Brandverletzte wird in einer aufgeheizten Verbrennungsbox untergebracht. Die komplette Entkleidung ist zwingend. Es ist empfehlenswert, nach einem strikten Untersuchungsschema vorzugehen und jede Körperregionen Schritt für Schritt zu untersuchen, um keinen wesentlichen Befund zu übersehen. Verbrannte Haare und Nasenhaare weisen zusammen mit anderen Kriterien auf ein Inhalationstrauma hin. Verbrannte Augenbrauen und Lidhaare erfordern eine konsiliarische Mitbehandlung durch Augenärzte. Zirkuläre und tiefgradige Verbrennungen an Extremitäten, Abdomen und Thorax müssen erkannt werden, um rechtzeitig Kompressionssyndromen vorzubeugen.

Häufig limitiert eine starke Verschmutzung eine korrekte Einschätzung, so dass die genaue Beurteilung erst nach mechanischer Reinigung der Areale erfolgen kann.

Merke

Die komplette Entkleidung ist zwingend. Auch Genitalien und After müssen genau untersucht werden. Die Einschätzung der verbrannten Hautfläche erfolgt nach der Neuner-Regel nach Wallace und der Handflächenregel, wobei die Handinnenfläche des Patienten etwa 1 % seiner Köperoberfläche entspricht.
Eine korrekte Einschätzung der Verbrennungstiefe erfordert klinische Erfahrung. In der Regel wird die Tiefe überschätzt. Zur genauen Gradeineinteilung siehe Kapitel 2.

Hinweis für die Praxis

Ein Hautstich mit einer sterilen Nadel, der keine Schmerzen oder Sensationen auslöst, spricht für eine „full-thickness"-Verbrennung, d. h. drittgradige Verbrennung und höher. Löst der Nadelstich Schmerzen aus, so spricht dies für eine Verbrennung I.–II. Grades. Das so genannte „Nachbrennen" findet man häufig bei thermischen Verletzungen mit heißem Fett und bei Verletzungen mit Lauge und Säure. Hier kommt es vor, dass eine primär als oberflächlich eingestufte Verbrennung sich im Verlauf als tiefgradiger demarkiert.

Die festgestellten Verbrennungen werden auf vorgefertigten Bögen mit Angabe zu Lokalisation, Größe und Verbrennungstiefe dokumentiert (Lund-Browder-Karte). Die korrekte Einschätzung und Dokumentation sind wichtig für die weitere operative Planung und eventuelle forensische Fragen.

Der *ABSI-Score nach Tobiasen* (Abbreviated Burn Severity Index, Tobiasen et al. 1982) (Tab. 3.**2**) versucht durch die Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Verbrennungsausmaß und Begleitverletzungen eine Aussage über die Überlebenswahrscheinlichkeit zu treffen. Die prognostische Bedeutung vorhandener Komorbiditäten ist unumstritten. Sie finden jedoch in keinem Scoring eine adäquate Beachtung.

Tabelle 3.**2** ABSI-Score zur Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit.

ABSI-Score						
• 1 Punkt je 10 % VKOF • 1 Punkt für das Vorliegen drittgradiger Verbrennungen • 1 Punkt für das Vorliegen eines IHT • 1 Punkt je 20 Lebensjahre • 1 Punkt für das weibliche Geschlecht • 1 Punkt für schwerwiegende Begleiterkrankungen						
Gesamt-Punktzahl	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	>11
Sterbewahrscheinlichkeit	<1 %	<2 %	10–20 %	30–50 %	60–80 %	>80 %

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Abweichende Berechnung der VKOF bei Kindern

Bei der Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche gilt zu beachten, dass beim einjährigen Kind der Kopf 18% KOF anstatt 9% wie beim Erwachsenen entspricht. Diese zusätzlichen 9% sind von den Beinen abzuziehen. Für jedes weitere Jahr ist 1% vom Kopf abzuziehen, der entsprechende Betrag ist an den Beinen hinzuzuaddieren (siehe Kap. 12 Das Verbrennungstrauma beim Kind).

3.3 Primäre Wundversorgung

Vor der Wundversorgung sind Abstriche von Stirn, Leisten, Rachen, Nase und den Wundflächen zu entnehmen, um die individuelle Keimflora festzustellen. Anschließend erfolgen die mechanische Reinigung der Wunden sowie eine Tetanusprophylaxe.
Zur *mechanischen Reinigung* gehören:

- Eröffnung der Brandblasen,
- Entfernung verbrannte Hautlefzen mit Pinzette und Schere,
- Abbürsten von grobem Schmutz,
- Rasur verbrannter behaarter Körperregionen mit Ausnahme der Augenbrauen,
- ausgiebiges und wiederholtes Abduschen bei Laugen- und Säureverätzungen,
- Verbände mit Zitronensäure zur Neutralisation bei Laugenverätzung,
- regelmäßige Kontrolle des pH-Wertes der Haut.

Merke

Vor dem Hintergrund der Zunahme der Inzidenz multiresistenter Keime, insbesondere der Methycillin-resistenten Staphylococcus-aureus-Stämme (MRSA), muss bei Patienten aus anderen Krankenhäusern und Pflegeheimen ein MRSA-Screening erfolgen.

Vorgehen bei Verätzungen

Sofortiges, kontinuierliches und reichhaltiges Spülen mit Wasser ist fast für alle Verätzungen extrem wichtig. Die Ausnahmen bilden hier metallisches Natrium, Kalium und Lithium. Üblicherweise werden diese Maßnahmen bereits vor Ort durchgeführt, da es sich meist um Arbeitsunfälle handelt.

Empfohlene Vorgehensweise bei Flusssäureverätzung:

- reichliche Wasserspülung
- Einmassieren von 2,5%igem Kalziumgel
- Unterspritzen mit 10%igem Kalziumglukonat
- orale oder intravenöse Substitution von Kalzium

Empfohlene Vorgehensweise bei Chromsäureverätzung:

- sofortige reichliche Wasserspülung
- Spülung mit Phosphatpuffer oder 5%igem Thiosulfat

Primäre Lokalbehandlung

Im Folgenden sollen in Kürze die gängigsten Therapieregime nach Verbrennungstiefe differenziert zusammengefasst werden (Einzelheiten siehe Kap. 7 Wundmanagement).

Grad I

Eine besondere Behandlung ist nicht erforderlich. Auf die Wundflächen werden Silbersulfadiazin-haltige Salben (Flammazine) aufgetragen. Die Salbe wirkt kühlend, schmerzlindernd und antiinfektiös.

Grad IIa

Bei IIa-gradigen Verbrennungen mit sicherer Spontanheilung kann Silbersulfadiazin (Flammazine) oder Polyhexanid (Lavasept oder Prontosan) angewandt werden. Die Verbände müssen täglich erneuert werden. Temporäre Dermisersatzmaterialien wie z.B. Biobrane eignen sich hervorragend zur Versorgung solcher Verbrennungen.

Grad IIb und höher

Ziel ist die temporäre Deckung zur Schmerzlinderung und Minderung des Infektionsrisikos bis zur operativen Versorgung. In der Regel reicht ein Verband mit Fettgazen (Oleo-Tüll oder Bactigras) und Kompressen, die mit Antiseptikum (Prontosan) befeuchtet sind.

Hinweis für die Praxis

Auf strenge Asepsis achten! Bei großflächigen Verbrennungen kann die primäre Wundversorgung mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Um ein Auskühlen des Patienten zu verhindern, ist für entsprechend hohe Raumtemperaturen zu sorgen.

Die prophylaktische Gabe von *Antibiotika* bei frischen Verbrennungen ist nicht indiziert. Diese gelten in den ersten 24–36 Stunden als keimarm und nicht infiziert. Bei Aufnahme im Verbrennungszentrum werden von allen verbrannten Körperstellen Abstriche genommen. Eine Antibiotikatherapie wird erst nach Vorliegen des Antibiogramms und manifesten klinischen Zeichen einer Entzündung eingeleitet.

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

3.4 Management ausgedehnter tiefgradiger Verbrennungen

Häufig sind bei ausgedehnten Verbrennungen die Extremitäten, insbesondere die oberen Extremitäten, zirkulär von der Verbrennung erfasst. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Beurteilung der Durchblutung. Die Rigidität der tiefgradig verbrannten Haut verhindert die Ausdehnung des entstehenden Ödems nach peripher bzw. in oberflächliche Hautschichten. Der Druck richtet sich nun in subfasziale Schichten wie beispielsweise die Muskellogen. Die Palpation von Pulsen an typischer Stelle kann trügerisch sein, da der arterielle Zufluss zuletzt kompromittiert wird. Zur Diagnostik sollte daher eine Ultraschall-Doppler-Untersuchung in den peripheren Abschnitten erfolgen. Eine starke Schwellung, weißlich blasse Haut und zunehmender Sensibilitätsverlust sind Alarmzeichen.

Meist lassen sich subjektive Angaben über Sensibilität, Motorik und Schmerzen nicht erheben, da die Patienten analgosediert oder anästhesiert sind. Mit der einfachen *invasiven Druckmessung* mittels WICK-Nadel (Whitesides et al. 1975) lässt sich der Gewebedruck schnell ermitteln.

Hinweis für die Praxis

Eine Dekompression durch Escharotomie sollte bei einem epifaszialen Druck P ≥ 30 mmHg erfolgen (Mubarak 1998). Beträgt der subfasziale Druck P ≥ 30 mmHg, so muss zusätzlich eine Fasziotomie durchgeführt werden.

Semizirkuläre bis zirkulär drittgradige Verbrennungen am Thorax führen zu einer massiven Einschränkung der Atemexkursionen des Thorax. Durch die Rigidität der verbrannten Haut werden die Bewegungen der sternokostalen Einheit gestört, wodurch die Compliance der Lunge behindert wird. Die Lunge kann sich in der Inspirationsphase nicht in vollem Maße ausdehnen und muss gegen einen erhöhten Druck arbeiten. Um das gleiche Atemzugvolumen zu applizieren, muss ein höherer Beatmungsdruck angewandt werden. Die Beatmung ist jedoch trotz hoher Beatmungsdrücke nicht suffizient. Die Misslage der Beatmung kann durch mehrere Escharotomie-Schnitte unmittelbar behoben werden.

Escharotomie

Die Escharotomie muss bei Bedarf bereits im Schockraum durchgeführt werden. Die Schnittführung richtet sich nach funktionellen Gesichtspunkten und wird mit monopolarem Strom durchgeführt (Abb. 3.**2**). Postoperativ müssen engmaschig weiterhin die Durchblutung und der Druck sowohl intraabdominell als auch in den Muskellogen kontrolliert werden, damit sich kein Kompartmentsyndrom entwickelt.

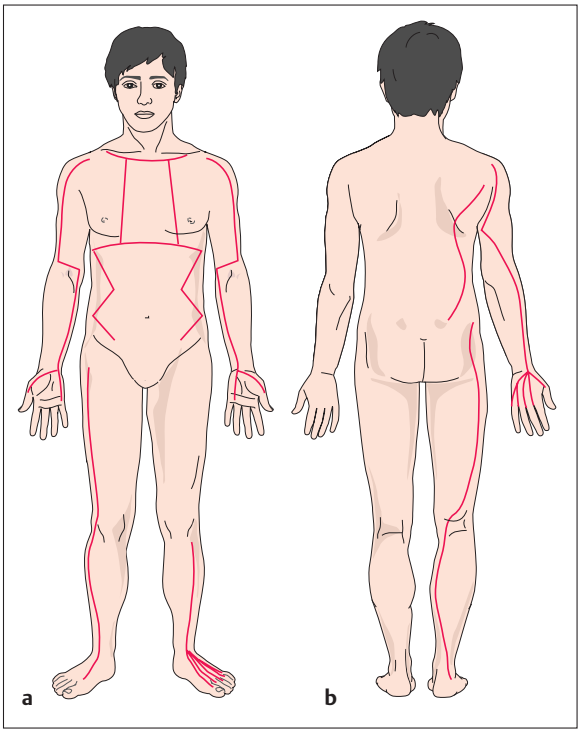

Abb. 3.**2** Schnittführung bei der Escharotomie.

Hinweis für die Praxis

Bei der Escharotomie wird die verbrannte Haut auf dem Niveau der oberen Dermis-Schichten bzw. Eschar durchtrennt, wobei eine vollständige Dissektion des subkutanen Fettgewebes bis zur Muskelfaszie nicht notwendig ist.

Die *Escharotomie am Arm* folgt der lateralen Axiallinie und reicht vom Akromion bis zum Styloid des Radius. Eine mediale Inzision kann notwendig sein. Diese verläuft entlang der medialen Linie, am Ellenbogen ventral des Epicondylus medialis.

Der Anatomie der Hautnerven, insbesondere des Ramus superficialis nervi radialis, sowie der Venae basilica und cephalica muss Beachtung geschenkt werden, um diese Strukturen möglichst zu schonen. Außerdem ist der oberflächliche Verlauf des Nervus ulnaris am distalen Oberarm sowie Ellenbogen zu beachten (Abb. 3.**3**).

Die *Schnittführung an der Hand* verläuft palmar vom radialseitigen Daumenballen über die Radialseite des Daumens bis zum Endglied sowie am ulnarseitigen Hypothenar. Dorsal werden 2–3 Inzisionen über den Metakarpalknochen gesetzt.

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

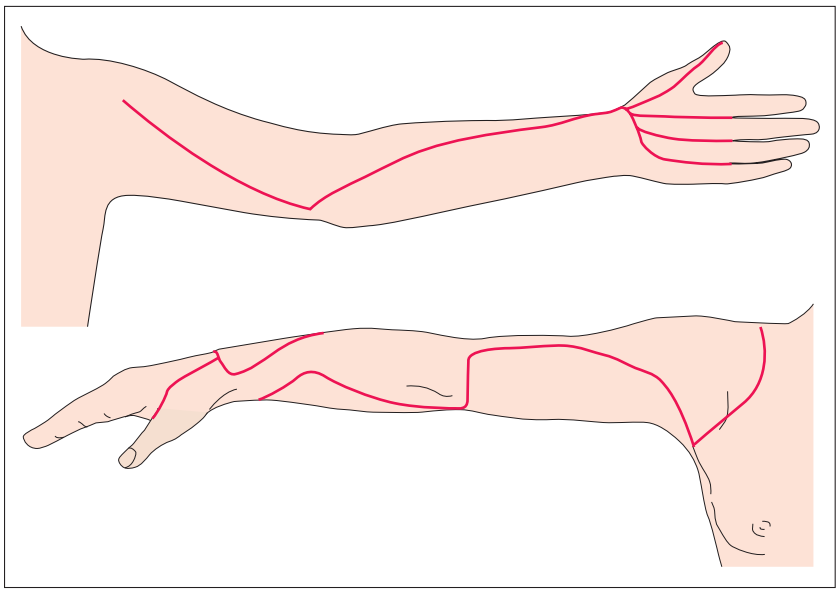

Abb. 3.**3** Schnittführung der Escharotomie und Fasziotomie am Arm.

Unter Schonung der Flächen, die bei der Opposition zwischen Daumen und Finger (DII–DIV) kommunizieren, mit Ausnahme des Kleinfingers, werden die Inzisionen an der Ulnarseite der Finger durchgeführt. Da die Ulnarseite des Kleinfingers zur Auflagefläche der Hand gehört, wird am DV radial inzidiert (Abb. 3.**4**).

Hinweis für die Praxis

Die Fasziotomie wird im Operationssaal unter sterilen Bedingungen durchgeführt. Die Spaltung muss über die gesamte Faszienlänge der betroffenen Loge vollzogen werden, da bei partieller Fasziotomie keine ausreichende Druckentlastung zu beobachten ist.

Kompartmentsyndrome

Extremitäten

Die häufigste Lokalisation des Kompartmentsyndroms ist der Unterschenkel mit seinen 4 getrennten Muskellogen. Seltener sind die Manifestationen am Unterarm, an der Hand, am Fuß oder am Becken. Ein initialer intrafaszialer Druckanstieg führt zu einer Störung der vaskulären Mikrozirkulation mit konsekutiver Zellschädigung und reaktivem Gewebeödem, das die schädigende Druckkomponente zusätzlich verstärkt und die Diffusionsstrecke des Sauerstoffs auf zellulärer Ebene kritisch verlängert („third space“).

Die Minderdurchblutung verursacht den Zerfall kontraktiler Fasern (Rhabdomyolyse), die später durch schrumpfendes Narbengewebe ersetzt werden. Bestätigt sich der klinische Verdacht durch die invasive Gewebedruckmessung ($P \geq 30$ mmHg), muss eine Fasziotomie im Sinne einer Dermatofasziotomie rasch erfolgen, um einen Dauerschaden abzuwenden (Babinkov et al. 2000). Am Beispiel des Unterschenkelkompartmentsyndroms sind verschiedene Zugangswege beschrieben. Während viele Autoren einen bilateralen Zugang bevorzugen (Mubarak 1998, Pearse et al. 2002), wird auch eine Faszienspaltung allein über einen lateralen Hautschnitt empfohlen (Matsen 1975, Nerlich et al. 1991). In unserer Klinik hat sich der bilaterale Zugang bewährt.

Abdomen

Das *abdominelle Kompartmentsyndrom (ACS)* ist ein lebensgefährliches Krankheitsbild mit der Gefahr der Ausbildung eines Multiorganversagens. Nach wie vor erfährt es nur eine geringe Beachtung. Primäres und sekundäres ACS zeigen eine ähnliche Symptomatik und Pathophysiologie, stellen jedoch hinsichtlich ihrer Ursachen kein homogenes Krankheitsbild dar. Sie erfordern ein entschlossenes therapeutisches Vorgehen. Beim primären ACS

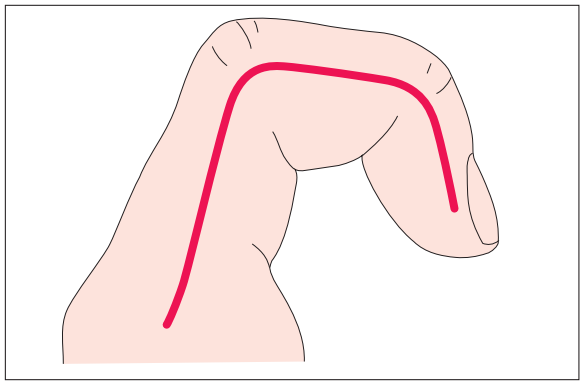

Abb. 3.**4** Schnittführung der Escharotomie am Finger.

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

verursachen in erster Linie akute abdominelle Erkrankungen sowie schwere Abdominal- und Beckentraumata direkt die intraabdominelle Druckzunahme. Das sekundäre ACS ist demgegenüber häufig Folge einer abdominellen Ischämie bzw. Reperfusion, häufig im Rahmen von Akutinterventionen, wie z.B. ausgedehnten Reanimationsmaßnahmen oder bei schwer polytraumatisierten Patienten mit hämorrhagischem Schock.

Beim Verbrennungsverletzten kann sich ein primäres ACS im Rahmen eines Polytraumas entwickeln. Das sekundäre ACS kann als Folge eines Darmödems bei einem kapillären Leck und massiver Flüssigkeitssubstitution mit kristalloiden Lösungen auftreten.

Bei klinischem Verdacht auf eine intraabdominelle Hypertension sollte der Blasendruck unverzüglich und wiederholt gemessen werden. Ein abdomineller Druck zwischen 15 und 20 mmHg liegt in einem kritischen Grenzbereich, in dem – je nach Situation – eine konservative Therapieoption besteht. Eckpunkte dieser Therapie sind sämtliche Maßnahmen, die dazu beitragen, das intraabdominelle Volumen zu verringern und die pathologisch veränderte pulmonale bzw. kardiozirkulatorische Situation des Patienten zu verbessern.

Bei weiterem Druckanstieg ist eine *dekompressive Laparotomie* durchzuführen.

Hinweis für die Praxis

Ein rasch progredienter intraabdomineller Druckanstieg > 25 mmHg bzw. eine lang andauernde Druckerhöhung > 20 mmHg mit einer konsekutiven Verschlechterung der pulmonalen, kardiozirkulatorischen, renalen, intestinalen und zerebralen Funktionen sind Warnsignale für ein sich abzeichnendes Multiorganversagen und erfordern in aller Regel eine umgehende chirurgische Versorgung im Sinne einer dekompressiven Laparotomie.

Interdisziplinärer Aspekt

Die Behandlung von Schwerbrandverletzten erfordert häufig ein interdisziplinäres Vorgehen (Dougherty u. Waxman 1996). Verletzungen mit chemischen Substanzen oder Strahlung ereignen sich meist im industriellen Umfeld und erfordern eine enge Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachabteilungen der Betriebe. Bei Ingestion toxischer oder ätzender Substanzen muss eine endoskopische Untersuchung des Gastrointestinaltrakts im Rahmen der interdisziplinären Zusammenarbeit erfolgen. Bei Explosionsverletzungen sollte ein Hals-Nasen-Ohrenärztliches Konsil stattfinden. Liegen epidermolytische Erkrankungen aus dem allergischen Formenkreis vor, ist eine dermatologische Mitbehandlung sinnvoll. Auch aus forensischen Gründen sind bei Läsionen in Gesicht und Genitalbereich ophthalmologische und urologische Konsiliaruntersuchungen durchzuführen.

Kernaussagen

- Ein lückenloser Informationsaustausch mit der Leitstelle und dem Notarzt vor und während des Eintreffens des Patienten ist für den reibungslosen Ablauf der klinischen Erstversorgung des Patienten unabdingbar. Die Beachtung der Aufnahme-Checkliste und des Schockraumprotokolls ist für das erfolgreiche Schockraummanagement sehr hilfreich.
- Eine großflächige Verbrennung ist eine lebensbedrohliche Verletzung. Bei Verdacht auf weitere lebensbedrohliche Verletzungen müssen diese primärdiagnostisch ausgeschlossen oder bestätigt werden. Die Behandlung dieser Verletzungen hat Vorrang vor der spezifischen Verbrennungstherapie.
- Bei Vorliegen eines Inhalationstraumas, kardiopulmonaler Erkrankungen und verbrannter Körperoberfläche ≥ 30 % sollte ein erweitertes hämodynamisches Monitoring Standard sein. Hierdurch lassen sich die Volumentherapie und der Einsatz von Katecholaminen besser steuern.
- Das Management von ausgedehnten tiefgradigen Verbrennungen erfordert ein rasches und entschiedenes chirurgisches Vorgehen.

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG

Literatur

Babinkov VI, Khitrov NK, Cherkashina ZA. Effect of early fasciotomy on intramuscular pressure and electrical excitability of muscles in experimental compartment syndrome. Bull Exp Biol Med 2000; 130: 857–860

Baxter C, Shires T. Physiological response to crystalloid resuscitation of severe burns. Ann N Y Acad Sci 1968; 150: 874–894

Bone RC, Balk RA, Cerra FB et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. Chest 1992; 101: 1644–1655

Czermak C, Hartmann B, Scheele S et al. Flüssigkeitstherapie und hämodynamisches Monitoring im Verbrennungsschock. Chirurg 2004; 75: 599–604

Dougherty W, Waxman K. The complexities of managing severe burns with associated trauma. Surg Clin North Am 1996; 76: 923–958

Finney SJ, Zekveld C, Elia A et al. Glucose control and mortlity i critically ill patients. J Am Med Ass 2003; 290: 2041–2047

Geistler A, Rossi R, Ahnefeld FW. Kaltwasserbehandlung von Verbrennungen – eine kritische Stellungnahme anhand der Literatur. Notfallmedizin 1987; 13: 614–627

Giessler G, Deb R, Germann G, et al. Die Akutversorgung von Brandverletzten. Chirurg 2004; 75: 560–567.

Heimbach DM, Waeckerle JF. Inhalation injuries. Ann Emerg Med 1988; 17: 1316–1320

Hill SL, Elings VB, Lewis FR. Changes in lung water and capillary permeability following sepsis and fluid overload. J Surg Res 1980; 28: 140–150

Holm C, Melcer B, Horbrand F et al. Arterial thermodilution: an alternative to pulmonary artery catheter for cardiac output assessment in burn patients. Burns 2001; 27: 161–166

Johnson SA. Prehospital management of burn patient. Top Emerg Med 1995; 17: 1–7

Knabl J, Bauer W, Anderl H et al. Progression of burn wound depth by systemical application of a vasoconstrictor: an experimental study with a new rabbit model. Burns 1999; 25: 715–721

Kuentscher M, Blome-Eberwein S, Pelzer M et al. Transcardiopulmonary vs pulmonary arterial thermodilution methods for hemodynamic monitoring of burned patients. J Burn Care Rehabil 2002; 23: 21–26

Lalonde C, Picard L, Youn Y et al. Increased early postburn fluid requirements and oxygen demands are predictive of the degree of airways injury by smoke inhalation. J Trauma 1995; 38: 175–184

Matsen FA. Compartmental syndrome – An unified concept. Clin Orth 1975; 113: 8–14

Monafo WW. The treatment of burn shock by the intravenous and oral administration of hypertonic lactated saline solutions. J Trauma 1970; 10: 575–586

Mubarak SJ. Treatment of acute compartment syndromes. In: Willy C, Sterk J, Gerngroß H, Hrsg. Das Kompartmentsyndrom. Hefte zu „Der Unfallchirurg".Heidelberg, Berlin: Springer; 1998: 127–139

Murakami K, Traber D. Pathophysiological basis of smoke inhalation injury. News Physiol Sci 2003; 18: 125–129

Murphy K, Lee J, Herndon D. Current pharmacotherapy for the treatment of severe burns. Expert Opin Pharmacother 2003; 4: 369–384

Nerlich M, Dziadzka S, Schmidt U. Das Kompartmentsyndrom am Unterschenkel – Langzeitergebnisse. Unfallchirurg 1991; 94: 257–261

Pearse MF, Harry L, Nanchahal J. Acute compartment syndrome of the leg. Br Med J 2002; 325: 557–558

Pruitt B, Cioffi W. Diagnosis and treatment of smoke inhalation. J Intensive Care Med 1995; 10: 117–127

Rady MY, Johnson DJ, Patel BM et al. Influence of individual characteristics on outcome of glycemic control in intensive care unit patients with or without diabetes mellitus. Mayo Clin Proc 2005; 80: 1558–1567

Schiller WR, Bay RC, Garren RL et al. Hyperdynamic resuscitation improves survival in patients with life-threatening burns. J Burn Care Rehabil. 1997; 18: 10–16

Steen M. Präklinische Diagnostik und Erstversorgung bei Notfallpatienten mit Verbrennungen. Notfallmedizin 1993; 19: 17–23

Thom S. Hyperbaric-oxygen therapy for acute carbon monoxide poisoning. N Engl J Med 2002; 347: 1105–1106

Tobiasen J, Hierbert, J. and Edlich, R. The abbreviated burn severity index. Ann Emerg Med 1982; 11: 260–262

Weaver L, Hopkins R, Chan K et al. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. N Engl J Med 2002; 347: 1057–1067

Whitesides TE, Haney TC, Morimoto K et al. Tissue pressure measurements as determinant for the need of fasciotomy. Clin Orthop Relat Res 1975; 113: 43–51

aus: Wappler u.a., Verbrennungsmedizin (ISBN 9783131450111) © 2009 Georg Thieme Verlag KG