

Notfall Rettungsmed 2013 · 16:42–47
 DOI 10.1007/s10049-012-1588-3
 Online publiziert: 22. Juli 2012
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Redaktion

M. Baubin, Innsbruck
 J. Braun, Filderstadt
 B. Gliwitzky, Kiel
 H.P. Moেকে, Hamburg
 S. Poloczek, Berlin

B. Michaeli¹ · P.-N. Carron² · J.-P. Revelly³ · M.-A. Bernath¹ · C. Schrag⁴ · M.M. Berger³

¹ Service d'Anesthésiologie, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), Lausanne

² Service des Urgences, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), Lausanne

³ Service de Médecine Intensive Adulte et Centre des Brûlés, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV), Lausanne

⁴ Medizinische Intensivstation, Kantonsspital St. Gallen

Überinfusion von Verbrennungsopfern: häufig und schädlich

Schwerbrandverletzte sind in der Notfall- und Rettungsmedizin relativ selten und werden deshalb häufig als Sonderfall angesehen. Die Infusionstherapie ist ein entscheidender Faktor für das Überleben eines Verbrennungspatienten. Allerdings kann die übermäßige Flüssigkeitstherapie (Überinfusion) auch zu einer beachtenswerten Quelle von Komplikationen führen. Im folgenden Beitrag befassen wir uns nur mit erwachsenen Schwerbrandverletzten, deren Verbrennungen mehr als 20% verbrannter Körperoberfläche (BSA: „burn surface area“) betragen. Wir betrachten die pathophysiologischen Veränderungen der Verbrennungskrankheit und legen ein besonderes Augenmerk auf die Nebenwirkungen einer übermäßigen Infusionstherapie und wie man diese begrenzen kann.

Verbrennungskrankheit bei Schwerbrandverletzten

Die vorherrschende pathophysiologische Veränderung der Verbrennungskrankheit eines Schwerbrandverletzten ist die erhöhte kapillare Durchlässigkeit. Dies führt zu regionalen und systemischen Veränderungen. Ausgedehnte Flüssigkeitsverschiebungen ins Interstitium bedingen eine extrazelluläre Ödembildung und schließlich einen hypovolämen Schock (Abb. 1). Die Ödembildung ist lokal 8–24 h nach dem Unfall am ausgeprägtesten. Man beobachtet insbesondere im Bereich des von

der Verbrennung betroffenen Gewebes eine entsprechende Ödembildung, welche sich aber bei Schwerbrandverletzten auf weitere Gewebestrukturen und Organe ausdehnen kann. Die Gewebeantwort besteht zunächst aus einer direkten Reaktion, hervorgerufen durch die lokale Freisetzung von Histamin und freien Radikalen durch die Mastozyten der verbrannten Haut, die zu einer erhöhten Kapillarpermeabilität führt. In der darauffolgenden Stunde und bis zu 48 h nach dem Unfall sind Bradykinine, Zytokine, Leukotriene, Prostaglandine, blutplättchenaktivierende Faktoren (Serotonin, PAF: „platelet aggregating factor“) sowie die Gerinnungskaskade für die Ausweitung des systemischen Kapillarlecks, Veränderung der Integrität der Venolen und die Erhöhung des hy-

drostatischen Drucks der Mikrozirkulation verantwortlich. Die kapillare Durchlässigkeit ist derart erhöht, dass Moleküle von mehr als 100 kD aus dem Gefäßkompartiment austreten können: Albumin und alle frühzeitig verabreichten Kolloide verlassen das Gefäßsystem und führen dadurch zu einem erhöhten interstitiellen onkotischen Druck, der zu Ödembildung führt. Gleichzeitig ist der intravasale onkotische Druck reduziert und verstärkt den Schockzustand. Die Geschwindigkeit, mit der die Ödembildung voranschreitet, hängt also sowohl von der Ausdehnung der Brandverletzung als auch der Menge der verabreichten Flüssigkeit ab [13].

Zusätzlich zu den Flüssigkeitsverlusten durch das erhöhte Kapillarleck entstehen direkt über die verbrannte Oberflä-

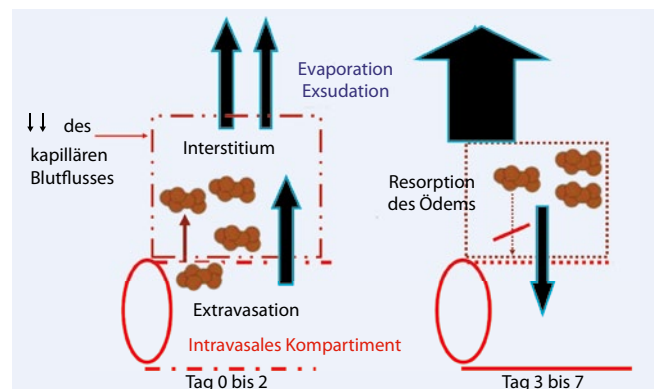


Abb. 1 ▲ Flüssigkeitsaustritt in der Initialphase (Tag 0–2) gefolgt von der Resorption. Frühzeitig verabreichte Kolloide treten ins Interstitium aus und bleiben dort nach Normalisierung der Hyperpermeabilität gefangen und führen zu einer verlängerten Ödembildung („fluid creep“). Die grünen Pfeile verdeutlichen die Flüssigkeitsbewegungen, die Wölkchen symbolisieren die Makromoleküle (Albumin, Stärkederivate usw.)

Tab. 1 Richtlinien des ATLS zur Behandlung Schwerbrandverletzter >20% BSA. (Aus [2])

Zielparameter der Urinausscheidung Ringer-Laktat während der ersten 24 h	
Kinder <30 kg: 1 ml/kg/h	2–4 ml/kg/% BSA bei Verbrennungen 2. und 3. Grades
Erwachsene: 0,5–1 ml/kg/h	Die Hälfte in 8 h, den Rest in den folgenden 16 h infundieren
	Kinder: Zusätzlich zur Rehydrierung Glukose 5% verabreichen
	Die Infusionstherapie dem Zustand des Patienten anpassen
ATLS „advanced trauma life support“, BSA burn surface area.	

Tab. 2 Klinische Auswirkungen der Unterinfusion und der Überinfusion

Unterinfusion	Überinfusion
– Oligurie <0,5 ml/kg/h	– Polyurie >1,0 ml/kg/h
– Plasma-Natrium >145 mmol/l	– Verminderung P_aO_2/FiO_2
– Hämoglobin >180 g/l (Hämatokrit >60%)	– Erhöhung ZVD, PCWP
– Herzindex <2 l/min/m ²	– Intraabdominaler Druck >20 mmHg
– Anstieg des arterieller Plasma-Laktat-Levels	– Abdominales Kompartmentsyndrom:
– Zunehmend negativer Basenexzess	– Akute Niereninsuffizienz
– Gemischtvenöse Sättigung <60%	– Ischämie der Darmschleimhaut
	– Generalisierte Ödeme und mehr Entlastungsschnitte
ZVD zentralvenöser Druck, PCWP pulmonal-kapillärer Verschlussdruck, „wedge“.	

che Verluste von Proteinen (30 g pro 10% BSA/24 h), Flüssigkeit (1–3 l pro 10% BSA während der ersten 24 h, je nach Tiefe der Brandverletzung), Mineralien (P, Mg) und Spurenelementen (Cu, Se, Zn). Das Kapillarleck ist in den ersten 8 h am ausgeprägtesten. Gleichzeitig beginnt über die verletzte Hautoberfläche die Absonderung eiweißreicher Flüssigkeiten (Exsudation), die bis zum Verschluss, respektive der Abheilung der Wunde, anhält.

Indikationen der initialen Infusionstherapie

Das Hauptziel ist die Wiederherstellung des hämodynamischen Gleichgewichts (■ **Tab. 1**). Die Infusionstherapie zielt darauf ab, die durch Ödembildung und Exsudation bedingten Verluste (zumindest teilweise) zu kompensieren, und ein adäquates zirkulatorisches Volumen wiederherzustellen. Die Schwere der Brandverletzung beeinflusst hierbei das Ausmaß der Infusionstherapie sowie die Art der Überwachung und des Monitorings. Die Infusionstherapie ist ein entscheidender Faktor für das Überleben eines Verbrennungspatienten [24].

Nebenwirkungen der Infusionstherapie

Während in den 40er und 50er Jahren noch eine Unterinfusion mit hypo-

volämem Schock und Niereninsuffizienz die häufigsten Todesursachen darstellten, sind diese Komplikationen heute zum Glück selten geworden. Die Infusionstherapie der Brandverletzten nach Parkland wurde von Baxter u. Shires in den 60er Jahren während des Vietnamkriegs entwickelt [5]. In der westlichen Welt herrschen heutzutage glücklicherweise nicht jene Zustände, für welche die Formel ursprünglich entwickelt wurde: Dschungel, Lufttemperaturen über 30 °C, Exsikkose sowie lange Transportwege und Wartezeiten. Eine generalisierte Anwendung dieser Formel führt daher leicht zu einer Überinfusion. Sowohl Unterinfusion als auch Überinfusion sind somit zu vermeiden (■ **Tab. 2**). Beide Situationen sind mit dem Faktor Zeit korreliert.

Die Problematik der Überinfusion ist gegen Ende der 90er Jahre aufgetreten [11]. Sie ist mit möglicherweise tödlichen Komplikationen verbunden, wie z. B. Lungenödem, abdominalem Kompartmentsyndrom, Kreislaufversagen, verlängerter Beatmungsdauer und Klinikaufenthalt [4, 18, 19, 28]. Die Empfehlung zur Anwendung der Parklandformel bei der Behandlung Schwerbrandverletzter besteht jedoch weiterhin in den Richtlinien 2008 des Advanced Trauma Life Support (■ **Tab. 1**, [10]). Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass diese Richtlinie eine Menge von 2–4 ml/kg/% BSA als basale Flüssigkeitszufuhr vorgibt,

wogegen die Mehrheit der behandelnden Ärzte sowohl bei der Erstversorgung vor als auch nach Krankenhausaufnahme systematisch einen Wert von 4 ml/kg/% BSA anwendet.

» Die Gabe von zu viel Flüssigkeit muss von Anfang an verhindert werden

Die Verabreichung von zu großen Flüssigkeitsmengen muss von Anfang an verhindert werden. Eine übermäßig hohe Flüssigkeitszufuhr dehnt das Gewebe der Lederhaut (Dermis) mit ihren Proteinstrukturen und führt zu einer Ausdehnung der verbrannten Zonen, da die Flüssigkeitszunahme im Gewebe den interstitiellen Druck erhöht und folglich die kapillare Durchblutung beeinträchtigt. Dies führt letztlich zu einer Ischämie der Haut und kann zweitgradige intermediäre Verbrennungen in höhergradige Verbrennungen umwandeln, die dann eine Hauttransplantation nötig machen [29]. Ebenso kann es zu systemischen Komplikationen führen, insbesondere des Atmungsapparats und des Verdauungstrakts, so z. B. zur Entwicklung eines sekundären abdominalen Kompartmentsyndroms im Rahmen ödematöser Darmwandveränderungen. Dieser Zustand wird erst recht verschlimmert, wenn die Bauchdecke verbrannt ist und somit die Dehnbarkeit des abdominalen Kompartments verringert ist.

In den letzten 12 Jahren wurden viele Studien und Case Reports veröffentlicht, die sich mit der übermäßigen Flüssigkeitstherapie und den dadurch bedingten Komplikationen beschäftigen [4, 18, 19, 26].

Vor etwa 10 Jahren thematisierte ein Editorial diese Frage und schlug vor, das Pendel zurück zu „weniger Flüssigkeit“ ausschlagen zu lassen [25]. Eine Studie aus dem Jahr 2007 analysierte die Infusionstherapie von 25 Schwerbrandverletzten mit mehr als 65% BSA, die im Behandlungsverlauf ein Laparostoma zur Verringerung des intraabdominalen Drucks benötigten, von denen 22 Patienten verstarben: Alle wiesen einen intraabdominalen Druck (IAD) von mehr als 30 mmHg sowie maximale Beatmungsdrücke von mehr als 40 mmHg auf und hatten eine

Flüssigkeitszufuhr von über 400 ml/kg seit ihrem Unfall erhalten [16]. Seitdem weiß man, dass ab einer insgesamt verabreichten Flüssigkeitsmenge von 200 ml/kg imperativ der intraabdominale Druck gemessen werden muss. Am Besten ist es jedoch, es gar nicht erst so weit kommen zu lassen. In **Abb. 2** wird ein solcher Fall aus unserer Praxis illustriert.

Es ist wichtig zu betonen, dass die Überinfusion auch für andere Patientenkategorien schädlich ist. Die europäische, multizentrische Kohortenstudie SOAP hat bestätigt, dass positive Flüssigkeitsbilanzen ein unabhängiger prädiktiver Faktor für die Mortalität sind [23]. Leider ist das Phänomen auch im Jahr 2010 noch nicht unter Kontrolle, und dies selbst in Spezialzentren der USA [9]. Die übermäßige Flüssigkeitstherapie persistiert weltweit, sowohl in der Erstversorgung als auch im Rahmen der stationären Behandlung [9, 12].

Dennoch ist die initiale Infusionstherapie nur ein Faktor unter vielen, der die Mortalität beeinflusst. Dies wurde 1978 anlässlich einer Katastrophe in Los Alfaques, Spanien sehr gut verdeutlicht. 150 Personen wurden bei der Propangasexplosion eines Tankclusters getötet und mehr als 100 verletzt [1]. Die Evakuierung der Verletzten erfolgte sowohl nach Norden als auch nach Süden. Die 58 Opfer, die nach Norden evakuiert wurden, erhielten eine frühzeitige Infusionstherapie, nicht aber die 82 Opfer, die nach Süden evakuiert wurden [3]. Nach Aufnahme in Verbrennungszentren sind mehr als 50% der Patienten ohne frühzeitige Infusionstherapie noch vor dem 4. Tag verstorben. Nach 2 Monaten allerdings war der Unterschied der Mortalität zwischen den beiden Gruppen nicht mehr signifikant, was darauf hinweist, dass die initiale Infusionstherapie die spätere Mortalität nicht direkt beeinflusst.

Ursachen der Überinfusion

Es gibt mehrere „gute Gründe“, mehr Flüssigkeit als nötig zu infundieren. Das gleichzeitige Vorhandensein einer Inhalationsverletzung, eines Polytraumas oder einer Starkstromverletzung wird die Behandlung unweigerlich komplizieren und eine größere Flüssigkeitszufuhr erfordern. Mehrere Faktoren können die Behandlung zusätzlich erschweren und den

Notfall Rettungsmed 2013 · 16:42–47 DOI 10.1007/s10049-012-1588-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

B. Michaeli · P.-N. Carron · J.-P. Revely · M.-A. Bernath · C. Schrag · M.M. Berger

Überinfusion von Verbrennungsoptern: häufig und schädlich

Zusammenfassung

Hintergrund. Schwerbrandverletzte (mehr als 20% verbrannter Körperoberfläche bei Erwachsenen) weisen in der ersten Phase (8–48 h) einen durch das massive Kapillarleck bedingten Verbrennungsschock auf, der einer Infusionstherapie bedarf, um die Hämodynamik wieder herzustellen. Bis in die 80er Jahre stellte eine unzureichende Flüssigkeitstherapie (Unterinfusion) die Haupttodesursache von Verbrennungspatienten dar. Seither ist die übermäßige Flüssigkeitstherapie (Überinfusion) zu einer beachtenswerten Quelle von Komplikationen geworden: abdominales Kompartmentsyndrom, Entlastungsschnitte (Escharotomie), Verschlechterung des Gasaustauschs, Verlängerung der künstlichen Beatmung und des Spitalaufenthalts. Die Über-

infusion hat Ende der 90er Jahre begonnen, wo innerhalb der ersten 24 h Flüssigkeitsmengen zugeführt wurden, die weit über den 4 ml/kg/% BSA („burn surface area“) der Parkland-Formel lagen.

Ziel. Dieser Beitrag analysiert die Faktoren, welche zu einer Überinfusion führen können und zeigt Möglichkeiten, dem durch eine strikte Kontrolle der präklinischen Infusionstherapie sowie durch eine permissive Hypovolämie vorzubeugen.

Schlüsselwörter

Schwerbrandverletzte · Infusionstherapie · Parklandformel · Überinfusion · Abdominales Kompartementsyndrom

Over infusion in burn victims: frequent and injurious

Abstract

Background. Major burns are characterized by an initial capillary leak, which requires fluid resuscitation for hemodynamic stabilization. While under resuscitation was the major cause of death until the 1980s, over resuscitation has become an important source of complications, including abdominal compartment syndrome, escharosis, impaired gas exchange with prolonged mechanical ventilation and hospital stay. Fluid over infusion started in the 1990s with an increasing proportion of the fluid delivered within the first 24 h being well above the 4 ml/kg/% burn surface area (BSA) according to the Parkland formula. The first alerts were published in the

form of case reports of increased mortality due to abdominal compartment syndrome and respiratory failure.

Objective. This paper analyses the causes of this fluid over infusion and the ways to prevent it, which include rationing prehospital fluid delivery, avoiding early administration of colloids and prevention by permissive hypovolemia.

Keywords

Major burns · Fluid resuscitation · Parkland prediction rule · Over-resuscitation · Abdominal compartment syndrome

Flüssigkeitsbedarf erhöhen: eine verzögerte Infusionstherapie mit Beginn mehr als 12–24 h nach dem Unfall, Alkoholabusus oder Drogenkonsum [24].

» Hauptursache der Überinfusion ist eine zu große Volumengabe bei der präklinischen Erstversorgung

Daneben gibt es auch „schlechte Gründe“, um zu viel Flüssigkeit zu infundieren [25]. Eine zu große Volumengabe während der präklinischen Erstversorgung ist dabei die

Hauptursache: Die erhöhte Kapillarpermeabilität hält durch die frühzeitige Überdehnung des Gewebes länger an und erfordert dadurch eine umso größere Flüssigkeitszufuhr. Dies geht auf zwei Phänomene zurück: die Überschätzung der verbrannten Körperoberfläche sowie die verbreitete Annahme, dass Verbrennungspatienten analog den Traumapatienten, bereits am Unfallort durch Infusionstherapie stabilisiert werden müssten. Im Gegenteil: eine Besonderheit des Schwerbrandverletzten ohne zusätzliche Traumata liegt darin, dass er selbst ganz ohne Behandlung in den ersten 4–6 h stabil bleibt. Erst danach entwickelt er Zeichen eines hypovolämischen Schocks [24].

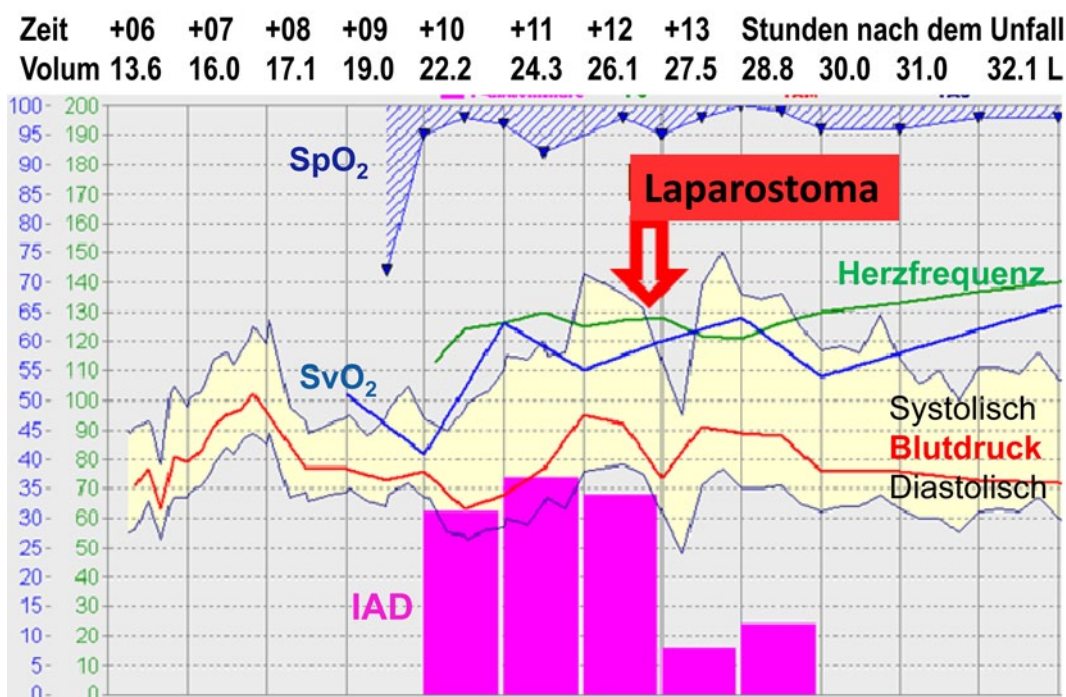


Abb. 2 ▲ Illustration eines abdominalen Kompartmentsyndroms. Seit dem Unfall wurden dem Patient große Flüssigkeitsmengen verabreicht, bereits 5 l in der ersten Stunde. Bei der sekundären Aufnahme im Verbrennungszentrum (nach 6 h) betrug die zugeführte Flüssigkeitsmenge 13,6 l (=206 ml pro kg KG) und überschreitet damit bereits den kritischen Wert von 200 ml/kg KG. Die periphere (S_pO_2) und die gemischtvenöse Sauerstoffsättigung (S_vO_2) nimmt ab; erhöhte Beatmungsdrücke mit Oxygenierungsproblemen (sowie ein stark erhöhter intraabdominaler Druck von 34 mmHg, IAD, erfordern eine notfallmäßige Dekompression durch Laparostoma. Zu dem Zeitpunkt betrug die Flüssigkeitszufuhr bereits 27.5 l (416 ml/kg KG)

Hinzu kommt, dass die initiale Bestimmung der verbrannten Oberfläche schwierig ist. Zwei Studien aus spezialisierten Verbrennungszentren haben die Übereinstimmung der bei der Anmeldung von den Rettungsdiensten übermittelten Fläche der Brandwunde mit der tatsächlich gemessenen Fläche bei der Aufnahme im Krankenhaus untersucht: in beiden Zentren wurde die Mehrzahl der Fälle falsch evaluiert und dabei meistens überschätzt. Die erste Studie umfasste 193 Patienten und hat gezeigt, dass bei 58,5% der Patienten das Verbrennungsausmaß signifikant überschätzt, hingegen nur bei 30,6% unterschätzt wurde [7]. Die zweite Studie mit 132 Patienten zeigte ähnliche Zahlen mit 64,4% Überschätzung, wovon 18% in der Größenordnung von mehr als 100% überschätzt wurden; dagegen wurden nur 6% unterschätzt [14]. Weniger ausgedehnte Verbrennungen werden häufiger überschätzt. Die Einschätzung der verbrannten Oberfläche kann sogar für Spezialisten schwierig sein. Dies zeigte eine Studie, in der Ärzte und Pflegepersonal von Verbrennungsstationen gebeten wurden,

das Ausmaß einer Verbrennung anhand von Abbildungen abzuschätzen [22]. Die Überschätzung der verbrannten Oberfläche führt in den ersten Stunden zu übermäßiger Flüssigkeitsgabe.

Vorteile einer begrenzten Infusionstherapie

Eine italienische Forschungsgruppe hat 24 Patienten in eine randomisierte Studie eingeschlossen, in der die Hälfte der Patienten klassisch nach Parkland und die andere Gruppe nach dem Konzept der „permissiven Hypovolämie“ behandelt wurden [2]. Dies hat zu einer Abnahme der infundierten Flüssigkeit während der ersten 24 h ($3,2 \pm 0,7$ ml/kg/% BSA gegenüber $4,6 \pm 0,3$ ml/kg/% BSA; $p < 0,001$), zu einer Verringerung der Flüssigkeitsbilanz ($+7,5 \pm 5,4$ l/Tag gegenüber $+12 \pm 4,7$ l/Tag; $p < 0,05$), aber auch zu einer signifikanten Reduktion der Anzahl an Multiorganversagen (MODS: Multiple Organ Dysfunction Score) innerhalb der ersten 10 Tage nach dem Verbrennungsunfall geführt. Die geringere Flüssigkeitszufuhr ist

zudem mit einem verbesserten pulmonalen Gasaustausch und einer verkürzten Dauer der künstlichen Beatmung assoziiert [28]. Dank des tieferen Gewebedrucks haben wir in unserem Zentrum auch eine deutliche Abnahme der aufgrund von Logensyndromen notwendigen Entlastungsschnitte beobachtet.

Ein anderes Problem stellt die frühzeitige Verwendung von Kolloiden dar. Die Makromoleküle (Albumin und Stärkederivate) verlassen rasch das Gefäßsystem und bleiben nach der Normalisierung der kapillaren Permeabilität im Gewebe gefangen. Dadurch halten sie einen abnorm hohen onkotischen Druck im Gewebe aufrecht und verhindern die Rückresorption der eingelagerten Flüssigkeit, die darin gefangen genommen wird („fluid creep“; ■ Abb. 2).

Nach etwa 8–12 h kann es beim Brandverletzten mit mehr als 40% BSA notwendig sein, Kolloide zu verabreichen: Die Gabe von Albumin 20%, gefrorenem Frischplasma oder Gelatine erfolgt in Abhängigkeit des Albuminspiegels (< 20 g/l) und der Thromboplastinzeit (TP, Quick $< 70\%$).

Tab. 3 Empfehlungen zur Erstversorgung vor Krankenhausaufnahme	
Airway	„Großzügige“ Intubation beim geringsten Verdacht auf Inhalation
Venöser Zugang	Ein einzelner periphervenöser Zugang, wenn möglich in gesundem Hautareal (evtl. intraossärer Zugang)
Infektionen	Aseptische Vorsichtsmaßnahmen
Flüssigkeiten	Kristalloide „ad minima“ sofern das Krankenhaus in weniger als 2 h erreicht werden kann (nur zur Gabe von Medikamenten) Keine Kolloide
Haut	Hypothermie vermeiden: keine Versuche, am Unfallort die genaue Verbrennungsoberfläche zu bestimmen, Temperaturverlust durch Aufdecken vermeiden, in Aluminiumdecken einhüllen: nur die kleinste notwendige Fläche für Behandlungsmaßnahmen freilegen

Tab. 4 Formeln für Infusionstherapie			
Formeln	Infusionstherapie für die ersten 24 h	Beispiel (24 h) 70 kg, 25% BSA	Bemerkungen
<i>Basisformeln</i>			
Baxter (Parkland Hospital)	4 ml/kg/% BSA Ringer-Laktat	7000 ml	50% während der ersten 8 h, 50% innerhalb von 16 h
Brooke modified	2 ml/kg/% BSA Ringer-Laktat	3500 ml	50% während der ersten 8 Stunden, 50% innerhalb von 16 h
<i>Formeln mit Kolloiden</i>			
Evans	1 ml/kg/% BSA-NaCl 0,9% 1 ml/kg/% BSA-Kolloid	1750 ml+1750 ml	
Brooke	1,5 ml/kg/% BSA Ringer-Laktat +0,5 ml/kg/% BSA-Kolloid	2625 ml+875 ml	
<i>Formeln für die Pädiatrie</i>			
Carvajal	2000 ml/m ² Ringer-Laktat +5000 ml/m ² BSA Ringer-Laktat	-	
Shriners-Cincinnati	4 ml/kg/% BSA Ringer-Laktat +1500 ml/m ² de Ringer-Laktat		50% während der ersten 8 h, 50% innerhalb von 16 h
BSA Burn Surface Area.			

Unweigerlich erhalten Verbrennungsoffer im Laufe ihres Klinikaufenthalts mehrere Liter an Kolloiden infundiert. Je später man mit der Infusion von Kolloiden beginnt, desto eher kann man die eben beschriebene Flüssigkeitseinlagerung und die Entwicklung eines Juckreizes vermindern, der auf die Anhäufung von Stärkeabbauprodukten in den Schwann-Zellen zurückzuführen ist [15, 20].

Strategien zur Vermeidung einer Überinfusion

Die Strategien zur Reduktion der Flüssigkeitszufuhr beginnen bereits in der Prävention der zu großen Volumengabe im Rahmen der Erstversorgung am Unfallort (Tab. 3, [25]). Sie beinhalten auch einen anfänglichen Verzicht auf Kolloide sowie deren zurückhaltende Verabreichung in

Abhängigkeit des Albuminspiegels ab der 8. bis 12. Stunde nach der Verbrennung.

Die verschiedenen geläufigen Formeln (Baxter, Brooke, Evans) helfen einem, den Rahmen der Flüssigkeitstherapie abzustimmen (Tab. 4, [13]). Die zugeführten Mengen an Kristalloiden und Kolloiden variiert mitunter erheblich. Im Sinne der Begrenzung des infundierten Volumens sollte man keine Rezepte verfolgen, sondern die Therapie unter Benutzung des angemessenen Monitorings den hämodynamischen Gegebenheiten des Patienten anpassen.

Mit den aktuellen Methoden der Behandlung, den kurzen Transportwegen und der Behandlung in Verbrennungszentren sollte die Parkland-Formel – „Tendenz trocken“ (also 2 ml/kg/%) – nur noch ein vorläufiger Anhaltspunkt für die globale Infusionstherapie sein, die dann anschließend anhand invasiver Messme-

thoden verfeinert und zielgerichtet der Situation angepasst wird [6].

Das Konzept einer permissiven Hypovolämie sollte angewandt werden. Zielparameter sind hierbei: arterieller Mitteldruck >60 mmHg, Herzfrequenz <120/min, Urinproduktion von 0,5–1 ml/(kg*h), Hämoglobin <180 g/l (Hämatokrit <55%) und je nach Monitoring invasiv gewonnene Parameter. Bei der Erstversorgung sollte am Besten die geringstmögliche Menge Kristalloide (keine Kolloide) verabreicht werden, um schon dort der Überinfusion vorzubeugen. Die Flüssigkeit, die zum Ausgleich eines durch Sedativa und Opiode bedingten Blutdruckabfalls verabreicht wird, führt ebenso zu einer übermäßigen Volumenzufuhr wie die „goal directed fluid resuscitation“, die auf eine Normalisierung der Füllungsdrücke, eine rasche Normalisierung des Basenüberschusses und der Plasmalaktatkonzentration sowie zur Unterhaltung eines hyperdynamen Zustands ausgerichtet ist. Eine Flüssigkeitstherapie, die auf Füllungsdrücke ausgerichtet ist, führt unweigerlich zu einer überhöhten Flüssigkeitszufuhr. Zu nennen sind in dem Zusammenhang der zentralvenöse Druck (ZVD), der pulmonalkapilläre Verschlussdruck „wedge“ (PCWP) oder das indizierte intrathorakale Blutvolumen (ITBI), gemessen per Thermodilution (PiCCO) [17]. Eine ausschließlich auf diesen Parametern basierende Therapie sollte nicht mehr angewandt werden.

Im Katastrophenfall sind diese Beschränkungen noch viel wichtiger: Die Überinfusion kann Patienten in sog. „Michelin-Männchen“ verwandeln, was sekundär zur Notwendigkeit einer Intubation mit künstlicher Beatmung führen kann – zu einem Zeitpunkt, wo verfügbare Ressourcen häufig limitiert sind. Das Phänomen des „fluid creep“ muss auf jeden Fall verhindert werden. Im Katastrophenfall mit hunderten von Verbrennungsoffern sollte bei Verbrennungen von maximal 30–40% BSA sogar eine unverzügliche orale Hydratation in Betracht gezogen werden [8, 21, 27]. In so einem Fall benutzt man alle zur Verfügung stehenden trinkbaren Flüssigkeiten (Wasser, Tee, Fruchtsaft, Milch, WHO-Trinklösung) und zusätzlich 5–7 g Salz pro getrunkenem Liter Flüssigkeit in Form von Bikarbonat- oder Natriumchloridtabletten.

Fazit für die Praxis

- Basierend auf der aktuellen Literaturlage empfiehlt es sich, die initiale Flüssigkeitstherapie bei Brandverletzungen gering zu halten.
- In unseren Breitengraden benötigt man selten mehr als 30–60 min, um ein Verbrennungszentrum zu erreichen. Während der Erstversorgung benötigt man den venösen Zugang einzig zum Verabreichen von Analgetika.
- Solange neben der Brandverletzung keine weiteren Traumata vorhanden sind, sollten kristalline Flüssigkeiten nie frei infundiert, sondern auf das strikte Minimum begrenzt werden (im Wesentlichen zur Gabe von Medikamenten).
- Während der ersten 8 h nach der Verbrennung sollen auf keinen Fall Kolloide infundiert werden.
- Die verschiedentlich gebrauchten Formeln zur Abschätzung des zu infundierenden Volumens müssen individuell den Patienten und der jeweiligen klinischen Situation angepasst werden.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. M.M. Berger
Service de Médecine Intensive
Adulte et Centre des Brûlés,
Centre Hospitalier Universitaire
Vaudois (CHUV)
Lausanne
Schweiz
Mette.Berger@chuv.ch

Compliance with Ethics Guidelines

Conflict of Interest. B. Michaeli, P.-N. Carron, J.-P. Revelly, M.-A. Bernath, C. Schrag and M.M. Berger declare that they have no conflict of interest.

This article does not contain any studies with human or animal subjects.

Literatur

1. Allgower M, Schoenenberger G, Sparkes B (2008) Pernicious effectors in burns. *Burns* 34(S1):S1–S55
2. Arlati S, Storti E, Pradella V et al (2007) Decreased fluid volume to reduce organ damage: a new approach to burn shock resuscitation? A preliminary study. *Resuscitation* 72:371–378
3. Arturson G. (1981) The Los Alfaques disaster: A boiling-liquid, expanding-vapour explosion. *Burns* 7:233–251
4. Azzopardi E, McWilliams B, Iyer S, Whitaker I (2009) Fluid resuscitation in adults with severe burns at risk of secondary abdominal compartment syndrome—an evidence based systematic review. *Burns* 35:911–920
5. Baxter C, Shires G (1968) Physiological response to crystalloid resuscitation of severe burns. *Ann N Y Acad Sci* 150:874–894
6. Berger MM, Revely JP, Carron PN, Bernath MA (2010) Surréanimation liquidienne pré et intrahospitalière des patients brûlés: fréquente et néfaste. *Rev Med Suisse* 6:2410–2415
7. Berkebile B, Goldfarb I, Slater H (1986) Comparison of burn size estimates between prehospital reports and burn center evaluations. *J Burn Care Rehabil* 7:411–412
8. Cancio L, Kramer G, Hoskins S (2006) Gastrointestinal fluid resuscitation of thermally injured patients. *J Burn Care Res* 27:561–569
9. Cartotto R, Zhou A (2010) Fluid creep: the pendulum hasn't swung back yet!. *J Burn Care Res* 31:551–558
10. Committee on Trauma (2008) Thermal injuries. In: American College of Surgeons. Advanced trauma life support for doctors ATLS student course manual. 8th ed. Chicago 211–224
11. Friedrich J, Sullivan S, Engrav L et al (2004) Is supra-Baxter resuscitation in burn patients a new phenomenon? *Burns* 30:464–466
12. Greenhalgh D (2010) Burn resuscitation: the results of the ISBI/ABA survey. *Burns* 36:176–182
13. Greenhalgh D (2007) Burn resuscitation. *J Burn Care Res* 28:1–11
14. Hammond J, Ward C (1987) Transfers from emergency room to burn center: errors in burn size estimate. *J Trauma* 27:1161–1165
15. Hartog C, Reinhart K. (2009) CONTRA: Hydroxyethyl starch solutions are unsafe in critically ill patients. *Intensive Care Med* 35:1337–1342
16. Hershberger R, Hunt J, Arnoldo B, Purdue G (2007) Abdominal compartment syndrome in the severely burned patient. *J Burn Care Res* 28:708–714
17. Holm C, Mayr M, Tegeler J et al (2004) A clinical randomized study on the effects of invasive monitoring on burn shock resuscitation. *Burns* 30:798–807
18. Ivy M, Atweh N, Palmer J et al (2000) Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in burn patients. *J Trauma* 49:387–391
19. Ivy M, Possenti P, Kepros J et al (1999) Abdominal compartment syndrome in patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 20:351–353
20. Kimme P, Jannsen B, Ledin T et al (2001) High incidence of pruritus after large doses of hydroxyethyl starch (HES) infusions. *Acta Anaesthesiol Scand* 45:686–689
21. Kramer G, Michell M, Oliveira H et al (2010) Oral and enteral resuscitation of burn shock the historical record and implications for mass casualty care. *Eplasty* 10:e56
22. Miller S, Finley R, Waltman M, Lincks J (1991) Burn size estimate reliability: a study. *J Burn Care Rehabil* 12:546–559
23. Payen D, Pont A de, Sakr Y et al (2008) A positive fluid balance is associated with a worse outcome in patients with acute renal failure. *Crit Care* 12:R74
24. Pham T, Cancio L, Gibran N (2008) American Burn Association practice guidelines. *Burn Shock Resuscitation*. *J Burn Care Res* 29:257–266
25. Pruitt BJ (2000) Protection from excessive resuscitation: „pushing the pendulum back“. *J Trauma* 49:567–568
26. Saffle J (2007) The phenomenon of „fluid creep“ in acute burn resuscitation. *J Burn Care Res* 28:382–395
27. Sørensen B (1980) Management of burns occurring as mass casualties after nuclear explosion. *Burns* 6
28. Tanaka H, Matsuda T, Miyagantani Y et al (2000) Reduction of resuscitation fluid volumes in severely burned patients using ascorbic acid administration. *Arch Surg* 135:326–331
29. Zawacki B (1974) The natural history of reversible burn injury. *Surg Gynecol Obstet* 139:867–872