

Notfall Rettungsmed
<https://doi.org/10.1007/s10049-018-0485-9>

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
 Springer Nature 2018

Redaktion

F. Eyer, München
 T. Luiz, Kaiserslautern
 G. Matthes, Potsdam



CrossMark

T. Klein¹ · J. Kaufmann² · W. Wendenburg¹ · T. M. Boemers¹ · N. Marathovouniotis¹

¹Klinik für Kinderchirurgie und Kinderurologie, Zentrum für schwerbrandverletzte Kinder, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Köln, Deutschland

²Abteilung für Kinderanästhesiologie, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Köln, Deutschland

Das brandverletzte Kind

Thermische Verletzungen gehören zu den häufigsten Unfallursachen im Kindesalter. Jährlich müssen in Deutschland etwa 30.000 Kinder aufgrund thermischer Verletzungen behandelt werden. Bei rund 6000 dieser Kinder ist eine stationäre Behandlung notwendig, wobei in mehr als 70 % der Fälle Kinder unter 5 Jahren betroffen sind. Um langfristige funktionelle und ästhetische Einschränkungen sowie psychische Belastungen zu vermeiden, ist eine adäquate prä- und innerklinische Behandlung notwendig. Entscheidend ist dabei, von Beginn an die Eltern und Bezugspersonen in die Behandlung einzubeziehen.

Ursachen der thermischen Verletzungen

Im Kindesalter sind Verbrühungen mit über 70 % die häufigste Ursache thermischer Verletzungen [18]. Dabei reicht eine Tasse heiße Flüssigkeit aus, um bis zu 30 % der kindlichen Körperoberfläche zu verbrühen. Bei Kleinkindern spielen zudem Kontaktverbrennungen durch Backöfen, Herdplatten oder Bügeleisen eine entscheidende Rolle. Großflächige Verbrennungen treten vermehrt erst bei älteren Kindern und Jugendlichen auf. Den häufigsten Unfallmechanismus stellt hier der Einsatz von Spiritus beim Grillen dar. Knallkörperverletzungen, teilweise mit verheerendem Ausgang, sind speziell zu Silvester gehäuft zu beobachten.

Bei Verbrennungen und Verbrühungen im Kindesalter muss zudem immer anhand einer ausführlichen Anamnese und des klinischen Bilds eine nicht-akzidentelle Verletzung ausgeschlossen

werden. Die Inzidenz nichtakzidenteller Verletzungen wird mit 2–8 % angegeben [2]. Am häufigsten sind Immersionsverletzungen durch Eintauchen vor allem der unteren Extremitäten in heiße Flüssigkeiten sowie Kontaktverbrennungen durch Zigaretten, Herdplatten oder Bügeleisen. Zur Rekonstruktion des Verletzungshergangs ist eine möglichst exakte (fotografische) Dokumentation

wesentlich (▣ **Abb. 1**). Bei Verdacht auf eine nichtakzidentelle Verletzung sollte immer eine rechtsmedizinische Konsultation erfolgen. Typische Hinweise sind in ▣ **Tab. 1** aufgeführt.



Abb. 1 ◀ Immersionsverletzung in heißem Badewasser. Die Aussparungen am Gesäß (a) und die symmetrische sockenförmige Verbrühung mit scharfer Begrenzung (b, c) sind typisch für eine nicht-akzidentelle Verletzung

Tab. 1 Hinweise auf nichtakzidentelle Verletzungen

Anamnese	Frühere Verbrennungen, assoziierte Misshandlungsverletzungen, Ge- deihstörung, Vernachlässigung
	Unvereinbarkeit des Unfallgeschehens mit dem Entwicklungsstand des Kindes
	Wechselnde Unfallberichte, Ablauf inkompatibel mit Verletzungsmuster, Verantwortlichkeit von Geschwisterkindern, verzögerter Arztbesuch
Körperliche Untersuchung	Ausgeprägte Ängstlichkeit bei der Untersuchung
	Symmetrische socken- und handschuhförmige Verbrühungen mit schar- fer Abgrenzung zur gesunden Haut (Immersionenverbrühungen)
	Aussparungen z. B. zentral am Gesäß („doughnut sign“), in Beugefalten, am inneren Augenwinkel
	Abdruck des ursächlichen Gegenstands der Kontaktverbrennungen (z. B. bei Zigarettenverbrennungen: Durchmesser 0,75–1 cm, gleichmäßig tief)

Tab. 2 Verbrennungstiefe

Grad	Verbrennungstiefe	Klinik
I	Epidermal	Rötung; intaktes Epithel; starke Schmerzen
IIa	Oberflächlich dermal	Blasenbildung; feuchter hyperämischer Wund- grund; prompte Rekapillarisation; intakte Hautan- hangsgebilde; starke Schmerzen
IIb	Tief dermal	Blasenbildung; feuchter weißlicher Wundgrund; gestörte Rekapillarisation; partieller Verlust von Hautanhangsgebilden; mäßiger Schmerz
III	Vollständig dermal	Trockener weißlicher Wundgrund; vollständiger Ver- lust von Hautanhangsgebilden; keine Schmerzen
IV	Subkutan, ggf. Muskeln, Sehnen, Knochen	Verkohlung

Beurteilung der thermischen Verletzung

Betroffene Körperoberfläche

Die Einschätzung der betroffenen Körperoberfläche (VKOF) und der Verbrennungstiefe ist für die prä- und innerklinische Behandlung wegweisend. In Abhängigkeit von der so quantifizierten Schwere der Verletzung wird über die Applikationsform der Analgesie, die Notwendigkeit einer Flüssigkeitstherapie sowie die Klinikzuweisung entschieden.

» Die verbrannte Körperoberfläche wird präklinisch meist überschätzt

Aus eigener Erfahrung und auch laut der Literatur zeigt sich, dass die VKOF präklinisch meist überschätzt und dabei bis zu 55 % zu hoch angegeben wird [12, 37]. Dies führt neben einer „Übertherapie“ des Patienten zu einer unnötigen Belas-

tung medizinischer Ressourcen. Kinder mit kleinflächigen Verbrühungen werden unnötig invasiven Maßnahmen wie der Anlage einer intraossären Nadel oder einer Intubation ausgesetzt, erhalten eine übermäßige Flüssigkeitszufuhr und werden über weite Distanzen in ein Verbrennungszentrum transportiert.

Das kann in der Notfallsituation durch die einfache und schnelle Abschätzung der VKOF über die Handflächenregel vermieden werden; diese besagt, dass 1 % der KOF der Handfläche des Patienten inklusive der Finger entspricht. Zur genaueren innerklinischen Bestimmung der VKOF dient dann das Schema nach Lund u. Browder [29], bei dem die VKOF ausgehend von der Körperregion und dem Patientenalter festgelegt wird.

Verbrennungstiefe

Die Verbrennungstiefe wird anhand des klinischen Erscheinungsbilds in 4 Grade eingeteilt (Tab. 2). Neben der klinischen Einschätzung der Ver-

brennungstiefe erfolgt im Rahmen der weiteren Versorgung zunehmend eine objektivierbare Messung, insbesondere mittels „laser Doppler imaging“ (LDI). Dabei wird in der thermisch verletzten Haut der dermale Blutfluss gemessen, der wiederum Rückschlüsse auf die Heilungschancen und -zeiträume erlaubt [24].

Präklinische Versorgung

Entscheidende Aufgaben in der präklinischen Versorgung von brandverletzten Kindern sind neben der Überprüfung und Sicherung der Vitalfunktionen eine möglichst genaue Einschätzung des Verletzungsausmaßes, die Einleitung einer adäquaten Schmerz- und Flüssigkeitstherapie sowie der Schutz vor Hypothermie [3]. Als Sofortmaßnahme sollten Kleidung und Schmuck unmittelbar nach der thermischen Verletzung entfernt werden. Gründe sind die Hitzespeicherung durch die Kleidung und die Strangulationsgefahr durch Schmuck, insbesondere aufgrund anschwellender Extremitäten [1]. Vital gefährdende Begleitverletzungen müssen im Behandlungsablauf priorisiert und bei der Auswahl der Zielklinik bedacht werden. Typische Szenarien, bei denen Begleitverletzungen auftreten, sind Stürze im Rahmen von Starkstromverletzungen beim „S-Bahn-Surfen“ sowie Wohnungsbrände. Generell werden Begleitverletzungen im Kindesalter aber selten beobachtet.

» Vital gefährdende Begleitverletzungen müssen im Behandlungsablauf priorisiert werden

Über 80 % der Notärzte fürchten sich vor einer Überforderung bei Kindernotfällen oder haben eine solche bereits erlebt [43]. Für die zentralen Herausforderungen – genauer das Schaffen eines Zugangs für Medikamente und Infusionen, die Auswahl und Dosierung von Medikamenten sowie das Atemwegsmanagement – stehen jedoch effektive und evaluierte Hilfsmittel zur Verfügung, die vorgehalten werden und bekannt sein müs-

sen. Durch gute Vorbereitung, Kenntnis der aktuellen, einfach strukturierten Behandlungsleitlinie sowie das Nutzen von Hilfsmitteln können auch nichtspezialisierte Notfallmediziner eine sichere Versorgung gewährleisten [20].

Atemwegsmanagement

Die Überprüfung der Atemwege hat – wie auch in anderen Notfallsituationen – die oberste Priorität in der Behandlung von brandverletzten Kindern. Die Indikation zur Sicherung der Atemwege ist entsprechend den üblichen notärztlichen Gesichtspunkten abhängig vom klinischen Gesamtbild, der Ursache, Lokalisation und Ausdehnung der thermischen Verletzung sowie dem Transportweg zur weiterversorgenden Einheit. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Atemwege im Kindesalter einen deutlich geringeren Durchmesser aufweisen. Infolge der Ödembildung nach schweren thermischen Verletzungen sowie nach Inhalationstraumata kann es frühzeitig zu einer Verlegung der Atemwege kommen. Insbesondere bei jungen Patienten unter 2 Jahren mit thermischen Verletzungen von über 20% KOF, dem Verdacht auf ein Inhalationstrauma sowie bei respiratorischen Auffälligkeiten (Heiserkeit, Stridor, Atemnot) sollte frühzeitig die Indikation zur Sicherung der Atemwege gestellt werden [36].

Weil eine Routine bei der Intubation präklinisch kaum zu erwerben ist und ein hohes Gefährdungspotenzial besteht, stellen die Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) fest, dass nur Personen, welche die Technik der endotrachealen Intubation sicher beherrschen, eine präklinische Intubation bei Kindern erwägen sollten [31]. In allen anderen Fällen sollten primär supraglottische Atemweghilfsmittel verwendet werden. In Bezug auf die Sicherung des Überlebens oder ein gutes neurologisches Ergebnis sind diese einer endotrachealen Intubation nicht unterlegen [10]. Keinesfalls dürfen wiederholte Intubationsversuche unternommen werden, da durch Schwellungen und Blutungen der Atemweg vollständig verloren gehen kann. Eigene Auswertungen haben gezeigt, dass Intubationsschäden infolge

Notfall Rettungsmed <https://doi.org/10.1007/s10049-018-0485-9>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

T. Klein · J. Kaufmann · W. Wendenburg · T. M. Boemers · N. Marathovouniotis

Das brandverletzte Kind

Zusammenfassung

Hintergrund. Thermische Verletzungen gehören zu den häufigsten Unfallursachen im Kindesalter und können erhebliche bleibende Schäden verursachen.

Ziel der Arbeit. In diesem Übersichtsbeitrag sollen die aktuellen Therapieempfehlungen für die prä- und innerklinische Versorgung von thermischen Verletzungen im Kindesalter zusammengefasst werden, wobei der Schwerpunkt auf die Besonderheiten in der Behandlung von Kindern gelegt wird.

Material und Methoden. Anhand der Literatur sowie klinischer Erfahrungen werden die aktuellen Therapieempfehlungen dargestellt und diskutiert.

Ergebnisse. Die Versorgung von thermischen Verletzungen im Kindesalter erfordert sowohl in der prä- als auch in der innerklinischen Versorgung ein differenziertes, an den kindlichen Organismus angepasstes Vorgehen. Die Herausforderung in der präklinischen Behandlung von kindlichen Notfällen besteht darin, trotz limitierter Erfahrungen eine mög-

lichst optimale Versorgung zu gewährleisten. In den spezialisierten Kliniken bzw. Zentren für schwerbrandverletzte Kinder muss dann eine an das Ausmaß der thermischen Verletzung angepasste Weiterversorgung erfolgen. Dabei müssen spezielle Aspekte der Kinderintensivmedizin wie auch der operativen Therapie beachtet werden, um insbesondere langfristig zufriedenstellende funktionelle und kosmetische Ergebnisse mit möglichst geringen Einschränkungen zu erzielen.

Schlussfolgerung. Die Behandlung von (schwer-)brandverletzten Kindern erfordert eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit, beginnend bei der präklinischen Versorgung über die innerklinische Weiterbehandlung hin zu einer langfristigen Nachsorge.

Schlüsselwörter

Verbrennungen · Notfalltherapie · Flüssigkeitssubstitution · Hypothermie · Larynxmaske

Children with burn injuries

Abstract

Background. Thermal injuries are among the most common accidental injuries in childhood and can cause significant permanent functional and esthetic impairments.

Aim. In this review article the current recommendations for the treatment of thermal injuries in children are summarized. The special requirements and challenges in preclinical and inpatient treatment of children with thermal injuries are highlighted.

Material and method. In the context of the current literature clinical experiences are outlined to introduce treatment recommendations for children with thermal injuries. Contemporary treatment principles and special aspects are presented and discussed.

Results. The treatment of thermal injuries in children poses special challenges as it requires a differentiated approach adapted to the anatomy and physiology of the child. Acute preclinical treatment of thermal

injuries is demanding, as a high standard has to be met even though the experience in pediatric emergencies is often limited. In the specialized clinic or center for children with severe burns, the treatment has to be adjusted to the severity of the burn or scald. In particular, special aspects of pediatric intensive care and surgical treatment have to be in focus to achieve satisfactory long-term functional and cosmetic results and decrease restrictions to a minimum.

Conclusion. The treatment of (severely) burnt children requires close interdisciplinary cooperation, starting from preclinical care through inpatient treatment and follow-up to long-term care.

Keywords

Burns · Emergency treatment · Fluid therapy · Hypothermia · Laryngeal masks

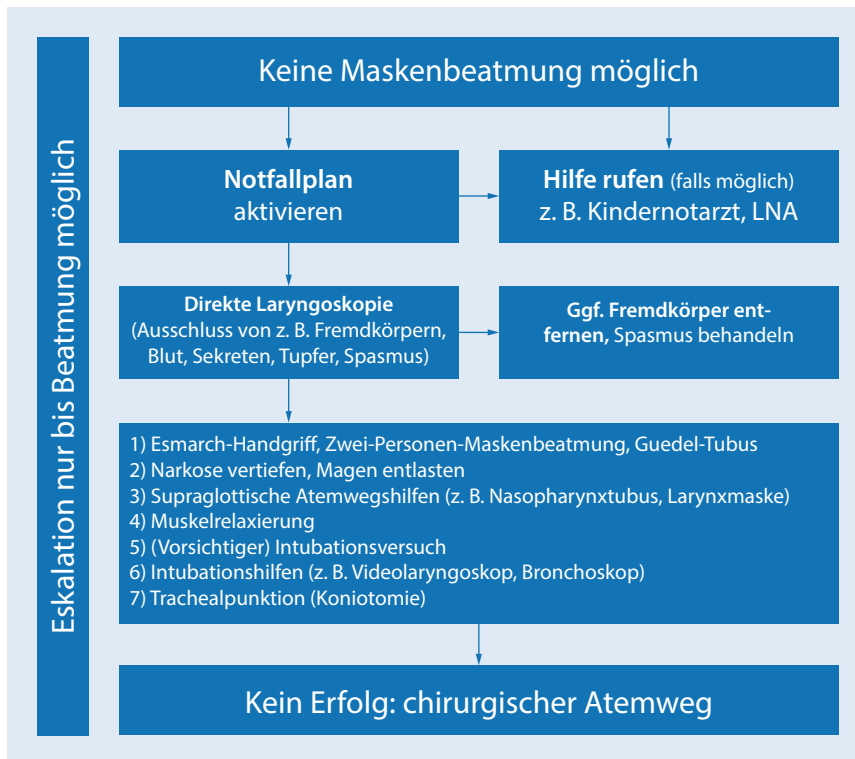


Abb. 2 ▲ Handlungsstrang für die Situation einer schwierigen Maskenbeatmung beim Kind. LNA Leitender Notarzt

unsachgemäßer präklinischer Intubation bei brandverletzten Kindern häufiger vorkommen als Inhalationstraumata.

» Als supraglottisches Atemwegshilfsmittel sollte ausschließlich die Larynxmaske eingesetzt werden

Ist eine Maskenbeatmung nicht erfolgreich, muss ein klarer und einfacher Handlungsstrang unmittelbar abrufbar und umsetzbar sein (▣ **Abb. 2**). Bei der Eskalation des Atemwegsmanagements muss erwähnt werden, dass die Koniotomie aufgrund der schwierigen Anatomie bei Säuglingen und Kleinkindern wenig Erfolg versprechend ist [39]. Im Rahmen der Atemwegssicherung sollte präklinisch frühzeitig eine direkte Laryngoskopie durchgeführt werden, um zeitnah eine Verlegung des Mund-Rachen-Raums mit einem Fremdkörper oder Sekreten zu erkennen. Es ist extrem unwahrscheinlich, dass bei unmittelbarer und vollständiger Umsetzung der

gezeigten Maßnahmen trotz des Einsatzes einer Larynxmaske (LM) keine Beatmung möglich ist.

Sowohl für die elektive Verwendung als auch in Notfallsituationen stellt die LM das am ehesten zu empfehlende supraglottische Atemwegshilfsmittel für Kinder ab 1,5 kg KG dar [15]. Die Evidenz für den Larynx-tubus (LT) ist bei Weitem nicht vergleichbar, er kommt aber dennoch überraschend häufig präklinisch zum Einsatz. Gemäß einem aktuellen Konsens verschiedener Fachgesellschaften sollte ausschließlich die LM als klar „besseres“ supraglottisches Atemwegshilfsmittel eingesetzt werden [15]. Dabei sollten LM mit der Möglichkeit zur Magendrainage bevorzugt eingesetzt werden. Zumindest für eine kurze Überbrückung kann mit einem nasopharyngealen Tubus („Rachentubus“; nasal eingeführter Tubus in Wendl-Position) unter manuellem Verschluss des Mundes und des gegenüberliegenden Nasenlochs fast immer eine suffiziente Beatmung durchgeführt werden, so etwa während einer Intubation oder wenn weder eine LM noch ein LT vorhan-

den ist. Alle genannten Hilfsmittel und Techniken sollten zwingend vor der Versorgung von Kindern im Rahmen von Hospitationen in der Kinderanästhesie oder durch Teilnahme an Simulations-szenarien geübt werden [14].

Schaffen eines Zugangs zur Medikamentengabe und präklinischen Infusionstherapie

Die Notwendigkeit der Anlage eines intravenösen (i. v.) Zugangs nach thermischen Verletzungen ist abhängig vom klinischen Zustand des Kindes, der Ausdehnung der Verletzung sowie der erwarteten Transportdauer. Bei Kindern mit thermischen Verletzungen <10 % VKOF kann auf die Anlage eines i. v.-Zugangs verzichtet werden, sofern eine Klinikzuweisung innerhalb von weniger als 30 min möglich ist [3]. Sofern eine sofortige Flüssigkeitstherapie notwendig ist, sollte diese mit isotoner kristalloider Lösung erfolgen und 10 ml/kg KG pro h nicht überschreiten [3]. Die unkontrollierte Infusionstherapie, wie sie im Alltag gehäuft stattfindet, sollte unbedingt vermieden werden, da eine zu hohe Flüssigkeitszufuhr zu einer ausgeprägten Ödembildung und Komplikationen wie einem Kompartiment-Syndrom führen kann.

Oftmals gestaltet sich bei Kindern in der Notfallsituation die Anlage eines Venenzugangs schwierig. Bei Exsikkose oder unter Reanimation kann sie unmöglich sein. Mit einer intraossären (i. o.) Nadel besteht ein schnelles, einfaches und sicheres Hilfsmittel, um einen Zugang zum Venensystem zu schaffen. Komplikationen sind sehr selten, sodass die aktuellen ERC-Leitlinien empfehlen, bei allen kritisch kranken Kindern, wenn nach 1 min kein Venenzugang etabliert werden konnte, auf eine i. o.-Nadel auszuweichen [31]. Die am besten geeignete Stelle bei Kindern ist die mediale Seite der proximalen Tibia 1–2 cm unterhalb der Tuberositas tibiae.

Analgesie

Insbesondere junge Patienten mit thermischen Verletzungen erhalten präklinisch oft keine ausreichende Analgesie [4, 36]. Im weiteren Behandlungsverlauf

Tab. 3 Beispiele für eine geeignete präklinische Akutschmerztherapie

Wirkstoff, Applikationsform	Dosis, Dosierungsintervall
<i>Piritramid</i>	
Intravenös	0,05 mg/kg KG Initialbolus 0,025 mg/kg KG alle 5 min bis Schmerzfreiheit
<i>Morphin</i>	
Intravenös	0,05 mg/kg KG Initialbolus 0,025 mg/kg KG alle 5 min bis Schmerzfreiheit
<i>Fentanyl (Ampullen mit 50 µg/ml)</i>	
Intravenös	0,25–0,5 µg/kg KG Initialbolus 0,25 µg/kg KG alle 5 min bis Schmerzfreiheit
Intranasal mit MAD	1,5 µg/kg KG (0,03 ml/kg KG)
<i>Esketamin</i>	
Rektal	10 mg/kg KG
Intramuskulär	2–3 mg/kg KG
Intravenös	0,25–0,5 mg/kg KG
Intranasal mit MAD	0,5–1 mg/kg KG
<i>Ketamin</i>	
Rektal	15–20 mg/kg KG
Intramuskulär	4–6 mg/kg KG
Intravenös	0,5–1 mg/kg KG
Intranasal mit MAD	1–2 mg/kg KG

MAD „Mucosal atomization device“ (nasaler Zerstäuber)

führt dies zu einer verstärkten Angst und Erregung vor den notwendigen Folgeeingriffen und reduziert die Effizienz der Analgesie [38, 42]. Medikamente zur suffizienten initialen Analgesie sind in **Tab. 3** aufgeführt [19]. Für einzelne Gaben von Sedativa und Analgetika besteht auch die Möglichkeit zur intranasalen Verabreichung mithilfe eines Zerstäubers („mucosal atomization device“ [MAD]; [7]). Publierte Erfahrungen liegen vor allem für Midazolam, Fentanyl, Sufentanil, Ketamin und Dexmedetomidin vor [20]. Von der Verabreichung eines Zäpfchens ist in einer Akutsituation keine rasche und zufriedenstellende Wirkung zu erwarten.

Medikamentensicherheit

Bei der Versorgung von Kindernotfällen kommen selbst in einer spezialisierten Einrichtung wie einer Kindernotaufnahme regelmäßig schwerwiegende Fehler vor. Mithilfe einfacher Maßnahmen kann eine signifikante Verbesserung der Medikamentensicherheit bei Kindern erreicht werden [21, 23].

Jeder Notfallmediziner sollte am Einsatzort Zugriff auf pädiatrisch-pharma-

kologische Informationen wie altersgruppenspezifische Kontraindikationen und Dosierungen haben, beispielsweise in Form von tabellarischen Zusammenstellungen oder einem Kitteltaschenbuch. Durch die Verwendung einer einfachen Tabelle im Rahmen eines Tests waren 9 von 10 Zehnerpotenzfehler vermeidbar [6]. Eine vergleichbare Effektgröße war bei Verwendung des Pädiatrischen Notfalllineals (PädNFL; <https://www.notfalllineal.de>) auch in der „echten“ präklinischen Versorgung von Kindernotfällen nachweisbar: 9 von 10 schwerwiegenden Dosierungsfehlern (>300% der empfohlenen Dosis) bezüglich aller untersuchten Medikamente wurden vermieden [22].

» Bei unbekanntem Gewicht sollte eine längenbezogene Schätzung erfolgen

Das Gewicht des Kindes muss sorgfältig beachtet werden. Bei unbekanntem Gewicht sind altersbezogene Schätzformeln ungeeignet [27] und es sollte eine längen-

bezogene Gewichtsschätzung verwendet werden [21, 30].

Wesentlich ist zusätzlich die Kommunikation im Team. Alle Beteiligten müssen ohne Berücksichtigung von Hierarchien die vollständig genannte Anordnung überprüfen und in Form einer vollständigen Wiederholung bestätigen. Das betrifft

- das Gewicht des Kindes,
- die gewünschte Dosierung pro Kilogramm Körpergewicht,
- die errechnete Dosis und
- die zu verabreichende Menge.

Durch die Verwendung von 1 ml-Spritzen mit einer 0,01 ml-Skalierung kann die Verdünnung der meisten Medikamente vermieden werden, wenn eine Nachspülung mit NaCl 0,9% erfolgt.

Hypothermievermeidung

Da eine Hypothermie mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität assoziiert ist, sollten kühlende Maßnahmen nur zurückhaltend eingesetzt werden [28, 32]. Bei kleinflächigen thermischen Verletzungen kann zur Analgesie eine Kühlung durch Laienhelfer bis zum Eintreffen der Rettungskräfte erfolgen. Dabei sollte die Kühlung mit etwa 20°C warmem Wasser über maximal 30 min durchgeführt werden.

Bei großflächigen thermischen Verletzungen, Verletzungen des Rumpfes, Säuglingen und Kleinkindern sowie bei beatmeten Kindern sollte auf eine Kühlung vollständig verzichtet werden. Keinesfalls darf eine Kühlung mit Eis erfolgen, da dies neben der Gefahr der Hypothermie zu einer ischämischen Nekrose des Gewebes durch die prolongierte Vasokonstriktion führen kann [40].

Um eine Hypothermie während des Transports zu verhindern und die verletzte Haut vor Verschmutzung zu schützen, sollte eine Abdeckung mit einer sauberen, nichtadhäsiven Wundauflage erfolgen.

Weiterbehandlung

Sofern eine stationäre Behandlung der Kinder nach der thermischen Verletzung notwendig ist, sollte diese ausschließlich

Infobox 1 Indikation zur Vorstellung in einem Zentrum für brandverletzte Kinder

- Verbrennungen zweiten Grades >10 % KOF
- Verbrennungen dritten Grades >5 % KOF
- Alle Verbrennungen vierten Grades
- Relevante Verbrennungen im Gesicht, an Hand/Fuß, im Genitalbereich, über den großen Gelenken
- Verdacht auf Inhalationstrauma

Infobox 2 Diagnosekriterien des toxischen Schocksyndroms

Zur Diagnosestellung müssen 3 von 5 Kriterien erfüllt sein [7]:

- Fieber $\geq 39^\circ\text{C}$
- Hautausschlag
- Durchfall/Erbrechen
- Erregbarkeit
- Lymphopenie

in einer spezialisierten Klinik oder in einem Zentrum für brandverletzte Kinder erfolgen [3]. Kriterien für eine Zentrumszuweisung sind in **Infobox 1** aufgeführt. Ist eine primäre Zuweisung in eine spezialisierte Klinik oder ein Zentrum für brandverletzte Kinder nicht möglich, sollte eine Erstversorgung in einer Fachklinik erfolgen und möglichst zeitnah eine sekundäre Verlegung stattfinden.

Während regional die spezialisierten Kliniken den Rettungsdiensten bekannt sein sollten, wird überregional die Vermittlung von schwerbrandverletzten Kindern in ein Zentrum für brandverletzte Kinder über die Feuerwehr Hamburg koordiniert. Da eine initiale Fehleinschätzung der thermischen Verletzung insbesondere hinsichtlich des Verbrennungsausmaßes neben einer „Übertherapie“ zu unnötig weiten Transportwegen führen kann, hat es sich bewährt, direkte telefonische Rücksprache mit den diensthabenden Kollegen der spezialisierten Kliniken zu halten. Im interkollegialen Austausch können die Einschätzung reflektiert und unnötige Belastungen der Patienten vermieden werden.

Innerklinische Versorgung

Nach telefonischer Vorankündigung der Zuverlegung eines brandverletzten Kindes werden innerklinische Maßnahmen zur Weiterbehandlung eingeleitet. In unserer Klinik werden klare Behandlungsstandards eingehalten, die abhängig vom Zustand des Patienten und des geschätzten Ausmaßes der thermischen Verletzungen festlegen, wo die Erstversorgung stattfindet (Notfallambulanz, Intermediate-Care-/Intensivstation, Operations-

saal) und welche Maßnahmen vorzubereiten sind. Während bei kleinflächigen thermischen Verletzungen eine Wundversorgung in der Ambulanz stattfinden kann, muss bei schwerbrandverletzten Kindern neben der chirurgischen Wundversorgung eine zügige Einleitung der intensivmedizinischen Therapie gewährleistet sein. Sofern der Verdacht auf ein Inhalationstrauma besteht, wird eine Tracheoskopie vorbereitet. Nach dem Eintreffen des Kindes müssen dann die präklinische Einschätzung reevaluiert, die thermischen Verletzungen möglichst genau dokumentiert und die Maßnahmen angepasst werden.

Flüssigkeitstherapie

Bei Kindern ist ab etwa 30 % VKOF infolge der pathophysiologischen Reaktion des Körpers auf die Verbrennung eine systemische Organ- und Funktionsstörung zu erwarten [17]. Dies führt unter anderem zu einer Verschiebung des intravasalen Volumens in den interstitiellen Raum. Bereits in der frühen Phase der Behandlung ist daher eine adäquate Flüssigkeitssubstitution erforderlich. Eine zu geringe Flüssigkeitszufuhr resultiert in einer persistierenden intravasalen Hypovolämie mit hämodynamischer Instabilität, reduzierter Organperfusion und erhöhter Morbidität bis hin zu Multiorganversagen und Tod [5, 26]. Eine überhöhte Flüssigkeitszufuhr bedingt einen weiteren Anstieg des extravasalen Volumens und begünstigt Komplikationen wie Ödembildungen, Pleura- und Perikardergüsse sowie Kompartmentsyndrome [25].

Die geläufigste Formel zur Ermittlung des Flüssigkeitsbedarfs nach ther-

mischen Verletzungen im Kindesalter ist die modifizierte Parkland-Formel, die den erhöhten Flüssigkeitsbedarf von Kindern berücksichtigt. Neben dem Grundbedarf erfolgt eine zusätzliche Flüssigkeitssubstitution abhängig vom Körpergewicht und der VKOF (**Tab. 4**).

» Jegliche Flüssigkeitssubstitution muss engmaschig überwacht werden

Jegliche Flüssigkeitssubstitution muss engmaschig überwacht werden, um so eine individuelle Anpassung zu ermöglichen. Maßgeblich sind neben der Urinausscheidung (Ziel: 0,5–2 ml/kg KG pro h) und den Kreislaufparametern biochemische Marker wie Basenüberschuss, Elektrolyte, Albumin, Hämatokrit und Laktatkonzentration. Der Einsatz invasiver Messmethoden (Pulskonturanalyse/Herzzeitvolumen) wirkt sich positiv auf die Morbidität aus und kann bei älteren Kindern ergänzend erfolgen [26]. Es besteht ein Konsens, dass vor allem in der Initialphase (<24 h) nach thermischen Verletzungen isotone kristalloide Lösungen (Ringer-Acetat) verwendet werden sollten. Nur bedarfsorientiert, wie etwa bei persistierender Hypotonie, sollten kolloide Infusionslösungen eingesetzt werden, insbesondere Albumin [11, 17].

Hypermetabolismus und Hyperkatabolismus

Ein zentraler Aspekt der intensivmedizinischen Behandlung schwerbrandverletzter Kinder ist die Therapie des Hypermetabolismus und Hyperkatabolismus. Die durch die thermische Verletzung induzierte pathologische Stoffwechsellaage ist auch langfristig nach dem Unfall nachweisbar [11, 17]. Insbesondere die Beeinflussung des Glukose- und Lipidstoffwechsels durch die hypermetabole Reaktion mit konsekutiver Hyperglykämie und erhöhter Lipolyse ist mit einem gesteigerten Risiko für Infektionen, Sepsis, Pneumonien, Katabolismus und ein schlechtes klinisches Outcome bis hin zum Tod assoziiert [11, 17].

Einigkeit besteht darüber, dass möglichst frühzeitig mit einer enteralen

Tab. 4 Flüssigkeitssubstitution

Grundbedarf	Bis 10 kg KG	4 ml/kg KG pro h
	10–20 kg KG	+2 ml/kg KG pro h
	>20 kg KG	+1 ml/kg KG pro h
Präklinische Flüssigkeitstherapie	Grundbedarf + zusätzliche Infusionstherapie abhängig von den Kreislaufparametern	Maximal 10 ml/kg KG pro h
Klinische Flüssigkeitstherapie (Parkland-Formel)	Erste 24 h	4 ml/kg KG pro % VKOF (davon 50 % in 8 h)
	>24 h	1 ml/kg KG pro % VKOF

Bei Säuglingen und Kleinkindern sollte eine kontrollierte Flüssigkeitszufuhr erfolgen (Boli per Spritze oder kontinuierlich per Perfusor)

VKOF Verbrannte Körperoberfläche

Ernährung begonnen werden sollte. Insbesondere bei sedierten Kindern kann hierfür die Anlage einer Duodenalsonde sinnvoll sein. Ergänzende Maßnahmen, die dem Hypermetabolismus entgegenwirken, sind eine Anpassung der Raumtemperatur in den Verbrennungseinheiten, eine frühzeitige Exzision und Deckung der Verbrennungswunden sowie regelmäßige physiotherapeutische Übungen [17]. Der bei brandverletzten Kindern erhöhte Verlust an Spurenelementen und Vitaminen ist mit einer erhöhten Infektionsrate und eingeschränkter Wundheilung assoziiert und sollte durch Supplementation ausgeglichen werden [11, 17].

» Der Verlust an Spurenelementen und Vitaminen sollte durch Supplementation ausgeglichen werden

Neben den zuvor erwähnten Maßnahmen gewinnt zunehmend eine medikamentöse Beeinflussung des Hypermetabolismus an Bedeutung. Insbesondere für die Gabe von Propranolol, einem nicht-kardioselektiven Betablocker, und Oxandrolon, einem anabolen Steroid, konnten langfristig positive Effekte auf die hypermetabole und hyperkatabole Reaktion nach schweren thermischen Verletzungen bei Kindern nachgewiesen werden [11, 17].

Wundversorgung

Die Entscheidung über die weitere Wundversorgung erfolgt in Abhängigkeit von der Ursache, Ausdehnung, Lokalisation und Tiefe der thermischen Verletzung sowie dem Alter des Kindes. Während oberflächliche Verbrennungen innerhalb von 7 bis 14 Tagen ohne Narbenbildung abheilen, dauert die Reepithelialisierung tieferer Verbrennungen 3–6 Wochen und geht mit einer verstärkten Narbenbildung einher [35].

Im Gegensatz zu Verbrennungen zeigt sich bei Verbrühungen oftmals ein Mischmuster aus oberflächlichen und tiefen bis hin zu vollständig dermalen Verletzungen (▣ Abb. 3). Die Herausforderung in der Behandlung von Verbrühungen ist es, möglichst exakt die tiefen von den oberflächlichen Arealen abzugrenzen. Nur so kann verhindert werden, dass oberflächliche Areale unnötig exzidiert werden. Gleichzeitig muss eine verzögerte Wundversorgung tieferer Areale mit erhöhtem Infektionsrisiko und verstärkter Narbenbildung vermieden werden. Die objektivierte Bestimmung der Verbrennungstiefe mittels LDI, die in der Regel zwischen dem zweiten und fünften Tag nach dem Unfall durchgeführt wird, ermöglicht dabei eine frühzeitigere Entscheidung zur Exzision und Transplantation der tiefer betroffenen Areale [24].

Konservative Therapie

Zur konservativen Wundbehandlung stehen unterschiedlichste Wundauflagen

und Verbandsmaterialien zur Verfügung. Ziel der lokalen Wundbehandlung ist es, — die Wundheilung zu fördern, — einen Infektionsschutz zu bieten, — eine Schmerzreduktion auch bei nachfolgenden Verbandswechseln zu erzielen und — dabei kosteneffizient zu sein.

Das früher regelhaft in der lokalen Wundbehandlung eingesetzte Silbersulfadiazin wurde von modernen temporären Hautersatzmaterialien wie Suprathel® (Polymedics Innovations, Woodstock, GA, USA) oder Biobrane® (Smith & Nephew, London, Großbritannien) abgelöst. Diese sind in Bezug auf Wundheilung, Anzahl der Verbandswchsel, Schmerzen und Krankenhausverweildauer überlegen [41].

In unserer Klinik führen wir am zweiten Tag nach dem Unfall ein Wunddebridement in Narkose oder Analgosedierung mit Bestimmung der Verbrennungstiefe anhand der klinischen Einschätzung sowie LDI-Messung durch. Bei oberflächlichen Verbrennungen erfolgt dann die Suprathel®-Auflage. Bei Verbrennungen an den Händen hat sich der Biobrane®-Handschuh bewährt, da er in unterschiedlichen Größen einschließlich einer pädiatrischen Variante zur Verfügung steht. Dies ermöglicht eine genaue Anpassung an die kindliche Hand, zudem bleibt das Hautersatzmaterial auch bei vermehrter Bewegung, die bei Kindern nie ausbleibt, haften. Nach der Erstversorgung in Narkose können alle weiteren Verbandswchsel auch bei kleinen Kindern problemlos ohne Narkose bzw. Sedierung durchgeführt werden.

Toxisches Schocksyndrom

Eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation vor allem kleinflächiger, klinisch unauffälliger thermischer Verletzungen bei jungen Kindern ist das toxische Schocksyndrom (TSS; [35]). Das TSS wird durch einen exotoxinproduzierenden *Staphylococcus aureus*, seltener auch durch Streptokokken, Pseudomonaden oder Klebsiellen verursacht und führt unbehandelt in bis zu 50 % der Fälle zum Tod. Typische Symptome des Prodromalstadiums, die in der Regel am



Abb. 3 ◀ Mischmuster einer Verbrennung

zweiten bis fünften Tag nach dem Unfall auftreten, sind Fieber, Hautausschlag, gastrointestinale Symptome wie Erbrechen und Durchfall sowie neurologische Auffälligkeiten [13]. Laborchemisch zeigen sich eine Lymphopenie sowie ein Anstieg des C-reaktiven Proteins. Die Diagnosestellung erfolgt anhand der klinischen Symptome sowie der laborchemischen Parameter (▣ **Infobox 2**; [8, 13]).

Bei den oben genannten Symptomen in Verbindung mit einer thermischen Verletzung muss frühzeitig an die Möglichkeit des TSS gedacht werden, damit die Zuweisung in eine spezialisierte Klinik erfolgt und die Therapie unmittelbar begonnen wird. Neben einer intensivmedizinischen Betreuung, einer antibiotischen Therapie und der Gabe von Immunglobulinen oder „fresh frozen plasma“ muss zeitnah ein Wunddébridement mit Auflage von antimikrobiellen Verbandsmaterialien durchgeführt werden. Die Morbidität und Mortalität können so signifikant reduziert werden [13].

Operative Therapie

Während oberflächliche Verbrennungen (Grad I-IIa) unter konservativen Maßnahmen ausheilen, ist bei tieferen Verbrennungen eine operative Therapie angezeigt. Heutzutage gilt das von Zora Janžekovič [16] eingeführte Prinzip der frühzeitigen Exzision und Transplantation als Goldstandard in der Behandlung von tieferen thermischen Verletzungen. Dabei können pro Operation bis zu 30 % VKOF nekrektomiert werden [34]. Der Blutverlust, die Infektionsrate, die An-

zahl an Operationen, die Krankenhausverweildauer sowie die Mortalität vor allem schwerbrandverletzter Kinder konnten so signifikant reduziert werden [9, 33].

Die tangentielle Exzision erfolgt mittels Weckmesser oder – zum exakteren Débridement beispielsweise an den Händen von Säuglingen oder Kleinkindern – mit hydrochirurgischen Systemen wie VersaJet® (Smith & Nephew, London, Großbritannien). Sofern ausreichende Spendeareale zur Verfügung stehen, schließt sich an die tangentielle Exzision unmittelbar die autologe Spalthauttransplantation an [11, 17, 35].

» Bei Kindern ist die behaarte Kopfhaut die Spalthautentnahmestelle der Wahl

Bei Kindern ist die behaarte Kopfhaut die Spalthautentnahmestelle der Wahl [35]. Dies begründet sich zum einen darin, dass aufgrund der kindlichen Proportionen am Kopf mehr Spalthaut als zum Beispiel am Oberschenkel entnommen werden kann. Zum anderen sind die Entnahmestellen durch die nachwachsenden Haare nach kurzer Zeit nicht mehr sichtbar. Aufgrund des besseren funktionellen und kosmetischen Ergebnisses sollte die Spalthaut, wenn immer möglich, ungemischt transplantiert werden [35].

Bei großflächigen Verbrennungen kommen die auch aus der Erwachsenen-chirurgie bekannten Maßnahmen zum Einsatz [11, 17, 34, 35]:

- Hautexpansion (Mesh-/Meek-Technik)
- Temporäre Defektdeckung mit allo- oder xenogenen Transplantaten bzw. (bio-)synthetischen Hautersatzmaterialien und schrittweiser Spalthauttransplantation
- Keratinozytentransplantation

Schlussfolgerung

Durch das Zusammenspiel verbesserter präklinischer Versorgung, intensivmedizinischer Betreuung und operativer Maßnahmen konnten die Mortalität und Morbidität insbesondere der schwerbrandverletzten Kinder signifikant verbessert werden. Soll ein funktionell und ästhetisch gutes Ergebnis erzielt und erhalten werden, ist im Anschluss an die Akutversorgung eine konsequente, an das Kindesalter angepasste Nachbehandlung mit langfristiger Anbindung an spezialisierte Sprechstunden entscheidend.

Fazit für Praxis

- Die korrekte Beurteilung des Verbrennungsausmaßes ist entscheidend für die prä- und innerklinische Therapie.
- Eine adäquate Analgesie und der Schutz vor Hypothermie sind in der präklinischen Versorgung maßgeblich.
- In der Notfallsituation sollte der Zugriff auf pädiatrisch-pharmakologische Informationen gegeben sein.
- Die Larynxmaske ist in Notfallsituationen das supraglottische Atemweghilfsmittel der Wahl.
- Ab einer VKOF > 10 % sollte präklinisch eine Flüssigkeitstherapie mit isotoner kristalloider Kochsalzlösung begonnen werden, wobei 10 ml/kg KG pro h nicht überschritten werden sollten.
- Eine stationäre Behandlung sollte immer in einer spezialisierten Klinik oder einer Klinik für schwerbrandverletzte Kinder erfolgen.
- An das toxische Schocksyndrom als schwerwiegende Komplikation kleinflächiger kindlicher Verbrennungen muss gedacht werden.

- In der intensivmedizinischen Behandlung sind eine exakte Flüssigkeitssubstitution und die Therapie des Hypermetabolismus wesentlich.
- Durch eine verbesserte konservative und operative Therapie konnten die Morbidität und Mortalität brandverletzter Kinder signifikant verbessert werden.

Korrespondenzadresse

Dr. T. Klein

Klinik für Kinderchirurgie und Kinderurologie,
Zentrum für schwerbrandverletzte Kinder,
Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße,
Kliniken der Stadt Köln gGmbH
Amsterdamer Str. 59, 50735 Köln, Deutschland
7081.klein@gmail.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T. Klein, W. Wendenburg, T.M. Boemers und N. Marathovouniotis geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. J. Kaufmann ist am Vertrieb des PädNFL beteiligt.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Allison K, Porter K (2004) Consensus on the pre-hospital approach to burns patient management. *Emerg Med J* 21:112–114
- Andronicus M, Oates RK, Peat J et al (1998) Non-accidental burns in children. *Burns* 24:552–558
- Awmf (2015) S2k-Leitlinie 006-128: Behandlung thermischer Verletzungen im Kindesalter (Verbrennungen, Verbrühungen)
- Baartmans MG, De Jong AE, Van Baar ME et al (2016) Early management in children with burns: Cooling, wound care and pain management. *Burns* 42:777–782
- Barrow RE, Jeschke MG, Herndon DN (2000) Early fluid resuscitation improves outcomes in severely burned children. *Resuscitation* 45:91–96
- Bernius M, Thibodeau B, Jones A et al (2008) Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 12:486–494
- Borland M, Jacobs I, King B et al (2007) A randomized controlled trial comparing intranasal fentanyl to intravenous morphine for managing acute pain in children in the emergency department. *Ann Emerg Med* 49:335–340
- Cole RP, Shakespeare PG (1990) Toxic shock syndrome in scalded children. *Burns* 16:221–224
- Desai MH, Herndon DN, Broemeling L et al (1990) Early burn wound excision significantly reduces blood loss. *Ann Surg* 211:753–759 (discussion 759–762)
- Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ et al (2000) Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *JAMA* 283:783–790
- Gonzalez R, Shanti CM (2015) Overview of current pediatric burn care. *Semin Pediatr Surg* 24:47–49
- Goverman J, Bittner EA, Friedstat JS et al (2015) Discrepancy in initial pediatric burn estimates and its impact on fluid resuscitation. *J Burn Care Res* 36:574–579
- Gutzler L, Schiestl C, Meuli M et al (2018) Toxic shock syndrome in paediatric thermal injuries: a case series and systematic literature review. *Burns* 44(1):e1–e12. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.07.002>
- Heimberg E, Heinzel O, Hoffmann F (2015) Typical problems in pediatric emergencies: possible solutions. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 110:354–359
- Hoffmann F, Keil J, Urban B et al (2016) Interdisziplinär konsentrierte Stellungnahme: Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegs hilfen in der Kindernotfallmedizin. Larynxmaskeist State-of-the-art. *Anästhesiologie* 57:377–386
- Janzekovic Z (1970) A new concept in the early excision and immediate grafting of burns. *J Trauma* 10:1103–1108
- Jeschke MG, Herndon DN (2014) Burns in children: standard and new treatments. *Lancet* 383:1168–1178
- Jester I, Jester A, Demirakca S et al (2005) Notfallmanagement bei der Primärversorgung kindlicher Verbrennungen. *Intensivmed Notfmed* 42:60–65
- Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Analgesie und Narkose im Kindesalter. *Notfallmed Up2date* 7:17–27
- Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Die präklinische Versorgung von Notfällen im Kindesalter. *Anaesth Intensivmed* 53:254–267
- Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Medikamentenfehler bei Kindernotfällen – eine systematische Analyse. *Dtsch Arztebl Int* 109:609–616
- Kaufmann J, Roth B, Engelhardt T et al (2016) Development and prospective federal state-wide evaluation of a device for height-based dose recommendations in prehospital pediatric emergencies: a simple tool to prevent most severe drug errors. *Prehosp Emerg Care*. <https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1248257>
- Kaufmann J, Wolf AR, Becke K et al (2017) Drug safety in paediatric anaesthesia. *Br J Anaesth* 118:670–679
- Kim LH, Ward D, Lam L et al (2010) The impact of laser Doppler imaging on time to grafting decisions in pediatric burns. *J Burn Care Res* 31:328–332
- Klein MB, Hayden D, Elson C et al (2007) The association between fluid administration and outcome following major burn: a multicenter study. *Ann Surg* 245:622–628
- Kraft R, Herndon DN, Branski LK et al (2013) Optimized fluid management improves outcomes of pediatric burn patients. *J Surg Res* 181:121–128
- Krieser D, Nguyen K, Kerr D et al (2007) Parental weight estimation of their child's weight is more accurate than other weight estimation methods for determining children's weight in an emergency department? *Emerg Med J* 24:756–759
- Lonnecker S, Schoder V (2001) Hypothermia in patients with burn injuries: influence of prehospital treatment. *Chirurg* 72:164–167
- Lund CC, Browder NC (1944) The estimation of areas of burns. *Surg Gynecol Obstet* 79:352–358
- Luten RC, Zaritsky A, Wears R et al (2007) The use of the Broselow tape in pediatric resuscitation. *Acad Emerg Med* 14:500–501 (author reply 501–502)
- Maconochie IK, Bingham R, Eich C et al (2015) European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 95:223–248
- Mccormack RA, La Hei ER, Martin HC (2003) First-aid management of minor burns in children: a prospective study of children presenting to the Children's Hospital at Westmead, Sydney. *Med J Aust* 178:31–33
- Pietsch JB, Netscher DT, Nagaraj HS et al (1985) Early excision of major burns in children: effect on morbidity and mortality. *J Pediatr Surg* 20:754–757
- Schiestl C, Beynon C, Balmer B (2007) What are the differences? – treatment of burns in children compared to treatment in adults. *Osteo Trauma Care* 15:26–28
- Schiestl C, Meuli M, Trop M et al (2013) Management of burn wounds. *Eur J Pediatr Surg* 23:341–348
- Strobel AM, Fey R (2018) Emergency care of pediatric burns. *Emerg Med Clin North Am* 36:441–458
- Swords DS, Hadley ED, Swett KR et al (2015) Total body surface area overestimation at referring institutions in children transferred to a burn center. *Am Surg* 81:56–63
- Thurber CA, Martin-Herz SP, Patterson DR (2000) Psychological principles of burn wound pain in children. I: theoretical framework. *J Burn Care Rehabil* 21:376–387 (discussion 375)
- Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V et al (2012) Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. *Anästhesiologie* 53:294–308
- Venter TH, Karpelowsky JS, Rode H (2007) Cooling of the burn wound: the ideal temperature of the coolant. *Burns* 33:917–922
- Vloemans AF, Hermans MH, Van Der Wal MB et al (2014) Optimal treatment of partial thickness burns in children: a systematic review. *Burns* 40:177–190
- Weisman SJ, Bernstein B, Schechter NL (1998) Consequences of inadequate analgesia during painful procedures in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 152:147–149
- Zink W, Bernhard M, Keul W et al (2004) Invasive techniques in emergency medicine. I. Practice-oriented training concept to ensure adequately qualified emergency physicians. *Anaesthesist* 53:1086–1092