

Management von Verbrennungen im Kindesalter

Chirurgische Erstversorgung und Nachbehandlung

Verbrennungen im Kindesalter imponieren häufig als dramatische Unfälle und stellen die Behandler vor besondere Herausforderungen. Sie können eine lebenslange Stigmatisierung durch Narbenbildung hinterlassen, die evtl. mehrfache Korrekturoperationen bis ins Erwachsenenalter nach sich zieht. Um ein optimales Therapieziel ohne dauerhafte psychische Traumatisierung und ohne ästhetische bzw. funktionelle Langzeitfolgen zu erreichen, sollte jede Behandlung von thermisch verletzten Kindern in Kliniken durchgeführt werden, die über eine Expertise in der Behandlung von Kindern jeden Alters verfügen.

Epidemiologie kindlicher Verbrennungen

Verbrennungen nehmen in der Gesamtstatistik kindlicher Unfälle einen vorderen Platz ein. In Deutschland verbrennen sich jährlich mehr als 30.000 Kinder und Jugendliche unter 15 Jahren so schwer, dass sie ärztlich behandelt werden müssen. Etwa 6000 von ihnen müssen im Krankenhaus stationär aufgenommen werden, davon im Jahr 2013 etwa 1900 in Spezialkliniken für schwerbrandverletzte Kinder [10]. Bei etwa 2/3 der Verletzten handelt es sich um Kleinkinder unter 4 Jahren. Das bedeutet, Säuglinge und Kleinkinder sind eine Hochrisikogruppe für Verbrennungen. In dieser Altersgruppe ereignet sich der Unfall fast immer im häuslichen Milieu und zumeist im Beisein von Eltern oder Bezugspersonen.

Ursachen

Akzidentelle Verbrennungen

Dominierend mit einem prozentualen Anteil von 60–85% sind Verbrühungen mit heißen Flüssigkeiten, verursacht z. B. durch Herabziehen von Töpfen mit heißem Wasser und noch viel häufiger durch Herabziehen von Wasserkochern am in Reichweite des Kindes hängenden Kabel oder durch umstürzende Tassen und Kannen mit heißem Tee oder Kaffee [8]. Eine einzige Tasse mit heißem Tee z. B. kann bei einem Kleinkind schon eine lebensgefährliche Verbrennung von bis zu 30% der Körperoberfläche verursachen [10]. Ebenfalls relativ häufig sind Verbrennungen durch das Übergießen der heißen Flüssigkeit beim Inhalieren (■ **Abb. 1**).

Einen weiteren Häufigkeitsgipfel bestimmter Verbrennungen in der Altersgruppe der Kleinkinder stellen die Kontaktverbrennungen der Hände dar, die durch Berühren heißer Backofentüren, Herdplatten oder Kaminöfen verursacht werden (■ **Abb. 2**).

Je älter die Kinder sind, umso mehr verlagert sich die thermische Verletzung von der Verbrühung zur Verbrennung. Bei den Schulkindern stehen Verbrennungen durch Spiel mit Feuer, unsachgemäßen Gebrauch von Brandbeschleunigern und Feuerwerkskörpern im Vordergrund (■ **Abb. 3**).

Jedes Jahr wiederkehrend werden Verbrennungen durch Spiritusverpuffung beim Grillen gesehen. Oft sind Erwachsene die Verursacher, die ungeduldig mit

langem Arm Spiritus auf die Glut gießen. Das daneben stehende Kind wird von der meterhohen Stichflamme erfasst und in Flammen gesetzt.

Kindesmisshandlung (nichtakzidentelle Verbrennung)

Bei allen Verbrühungen und Verbrennungen im Kindesalter muss bei der Aufnahme der Unfallanamnese immer auch an die Möglichkeit einer Kindesmisshandlung (nichtakzidentelle Verletzungen) gedacht werden.

In Deutschland werden pro Jahr etwa 200.000 Kinder misshandelt [7]. Ungefähr 10% aller Verbrennungen bei Kindern sollen Folge einer Misshandlung sein. Wie aber kann eine solche erkannt werden? Typische bzw. verdächtige Hinweise auf eine aktive Misshandlung sind, bezogen auf Verbrennungen bei Kindern, u. a. [6, 7]:

- Die Anamnese bzw. der behauptete Geschehensablauf ist für den vorliegenden Verletzungsbefund nicht plausibel oder variiert.
- Es finden sich weitere Verletzungen zusätzlich zu denjenigen, die zur Vorstellung des Kindes führten.
- Der Entwicklungsstand des Kindes passt nicht zum geschilderten Unfallmechanismus.
- Psychische Auffälligkeiten
- Zeichen seelischer oder körperlicher Vernachlässigung
- Der Arztbesuch erfolgt mit deutlicher zeitlicher Verzögerung.



Abb. 1 ◀ **a** Latzverbrühung durch Übergießen mit heißem Wasser, **b** Verbrühung durch Übergießen der Flüssigkeit beim Inhalieren



Abb. 2 ▲ Kontaktverbrühung durch Berühren einer Ofentür



Abb. 3 ▲ Verbrennung durch Verpuffung nach Experimentieren mit Schwarzpulver



Abb. 4 ▲ Eintauchverbrühung bei Misshandlung mit gleichmäßiger Tiefe



Abb. 5 ◀ Kontaktverbrühung bei Misshandlung durch ein Bügeleisen

Auffällige Lokalbefunde sind:

- Eintauchverletzungen (▣ Abb. 4), oft symmetrisch an den Extremitäten mit gleichmäßiger Verbrennungstiefe und
- ungewöhnliche Verteilung der Verbrennungen, z. B. am Handrücken, an der Fußsohle, am Rücken oder am Gesäß (▣ Abb. 5).

Erstmaßnahmen nach einer Verbrennung

Mit den Erstmaßnahmen soll unmittelbar nach dem Unfall – schon von den Eltern des Kindes – begonnen werden. Nachdem das Kind – wenn nötig – aus der Gefahrenzone entfernt wurde, sollte v. a. bei

Verbrühungen die mit der heißen Flüssigkeit getränkte Kleidung so schnell wie möglich entfernt werden. Die anschließende Kühlung der betroffenen Areale geriet in letzter Zeit in die Diskussion.

Neue Empfehlungen zur Kühlung

Bislang lautete die Empfehlung, die Verbrennung zu kühlen, einerseits zur Schmerzbekämpfung, andererseits zur Abkühlung des Gewebes, Abschwellung des Wundödems und Verhinderung des sog. Nachbrennens. Neuere Untersuchungen ergaben, dass diese Wirkungen nur innerhalb der ersten Sekunden nach dem Trauma durch Kühlung zu erreichen sind [2]. Ganz im Gegenteil kommt es bei zu langer und zu kalter Kühlung zu einer hypothermiebedingten Vasokonstriktion und damit zu einem Nachtiefer der Verbrennung, d. h. zu einer Zunahme des Verbrennungsausmaßes. Dies wird ersichtlich, wenn man sich den Auf-

bau einer Verbrennungswunde vor Augen hält:

Histomorphologisch lassen sich bei Verbrennungen 3 Zonen unterscheiden, die sog. Verbrennungszonen nach Jackson ([14], **Abb. 6**):

Koagulations- oder Nekrosezone. Sie stellt den Kern der thermischen Schädigung dar, mit Zerstörung der Zellstrukturen aufgrund der Denaturierung von Eiweißen.

Stasezone. In ihr sind die Zellfunktionen beeinträchtigt. Die Zellstrukturen sind zwar nicht dauerhaft zerstört, aber die Durchblutung (Kapillarperfusion) ist eingeschränkt, und es besteht eine Tendenz zur dauerhaften Schädigung durch pathologische Immunvorgänge (Mediatorenausschüttung) und Sauerstoffmangel (Ischämie).

Kommt es also im Bereich der Stasezone zu einer Vasokonstriktion (z. B. bei Kühlung), gehen infolge des Sauerstoffmangels die eigentlich noch regenerationsfähigen Zellen zugrunde und vergrößern die Nekrosezone, d. h. vertiefen die Verbrennung.

Hyperämiezone. Sie ist von der thermischen Schädigung nicht direkt betroffen, sondern Teil des lokalen Kompensationsmechanismus mit verstärkter Durchblutung (Hyperämie) zum Abtransport der Wärme.

Ein weiterer Nachteil der Kaltwasserbehandlung ist die Gefahr der Auskühlung des Kindes [11]. Denn Säuglinge und Kleinkinder sind aufgrund ihres erhöhten Oberflächen-Volumen-Verhältnisses, ihres weniger isolierenden Fetts und ihrer geringeren Muskelmasse besonders anfällig für Hypothermie. Durch die Kaltwasserbehandlungen kommt es nicht selten zu schweren Unterkühlungen mit gravierenden negativen Folgen für den weiteren Krankheitsverlauf. Neben der Zunahme des Verbrennungsschadens kommt es zur Immunsuppression mit verzögerter Wundheilung und Sepsisgefahr, zu Herzrhythmusstörungen (das Myokard wird durch Hypothermie anfälliger für Veränderungen in den Elektrolytkonzentrationen) und beim analgosedierten Kind zum Abfall des Herzzeitvolumens (HZV). Au-

Trauma Berufskrankh 2014 · 116[Suppl 4]:416–424 DOI 10.1007/s10039-014-2125-z
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

M. Sinnig · K. Schriek

Management von Verbrennungen im Kindesalter. Chirurgische Erstversorgung und Nachbehandlung

Zusammenfassung

Hintergrund. In Deutschland erleiden jedes Jahr etwa 30.000 Kinder eine thermische Verletzung. Von diesen müssen etwa 2.000 in Spezialkliniken für schwerbrandverletzte Kinder behandelt werden. Bei etwa 2/3 der Verletzten handelt es sich um Kleinkinder unter 4 Jahren. Über 70% der thermischen Verletzungen werden durch Verbrühungen mit heißen Flüssigkeiten verursacht. Ungefähr 10% aller Verbrennungen bei Kindern sollen Folge einer Misshandlung sein.

Ziel der Arbeit. Die Arbeit soll eine Übersicht über die Besonderheiten des kindlichen Verbrennungstraumas vermitteln und Empfehlungen zur Erstversorgung, Intensiv- und chirurgischen Therapie und zur Nachsorge geben.

Resümee. Verbrennungen im Kindesalter stellen die Behandler vor besondere Herausforderungen. Sie können eine lebenslange Stigmatisierung durch Narbenbildung hinterlassen. Um ein optimales Therapieziel zu erreichen, sollte jede Behandlung von thermisch verletzten Kindern in Kliniken durchgeführt werden, die über eine Expertise in der Behandlung von Kindern jeden Alters verfügen.

Schlüsselwörter

Verbrennung · Verbrühung · Kind · Misshandlung · Chirurgie

Management of pediatric burn injuries. Initial surgical and follow-up treatment

Abstract

Background. Each year in Germany approximately 30,000 children suffer from burn injuries and 2,000 of these children must be treated in special pediatric burn treatment units for severely injured children. Approximately two thirds of these children are less than 4 years old, 70% of thermal injuries are due to scalding with hot liquids and approximately 10% of all burns in children result from deliberate physical abuse.

Objectives. The aim of this article is to give an overview of the characteristics of pediatric burn trauma with recommendations for initial treatment, surgical and intensive care therapy as well as follow-up treatment.

Conclusion. Physicians are especially challenged by pediatric burn injuries which can cause lifelong stigma by scarring and other physical defects. To achieve an optimal result treatment of pediatric thermal injuries should be performed in clinics where the necessary expertise is available for the treatment of children of all ages.

Keywords

Burns · Scalding · Maltreatment, child · Abuse, child · Surgery

ßerdem können Gerinnungsstörungen auftreten.

Die Kühlung einer Verbrennungswunde sollte daher – wenn überhaupt – auf kleine Areale beschränkt sein, nicht länger als 10 min bzw. als bis zum Eintreffen des Notarztes dauern, und das Wasser sollte eine Temperatur von mindestens 20° haben [4, 11]. Anschließend sollten die verbrannten Areale mit z. B. einer sterilen Metallfolie bedeckt werden, darüber kommt eine trockene warme Decke, die das ganze Kind einhüllen sollte, um es vor Unterkühlung zu schützen.

In der Klinik muss dann weiter darauf geachtet werden, dass das Kind nicht auskühlt. Auch in einem gut vorgeheizten OP (Operationsaal) kann dies sehr schnell der Fall sein, und zwar durch Verdunstungskälte über die feuchten Wundflächen. Die Kinder müssen daher immer gut zugedeckt sein, und die chirurgische Erstversorgung sollte zügig vor sich gehen.

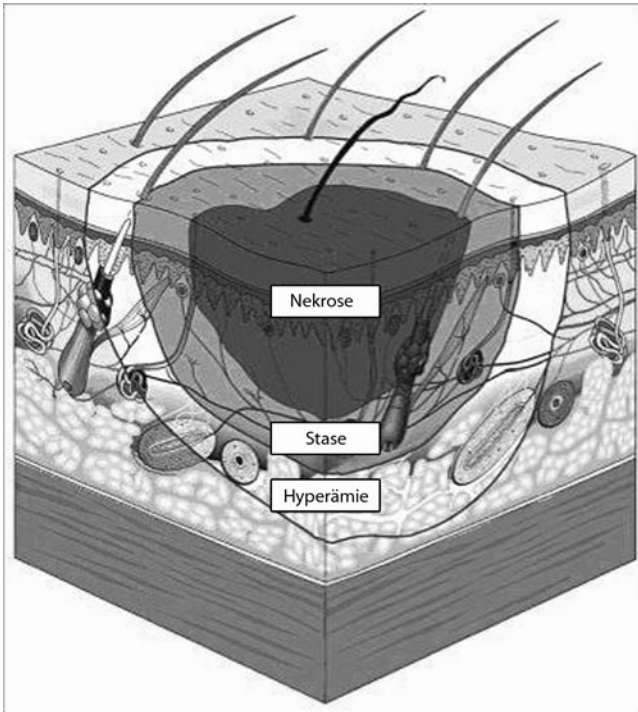


Abb. 6 ◀ Verbrennungszonen nach Jackson [14]. (Mit freundl. Genehmigung von Thieme)

S-Ketamin

0,25 - 1 mg/kg KG i.v.
4 mg/kg KG i.n

• plus

Midazolam

0,05 - 0,1 mg/kg KG
i.v.
0,5 mg/kg KG i.n.

Abb. 7 ▲ Empfehlung zur Analgetikagabe

Schmerztherapie – oft nicht ausreichend

Eine weitere, sehr wichtige Erstmaßnahme ist die Schmerzbekämpfung.

Verbrennungen sind bekanntlich extrem schmerzhaft [5]. Die Schmerzintensität verhält sich umgekehrt zur Verbrennungstiefe. Vor allem großflächige zweitgradige Verbrennungen verursachen stärkste Schmerzen. Hier wird selbst ein leichter Luftzug als Schmerz empfunden.

Eine suffiziente Schmerztherapie ist auch zur Vermeidung von Hautperforationsstörungen durch eine sympathikoadrenerge Vasokonstriktion extrem wichtig und trägt daher auch zur Vermeidung des Nachtiefens der Verbrennung bei. Idealerweise sollten dem Kind vom erstbehandelnden Notarzt ein i.v. Zugang gelegt werden und über diesen z. B. S-Ketamin 0,25–1 mg/kgKG (KG: Körpergewicht) plus Midazolam 0,05–0,1 mg/kgKG verabreicht werden. Gelingt die Anlage eines i.v. Zugangs nicht, kann man bei Verbrennungen unter 10% der Körperoberfläche die Medikamente auch rektal verabreichen; auch z. B. S-Ketamin (10 mg/kgKG) lässt sich auf diese Weise applizieren, die Wirkung tritt nach etwa 10–30 min ein. Auch die nasale Applikation (i.n.) von S-Ketamin plus evtl. Midazolam über einen speziellen Sprühapplikator bewährte sich (▣ Abb. 7). Hier ist der Wirkungseintritt nach etwa 2–5 min zu erwarten.

Präklinische Infusionstherapie/ Bedeutung des präklinisch angelegten i.v. Zugangs

Bei großflächigen Verbrennungen ab 10% Körperoberfläche und einer zu erwartenden Transportzeit über 30 min muss ein

Zugang gelegt werden, notfalls intraossär zur sofortigen Flüssigkeitsbehandlung.

Schon bei einer mittelschweren Verbrennung [ab 10% KOF (Körperoberfläche)] kann das intravasale Volumendefizit infolge generalisierter Ödembildung nach 1 h bereits 20–30% des zirkulierenden Blutvolumens betragen [4], d. h. es besteht Schockgefahr. Bei kurzen Transportwegen in die Klinik sollte jedoch nicht mit einem Hyperinfusionsschema begonnen werden, da grobe Fehleinschätzungen von Patientengewicht und insbesondere der Verbrennungsausdehnung v. a. bei Kindern häufig sind und die Gefahr der Überwässerung besteht. Als initiales Infusionsschema bis zur Klinikbehandlung bewährte sich die Gabe von [12]:

Ringer-Azetatlösung 10 ml/kgKG/h.

Es sollte initial keine systemische Behandlung mit Antibiotika oder Kortison durchgeführt werden.

Zuweisungskriterien für ein Brandverletzenzentrum

Der Notarzt entscheidet, wo die Behandlung des brandverletzten Kindes durchgeführt wird. Entscheidend dafür sind die Tiefe und die Ausdehnung der Verbrennung.

Nach den aktuellen Leitlinien [4] sind u. a. verbindliche Kriterien für die Einweisung brandverletzter Kinder in ein Verbrennungszentrum festgelegt: Danach sind alle brandverletzten Kinder mit zweitgradigen Verbrennungen über 10% und alle drittgradigen Verbrennungen über 5% KOF, Kinder mit Inhalations- oder Elektrotrauma und mit Verbrennungen an Lokalisationen wie Gesicht, Hände, Füße, Genitale, Achselhöhle und Bereichen über großen Gelenken stationär in einem Zentrum für Brandverletzte zu behandeln, außerdem alle Kinder, bei denen nach einer Verbrennung der Verdacht auf Misshandlung besteht.

Es gibt in Deutschland 19 Zentren für schwerbrandverletzte Kinder mit 46 Intensivbetten (Stand 2013).

In einem Brandverletzenzentrum liegen die räumlichen und personellen Voraussetzungen vor, um die Behandlung fach- und kindgerecht durchzuführen, damit die physische und psychische Traumatisierung möglichst gering sind.

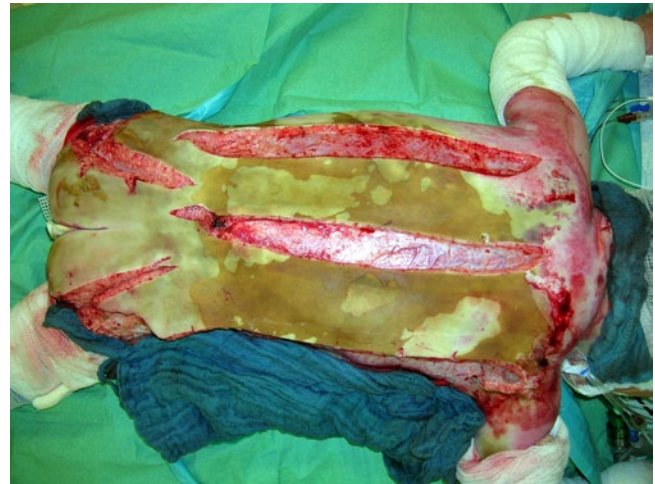
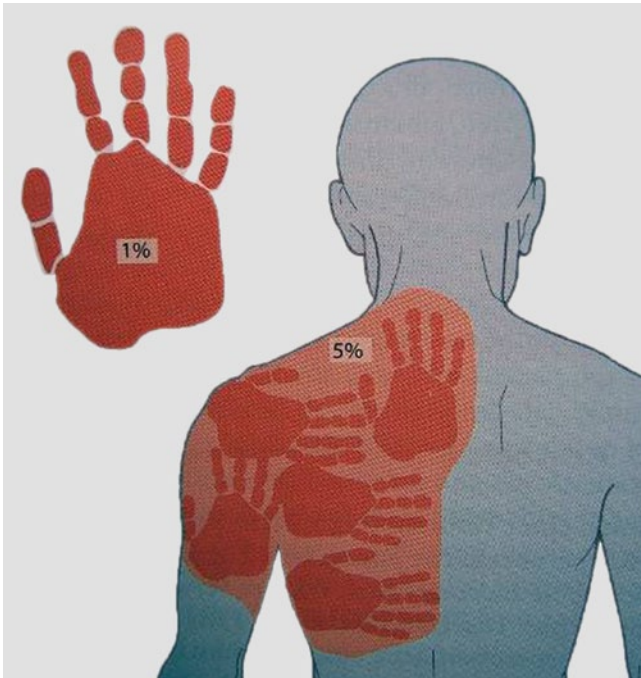


Abb. 10 ▲ Escharotomie

Abb. 8 ◀ Einschätzung der verbrannten Fläche in % der Körperoberfläche: Handflächenregel. (Aus [3])



Abb. 9 ◀ Ödem nach Verbrennung durch Kapillarleck

Beurteilung der Schwere einer Verbrennung

Um die Schwere einer Brandverletzung beurteilen zu können, muss man deren Tiefe und die Flächenausdehnung bestimmen.

Tiefe der Verbrennung

Wir unterscheiden 4 Verbrennungstiefen [4]:

Grad 1. Er betrifft nur die Epidermis und ist gekennzeichnet durch eine Hautrötung und mäßige Schmerzen. Typisches Beispiel ist Sonnenbrand. Die Schmerzen klingen nach 48–72 h ab.

Grad 2a. Hier sind Epidermis und oberflächliche Anteile der Dermis betroffen. Charakteristisch sind Blasenbildung und roter Untergrund sowie starke Schmerzen. Verbrennungen 2. Grades heilen in der Regel nach 7 bis 14 Tagen ohne Narbenbildung ab.

Grad 2b. Er betrifft die Epidermis und tiefere Schichten der Dermis. Haarfollikel und Drüsenanhangsgebilde bleiben erhalten. Die Schmerzen können etwas weniger ausgeprägt sein, weil weniger intakte Nervenendigungen vorhanden sind. Spontane Heilung ist noch möglich, allerdings sehr langsam und meist mit Narbenbildung. Flüssigkeitsverluste und metabolische Veränderungen sind ähnlich wie bei drittgradigen Verbrennungen.

Grad 3. Hier sind Epidermis und Dermis inklusive Anhangsgebilde vollständig zerstört. Das Gewebe ist nach der Reinigung weiß bis bräunlich, es bestehen fast keine Schmerzen, da alle Nervenendigungen zerstört sind. Spontane Reepithelisierung ist nicht mehr möglich. Heilung kann nur durch Narbenbildung mit Kontrakturen oder Hauttransplantation erfolgen.

Grad 4. Hierbei handelt es sich um eine Verkohlung.

Verbrennungsausdehnung

Sie wird immer in Prozent der gesamten Körperoberfläche (%VKOF) angegeben. Bei Erwachsenen und Kindern über 15 Jahren kann man zur Berechnung der Ausdehnung die sog. Neuner-Regel an-

wenden. Dabei werden der Kopf und je ein Arm mit 9% berechnet, jeweils ein Bein, Brust und Rücken mit 18%.

Für Säuglinge und Kinder gibt es altersspezifische Schemata (Lund-Browder-Schema), da sich die Proportionen Kopf:Rumpf:Extremitäten mit dem Wachstum verändern. Als einfache anwendbare Regel gilt: Die Handfläche des Patienten (Handgelenk bis Fingerspitzen) entspricht ungefähr 1% seiner Körperoberfläche (■ Abb. 8).

Volumentherapie in der Klinik

Das Hauptproblem in der Akut- oder Schockphase in den ersten 24 h ist das Verbrennungsoedem, das durch eine Permeabilitätssteigerung der Kapillaren entsteht und zum Austritt von Wasser, Elektrolyten und Proteinen in das Interstitium führt [1, 13]. Dieser Flüssigkeitsverlust in das Gewebe (Kapillarleck) steigt mit zunehmender Größe der Brandverletzung massiv an und erreicht sein Maximum nach etwa 8 h (■ Abb. 9). Üblicherweise erholt sich das Kapillarsystem nach 18–24 h, wenn die Volumenersatztherapie erfolgreich war.

Es existieren verschiedene Formeln für die Berechnung der Volumenersatztherapie bei Kindern. Alle stellen jedoch nur eine Richtlinie für die zu infundierende Flüssigkeitsmenge dar. Die genaue Menge muss gemäß dem klinischen Bedarf titriert werden. Zur Beurteilung der korrekten Volumentherapie sind im Wesentlichen 2 Messgrößen zu erheben:

- die Urinausscheidung, die 1–1,5 ml/kgKG/h betragen sollte, und
- die Messung des Herzzeitvolumens (normal 2,5–3 l/min/m² KOF).

Chirurgische Therapie

Die chirurgischen Maßnahmen nach Eintreffen in der Klinik sind im Folgenden dargestellt.

Erstversorgung

Die chirurgische Erstversorgung wird wegen der starken Schmerzen immer in Narkose durchgeführt! Die verbrannten Areale werden debridiert, wobei Blasen und Blasenreste abgetragen werden. Jetzt

kann eine erste Einschätzung der Verbrennungstiefe vorgenommen und in ein Schema eingezeichnet werden. Die Wunden werden anschließend desinfiziert. Bei Kindern versuchen wir, auf jodhaltige Lösungen zu verzichten, da die Jodresorption über die Wundflächen schnell zur Schilddrüsensuppression führen kann. Bei zirkulären Verbrennungen muss ggf. eine Escharotomie (■ Abb. 10), eine Spaltung des Verbrennungsschorfs, manchmal auch eine Fasziotomie durchgeführt werden, um Durchblutungsstörungen oder eine Behinderung der Atmung zu vermeiden. Die Wunden werden anschließend, je nach Lokalisation und Verbrennungstiefe, mit einer Wundauflage bedeckt.

Alle Verbrennungen sollten aufgrund des Flüssigkeitsverlusts und der Infektionsgefahr in geschlossenen Verbänden behandelt werden [9]. Eine ideale Wundauflage für überwiegend oberflächlich zweitgradige Verbrennungen ist Suprathel® F, ein resorbierbarer Epithelersatz auf Polylaktidbasis, der nach ausreichendem primärem Bürstendébridement auf die Wunde aufgebracht wird und sich mit dieser verbindet. Darauf werden eine Trennschicht aus Fettgaze appliziert und ein saugender Sekundärverband aus Kompressen angelegt. Der Epithelersatz wird nach dem Aufbringen transparent, somit kann die Wunde jederzeit begutachtet werden. Der Verband schafft ein günstiges Wundmilieu durch pH-Verschiebung in den sauren Bereich und beschleunigt auf diese Weise die Wundheilung. Gewechselt werden muss lediglich der Sekundärverband aus Kompressen, was schmerzlos ist und auf der Station oder ambulant erfolgen kann (■ Abb. 11). Die Wunde ist nach etwa 8 Tagen epithelisiert, und der Verband kann wie eine schuppige Haut abgezogen werden. Bei tiefer verbrannten Arealen kann er länger belassen werden, entweder bis er resorbiert wurde oder bis die Verbrennung geheilt ist.

Bei drittgradigen Verbrennungen ist die Tiefenausdehnung spätestens am 3. Tag klar. Bei diesen Verletzungen führen wir vorzugsweise die Frühnekrektomie durch, d. h. innerhalb der ersten 4 Tage. Die Spalthauttransplantation schließt sich unmittelbar an. Bedingung für dieses Vorgehen ist, dass das Ödem ausgeschwemmt und der Patient kreislaufstabil

ist. Wir verwenden vorzugsweise Spalthaut vom behaarten Kopf des Patienten. Die Oberfläche der Kopfhaut ist bei Kindern verhältnismäßig groß, die Entnahme ist durch die harte Schädeldecke als Untergrund gleichmäßig möglich, die Entnahmestellen sind später unter den nachgewachsenen Haaren nicht sichtbar und sie heilen schnell ab, sodass nach etwa 10 bis 12 Tagen bei Bedarf erneut Spalthaut entnommen werden kann (■ Abb. 12).

Deckung großflächiger Verbrennungen

Bei großflächigen Verbrennungen über 60% KOF ist die limitierte Verfügbarkeit körpereigener Haut zur zeitgerechten Wunddeckung eines der größten chirurgischen Probleme. Dieses wurde in den 1970er Jahren mit der Entwicklung der Keratinozytenkulturen gelöst. Mit diesem Verfahren kann innerhalb von 2 bis 3 Wochen aus einer einzigen Hautbiopsie von 2 cm×3 cm Größe die gesamte Körperoberfläche eines Erwachsenen gedeckt werden (■ Abb. 13).

In den 1980er Jahren wurde in den USA eine neue Matrix für die primäre permanente Wunddeckung bei großflächigen Verbrennungen entwickelt. Es handelt sich um INTEGRA® Artificial Skin, einen biologischen Hautersatz, bestehend aus einer 2-schichtigen, d. h. einer dermalen und einer epidermalen, Membran. Nach Einheilung dieser Matrix nach etwa 3 Wochen entsteht eine Neodermis, eine neue Lederhaut, auf die dann Spalthaut transplantiert werden kann (■ Abb. 14). Die Vorteile des Verfahrens liegen auf der Hand: Sehr große verbrannte Areale können früh exzidiert und permanent gedeckt werden. Außerdem wird durch den Aufbau einer neuen Lederhaut ein elastischer Untergrund geschaffen, auf den Spalthaut transplantiert wird, mit dem Resultat einer glatten, narbenarmen, geschmeidigen und kosmetisch ansprechenden Haut. Diese Technologie stellt zwar noch nicht den idealen Hautersatz dar, aber gerade für brandverletzte Kinder ist dieses Verfahren ein unschätzbare Fortschritt, da harte und schrumpfende Narben naturgemäß das Wachstum und die natürliche Veränderung der Körperform behindern.



Abb. 11 ◀ Temporäre Wunddeckung durch resorbierbaren Epithelersatz Suprathel®, **a** Applikation, **b** Fettgaze schützt vor Verkleben mit dem **c** Sekundärverband, **d** nach Ablösen des Suprathel®

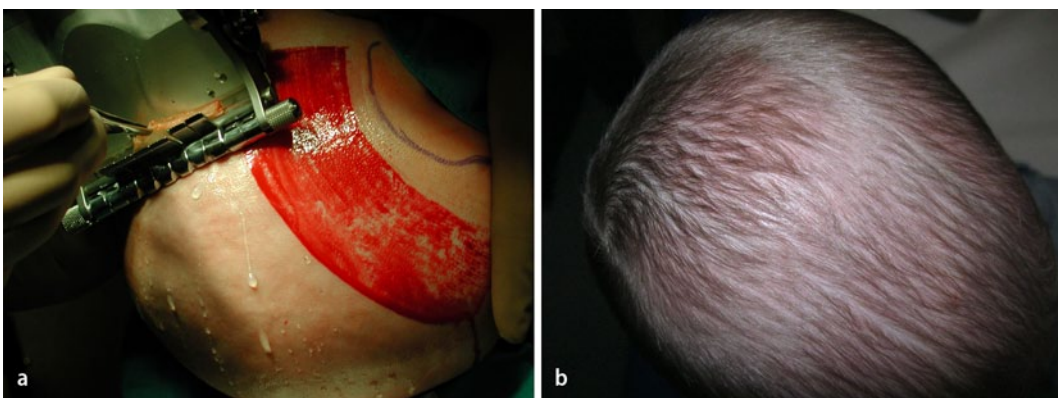


Abb. 12 ◀ Spalthautentnahme vom behaarten Kopf, nach Abheilen Nachwachsen der Haare

Nachbehandlung

Nach erfolgter Einheilung der Spalthaut schließt sich lückenlos die Nachbehandlung an, um hypertrophe Narbenbildung und Narbenkontrakturen zu vermeiden und ein möglichst ansprechendes kos-

metisches Ergebnis der Narben zu erzielen. Die Kinder werden oft jahrelang bis zum Abschluss des Wachstums in unserer Nachsorgesprechstunde betreut.

Bei allen Kindern mit Narbenbildung werden Kompressionsanzüge maßgefertigt (▣ **Abb. 15**). Diese sollen mög-

lichst 24 h täglich getragen werden und einen kontinuierlichen Druck auf die Narben ausüben, um so durch lokale Minderdurchblutung ein überschießendes Narbenwachstum zu verhindern. Zusätzlich können Silikonpflaster auf besonders pro-



Abb. 13 ▲ Keratinozyten-Sheets nach 3 Wochen Anzüchtung im Labor

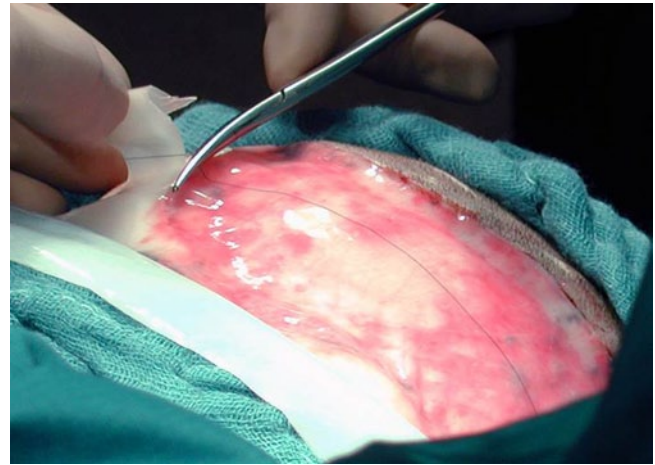


Abb. 14 ▲ Transplantation von Integra® Artificial Skin auf die Wunde zur Bildung einer Neodermis



Abb. 15 ▲ Maßgefertigte Kompressionskleidung zur Behandlung hypertropher Verbrennungsnarben

blematische Areale unter die Kompressionskleidung platziert werden.

Trotz intensiver Nachbehandlung können hypertrophe Narben und v. a. Narbenkontrakturen nicht immer unterbunden werden. Vieles lässt sich mit Narbenmassage und Schienenbehandlung verhindern oder verbessern. Operative Korrekturen sollten nur bei funktionellen Einschränkungen vorgenommen werden.

Prävention

Experten schätzen, dass 60% aller Unfälle durch Prävention verhindert werden könnten. Da die meisten Kinder mit thermischen Verletzungen jünger als 5 Jahre sind und die Unfälle in dieser Altersgruppe seit Jahren leider nicht sinken, müssen

präventive Maßnahmen sehr früh ansetzen.

Die Elterninitiative für brandverletzte Kinder Paulinchen e. V. veranstaltet bundesweit Aufklärungskampagnen, verteilt Broschüren und Plakate an Kindergärten, Schulen und an Kinderärzte und betreut betroffene Familien während der Akutphase und v. a. nach der Entlassung aus dem Krankenhaus [10].

Zu den Maßnahmen der präventiven Verhaltensförderung zählen auch öffentliche Kampagnen für mehr Kindersicherheit, vorbeugende Aufklärung durch Informationsmaterial, Beratungen bei den Vorsorgeuntersuchungen und Elternkurse. Daneben müssen im Sinne der Prävention gesetzliche Maßnahmen zum Schutz von Kindern in den Bereichen Wohnungsbau (Wassertemperatur, Rauchmel-

der) und Kindersicherheit bei technischen Geräten verstärkt werden.

Fazit für die Praxis

- Mehr als die Hälfte der von den etwa 30.000 kindlichen Verbrennungen pro Jahr Betroffenen sind Kleinkinder unter 4 Jahren.
- Über 70% der thermischen Verletzungen sind Verbrühungen.
- Es sollte immer an die Möglichkeit einer Misshandlung gedacht werden.
- Zu einer adäquaten Erstversorgung gehören eine wirksame Schmerztherapie und ab einer verbrannten Körperoberfläche von 10% eine Infusionsbehandlung.
- Eine Kühlung sollte – wenn überhaupt – maximal 10 min und mit lauwarmen Wasser erfolgen und nach Eintreffen des Notarztes gestoppt werden.
- Die klinische Versorgung und Zuweisung in ein Zentrum für schwerbrandverletzte Kinder erfolgt nach den aktuellen Leitlinien.
- Das Brandverletzenzentrum stellt die fach- und kindgerechte Behandlung des Patienten sicher.
- Moderne Epithelersatzmaterialien sorgen für eine schmerzarme Behandlung der Verbrennungswunden.
- Der Einsatz von Hautersatzverfahren geht mit einem verbesserten funktion-

nellen und kosmetischen Ergebnis bei großflächigen Verbrennungen einher.

- Die Nachbehandlung in den Brandverletzententren dauert bis zum Abschluss des Wachstums und schließt notwendige Korrekturoperationen ein.
- Über 60% der kindlichen Verbrennungen könnten durch Prävention verhindert werden.

Korrespondenzadresse

Dr. M. Sinnig

Abteilung Kinderchirurgie und -urologie, Kinder- und Jugendkrankenhaus AUF DER BULT, Janusz-Korczak-Allee 12, 30173 Hannover
sinnigmechthild@aol.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Sinnig und K. Schriek geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren. Alle Patienten, die über Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb dieses Beitrags zu identifizieren sind, haben hierzu ihre schriftliche Einwilligung gegeben. Im Falle von nicht mündigen Patienten liegt die Einwilligung eines Erziehungsberechtigten oder des gesetzlich bestellten Betreuers vor.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Adams HA (2007) Volumen- und Flüssigkeitsersatz – Physiologie, Pathophysiologie, Pharmakologie und klinischer Einsatz. Teil 1 und 2. *Anasth Intensivmed* 48:448–460, 518–540
2. Adams HA, Hartmann B, Lehnhardt M et al (2013) Erste Hilfe bei Brandverletzungen – eine Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV). DGV, Berlin
3. Berger A, Hierner R (2003) *Plastische Chirurgie*. Springer, Berlin Heidelberg New York, Kap. 20, S 350, Abb. 20.3b
4. Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (federführend), Deutsche Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin, Deutsche Gesellschaft für Allgemeinchirurgie, Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin, Deutsche Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen, Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (2009, zurzeit in Überarbeitung) *Thermische Verletzungen im Kindesalter (Verbrennung, Verbrühung)*. AWMF-Leitlinienregisternummer 006-128. AWMF, Düsseldorf
5. Fuzaylov G, Fidkowski C (2009) Anesthetic considerations for major burn injury in pediatric patients. *Paediatr Anaesth* 19(3):202–211
6. Herrmann B (2002) Körperliche Misshandlung von Kindern. Somatische Befunde und klinische Diagnostik. *Monatschr Kinderheilkd* 150:1324–1338

7. Herrmann B, Banaschak S, Thyen U, Dettmeyer R (2008) *Kindesmisshandlung*. Medizinische Diagnostik, Intervention und rechtliche Grundlagen. Springer, Berlin Heidelberg New York
8. Jester I, Jester A, Demirakca S, Waag KL (2005) Notfallmanagement bei der Primärversorgung kindlicher Verbrennungen. *Intensivmed* 42:60–65
9. Kamolz LP, Herndon DN, Jeschke MG (Hrsg) (2009) *Verbrennungen*. Diagnose, Therapie und Rehabilitation des thermischen Traumas. Springer, Berlin Heidelberg New York
10. Paulinchen e. V. Initiative für brandverletzte Kinder (1997) Information zu Verbrennungen und Verbrühungen bei Kindern und Jugendlichen. Paulinchen – Initiative für brandverletzte Kinder e.V., Norderstedt. <https://www.paulinchen.de/Aktion-Paulinchen.19.0.html>
11. Sawada Y, Urushidate S, Yotsuyanagi T, Ishita K (1997) Is prolonged and excessive cooling of a scalded wound effective? *Burns* 23(1):55–59
12. Strauß JM, Sümpelmann R (2013) Perioperatives Flüssigkeitsmanagement bei Säuglingen und Kleinkindern. *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 48(4):264–271
13. Tricklebank S (2009) Modern trends in fluid therapy for burns. *Burns* 35:757–767
14. Wappler F, Spilker G (Hrsg) (2008) *Verbrennungsmedizin*. Thieme, Stuttgart