

12.2 Verbrennungschirurgie



Key Point

Hitzeexpositionen führen ab ca. 40 °C Gewebetemperatur zu einer progressiven Beeinträchtigung zellulärer Funktionen. Zur Therapie gehören: therapeutische Kontrolle von Infektionen, kontrollierter Flüssigkeitsersatz, Beatmungs- und Sepsistherapie, Behandlung von Inhalationstraumen, frühzeitige enterale Ernährungstherapie und Prävention von verbrennungsassoziierten Organerkrankungen.

Die Behandlung von Verbrennungspatienten ist komplex und erfordert neben speziell geschultem Fachpersonal bauliche Besonderheiten, welche in einer Verbrennungsintensivstation sowie einem Verbrennungsoperationssaal umgesetzt werden. Aufgrund unterschiedlicher Ätiologien des Verbrennungstraumas (z. B. Explosionstrauma, Stromverbrennung) muss die Möglichkeit zur **Interdisziplinarität** und zum **Polytraumamanagement** gegeben sein.

12.2.1 Epidemiologie

In der Bundesrepublik Deutschland zeigt sich derzeit eine **Inzidenz** von schwer brandverletzten Patienten von etwa **1: 50 000**. Dies entspricht einer jährlichen Gesamtzahl von rund 16 000 Patienten, welche in Verbrennungszentren behandelt werden.

12.2.2 Pathophysiologie

Hitzeexpositionen führen zu einer progressiven Beeinträchtigung zellulärer Funktionen. Zelluläre Veränderungen, wie die Hemmung enzymatischer Funktionen, beginnen ab einer Gewebetemperatur von 40 °C. Eine Erhitzung der Haut auf über 60 °C schädigt die Zellen auf zweierlei Arten:

- Zunächst kommt es zur **direkten thermischen Schädigung der Zelle**, die durch Denaturierung von Struktur- und Enzymproteinen zu einer Koagulationsnekrose führt.
- Im Anschluss daran lösen die Zerstörung des Gefäßnetzes der Endstrombahn und die Aktivierung mehrerer Mediatorokaskaden mit Freisetzung von Entzündungsmediatoren eine **systemische Entzündungsreaktion** sowie einen **fortschreitenden lokalen Zellschaden** aus.

Lokale Reaktion I Thermische Energie führt aufgrund der geringen thermischen Leitfähigkeit von Wasser erst relativ spät zu definitiven Schäden der **Gewebe mit hohem Wassergehalt**, wie z. B. der Haut. Allerdings erfolgt auch die Wärmeabgabe entsprechend langsam, sodass es zum **Phänomen des „Nachbrennens“** kommt: die Hitze einwirkung im Gewebe dauert deutlich länger als die äußere Einwirkung.

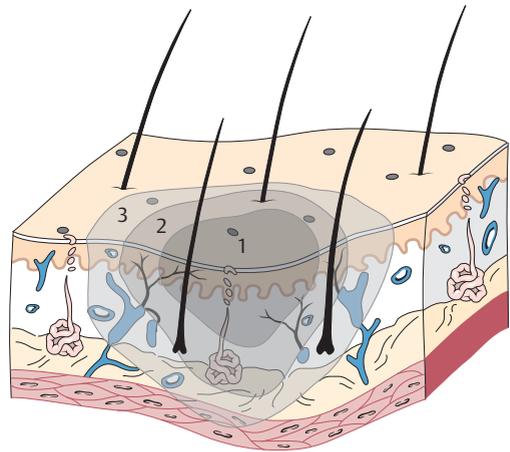


Abb. 12.51 Histologische Einteilung der Verbrennung nach Jackson. 1. innere Zone der Nekrose (irreversibel), 2. mittlere Zone der Stase (reversibel-irreversibel), 3. äußere Zone der Hyperämie (reversibel).

Das Ausmaß des Gewebeschadens ist hierbei sowohl vom Temperaturgrad als auch von der Dauer der Hitze einwirkung abhängig.

Die von **Jackson** getroffene **histologische Einteilung** der Verbrennungswunde in **3 konzentrische Zonen** ist für die chirurgische Behandlung von grundlegender Bedeutung (**Abb. 12.51**).

Systemische Reaktion I Die direkte thermische Zellschädigung führt zu Störungen des **Wasser- und Elektrolytgleichgewichtes**. Die systemische Reaktion auf den thermischen Schaden wird als **Verbrennungskrankheit** bezeichnet. Dabei freigesetzte gefäßaktive Substanzen (biogene Amine, Kinine, Prostaglandine, Zytokine) bewirken 8 – 24 Stunden nach dem Trauma eine vermehrte Durchlässigkeit der Kapillarwand für höhermolekulare Proteine. Der Übertritt der Proteine ins Interstitium erhöht den onkotischen Gewebedruck und führt zu Flüssigkeitsverschiebungen. Das Ausmaß des Ödems kann an der Gewichtszunahme des Patienten gemessen werden und bis zu 15% des Körpergewichtes betragen. Aufgrund des traumatischen Epithelverlustes kommt es auch zu Flüssigkeitsverlust nach außen: als **Exsudat** (ca. 3 000 ml/m² VKOF/24 h = Flüssigkeitsverlust pro m² verbrannte Körperoberfläche [VKOF] pro 24 Stunden) und als **Evaporation** der wasserdampfdurchlässigen verbrannten Haut (ca. 4 000 ml/m² VKOF pro 24 h).

MERKE

Diese Verschiebungen im Flüssigkeits- und Elektrolytgleichgewicht führen unbehandelt zum Schock.

Inhalationstrauma I Ein **Inhalationstrauma** entsteht durch Inhalation von Flammen oder heißer Luft und



Abb. 12.52 Verbrennungen im Gesicht mit angesengten Wimpern-, Nasen- und Barthaaren lassen ein Inhalations-trauma vermuten.

bezeichnet thermische Schäden des Tracheobronchialbaumes. Es besteht bei 25% der Patienten, die in ein Schwerverbranntenzentrum eingeliefert werden, zusätzlich zu den Hautverbrennungen. Anzeichen sind periorale oder perinasale Verbrennungen (Abb. 12.52), Verbrennungen im Mund- und Pharynxbereich, rußiges Sputum und Dyspnoe. Bronchoskopische Zeichen sind Rötung und Ödem (Grad I), Blasen (Grad II) sowie Ischämie und Ulzeration (Grad III).



Praxistipp

Ein stattgehabtes drittgradiges Inhalationstrauma wird durch einen über 24 Stunden anhaltenden pathologischen Oxygenierungsindex $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 (< 2)$ bestätigt.

Ein Inhalationstrauma beeinflusst die Prognose (Morbidität und Mortalität) des Patienten erheblich: ARDS und Bronchopneumonie können sich ausbilden. Daher ist die frühzeitige adäquate Therapie entscheidend. Die im Rauch enthaltenen toxischen Verbrennungsprodukte belaufen sich auf etwa 400 Einzelbestandteile einschließlich Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid, Aldehyde, Cyanide und Phosgene.

Insbesondere CO blockiert durch kompetitive Verdrängung des O_2 am Hämoglobin den Sauerstofftransport im Blut. Bereits am Unfallort muss bei Verdacht reiner Sauerstoff insuffiziert werden. Bei nachgewiesenen Werten von $> 25\%$ CO-Hb besteht absolute Indikation zur hyperbaren Oxygenierung innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Trauma, außerdem bei initial erhöhten CO-Hb-Werten in Kombination mit konsekutiver Bewusstlosigkeit, neurologischer Auffälligkeit oder Schwangerschaft.

Einteilung:

- **Supraglottische Inhalationstraumen** werden sowohl durch thermische als auch chemische Beeinträchtigungen bewirkt und führen zu Ödemen und konsekutiven Luftwegsobstruktionen.

MERKE

Cave: Zeitlich versetzt können Ödeme infolge von Flüssigkeitssubstitution auftreten.

- **Infraglottische Inhalationstraumen** werden in der Regel durch chemische Noxen (toxische Verbrennungsprodukte), weniger durch thermische Einwirkungen, hervorgerufen. Beeinträchtigungen der Atmung können auf dem Boden von Bronchialschleimhautablösungen (Sludge) mit einer Verzögerung von mehreren Tagen auftreten.

MERKE

Patienten mit **Inhalationstrauma** gehören immer in ein Schwerverbranntenzentrum!

12.2.3 Einteilung

Thermische Schädigungen lassen sich nach **Art** und **Tiefe** einteilen.

Nach der Art der thermischen Schädigung I

Verbrühung wird unterschieden von **Verbrennung**.

Letztere wird weiter eingeteilt in

- **Flammenverbrennung**
- **Fettverbrennung**
- **Kontaktverbrennung**
- **Lichtbogenverbrennung**
- **Verbrennung durch ionisierende Strahlen**
- **chemische Verbrennung**
- **Elektroverbrennung:** Sie entsteht beim Durchfluss von Strom durch den Körper. Der Patient ist dabei der Leiter. Durch den dem Stromfluss entgegengesetzten Widerstand kommt es zur Hitzeentwicklung und somit zu Verbrennungen der Haut, aber auch der tiefer gelegenen Gewebeschichten wie Muskeln, Gefäße und Nerven.

Stromunfälle am 220-Volt-Netz führen selten zu thermischen Gewebeschäden (Abb. 12.53), häufiger jedoch zu Herzrhythmusstörungen.

Drehstrom (360 Volt) kann durch einen explosionsartigen Kurzschluss umschriebene drittgradige Verbrennungen im betroffenen Körperareal hervorrufen.

Starkstromunfälle ($> 1\,000$ Volt) führen zu ausgedehnten, drittgradigen Verbrennungen mit Muskelnekrosen und Gefäßthrombosen (Abb. 12.54). Durch die aus den Muskelnekrosen anfallenden Proteine kommt es zum sekundären Nierenversagen (Crush-Niere).



Abb. 12.53 Hautdefekt durch Haushaltsstrom.



Abb. 12.54 Starkstromverletzung. a Verletzungen entsprechend dem Stromfluss von der Eintrittsmarke an der Hand bis zum Austritt an den Füßen. b Zustand nach plastischer Deckung durch einen Leistenlappen; Rekonstruktion der Sehnen- und Nervendefekte durch Transplantate.

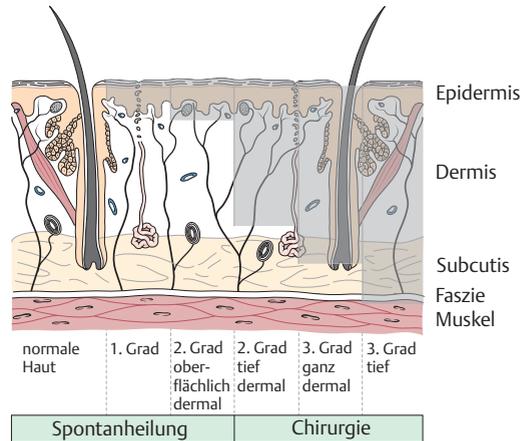


Abb. 12.55 Veranschaulichung der Verbrennungstiefe an normaler Haut mit Hautanhangsorganen, aus denen die Reepithelisierung erfolgt.



Abb. 12.56 Verbrühung Grad I und Grad IIa am Kleinkindarm. Intakte Blasen im Erythembereich als typische Zeichen der oberflächlich dermalen Hautschädigung.

Nach der Tiefe der thermischen Schädigung I

Abb. 12.55.

– **Grad I** (z. B. bei starkem Sonnenbrand):

- Verletzung der Epidermis
- Rötung der Haut ohne Blasenbildung, Hyperämie, Schmerz
- Ausheilung ohne Narbenbildung

– **Grad IIa** (Abb. 12.56):

- oberflächlich dermale Schädigung
- Blasenbildung, Schmerz
- Ritztest mit Nadel schmerzhaft und blutend
- spontane Heilung innerhalb von 14 Tagen aus den intakten Hautanhangsgebilden möglich, keine oder geringe Narbenbildung

– **Grad IIb** (Abb. 12.57):

- tief dermale Schädigung
- große Blasen, freiliegendes Korium weiß-rot-fleckig, Schmerz
- Ritztest abgeschwächt schmerzhaft und kaum blutend
- Narbenbildung
- OP-Indikation



Abb. 12.57 Verbrennungen Grad IIb und III am Thorax und am rechten Arm. Die weißliche Verfärbung zeigt die tiefe Hautschädigung, der Randsaum ist hyperämisch und feuchtglänzend als Zeichen der zweitgradigen Verbrennung.

– **Grad III** (Abb. 12.58):

- komplett dermale Schädigung, evtl. auch Schädigung der Subcutis (Grad III tief)
- ledrig-trockener Wundgrund, Gewebeschrumpfung, fehlender Schmerz
- Ritztest nicht wahrnehmbar, nicht blutend
- OP-Indikation



Abb. 12.58 Verbrennung Grad III (tief) der Hand. Typisch für drittgradige Verbrennungen sind die thrombosierten Gefäße und z. B. abgelöste Fingernägel.

Nach den **Richtlinien der European Burns Association** werden Verbrennungen wie nachfolgend klassifiziert:

- **First-Degree oder Superficial Burns** (nur epidermale Beteiligung)
- **Second-Degree oder Partial Thickness Burns**
 - Superficial partial Thickness Burns (Beteiligung der Epidermis und der papillären Dermis)
 - Deep partial Thickness Burns (Beteiligung der Epidermis und der retikulären Dermis)
- **Third-Degree oder Full Thickness Burns** (Beteiligung der gesamten Haut einschließlich der Hautanhangsgebilde und möglicher Beteiligung des subkutanen Fettgewebes, der Muskulatur, der Knochen und assoziierter Strukturen)

Insbesondere im angloamerikanischen Sprachraum werden allschichtige Verbrennungen zusätzlich unterteilt:

- **Third-Degree oder Full Thickness Burns** (Beteiligung der gesamten Haut mit Ausdehnung in das subkutane Fettgewebe)
- **Fourth-Degree oder Subdermal Burns** (Beteiligung des subkutanen Fettgewebes, der Muskulatur, der Knochen und assoziierter Strukturen)

Die oben beschriebene Verbrennung 4. Grades ist mit der sogenannten **Verkohlung** gleichzusetzen.

12.2.4 Diagnostik

Um den Schweregrad der Verbrennung einzuschätzen, sind deren **Art** und **Ausmaß** sowie **Begleitverletzungen** zu erheben. Das Ausmaß der Verbrennung hängt von Tiefe (s. o.) und Ausdehnung (Fläche) ab.

Neuner-Regel nach Wallace I Die **Fläche der thermischen Schädigung** lässt sich anhand der von Wallace beschriebenen **Neuner-Regel** (Abb. 12.59) bestimmen:

- **Beim Kind** nimmt der Kopf im Verhältnis zum Körper einen größeren Anteil ein als bei Erwachsenen (Abb. 12.59a): 19% beim 1-Jährigen! Die prozentualen Anteile der Regionen an der Körperoberfläche ändern sich mit dem Alter (Wachstum) des Kindes erheblich.

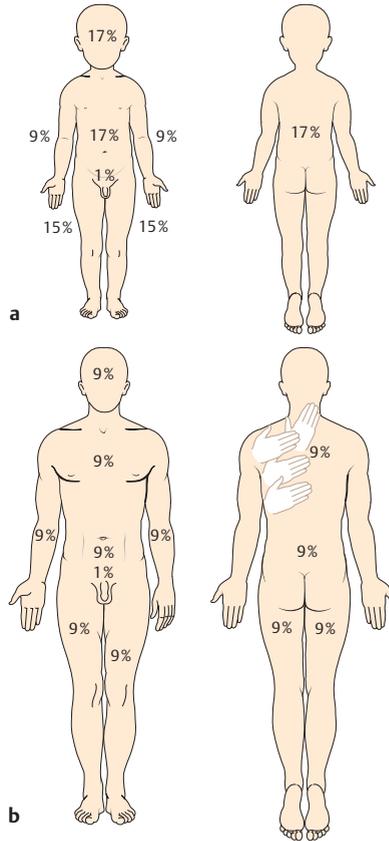


Abb. 12.59 Neuner-Regel nach Wallace zur Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche (VKOF) **a** beim Kind, **b** beim Erwachsenen.

- Beim **Erwachsenen** wird die Körperoberfläche in Regionen aufgeteilt, die jeweils 9% der Körperoberfläche entsprechen (Abb. 12.59b); die Handfläche und das Genitale entsprechen jeweils ca. 1% der Körperoberfläche.

Schwerverbranntenzentrum I Die **Entscheidung zum Transport des Patienten in ein Schwerverbranntenzentrum** sollte anhand der Kriterien der gewerblichen Berufsgenossenschaften erfolgen:

- Patienten mit ausgedehnten erstgradigen Verbrennungen insbesondere mit vegetativen Symptomen
- Patienten mit mehr als 20% zweitgradig verbrannter Körperoberfläche (VKOF)
- Patienten mit mehr als 10% drittgradig verbrannter Körperoberfläche
- Beteiligung von Gesicht/Hals, Händen, Füßen, Anogenitalregion, Achselhöhlen, Bereichen großer Gelenke
- Patienten mit begleitenden mechanischen Verletzungen
- Patienten mit Inhalationstrauma