

Die akzidentelle thermische Verletzung der Hand

Die Hände sind bei mehr als 80% aller schweren Brandverletzungen involviert. Obwohl jede Hand nur weniger als 3% der Gesamtkörperoberfläche einnimmt, werden Verbrennungen der Hand von der American Burn Association als schwere Verletzungen kategorisiert, denn selbst kleine Verbrennungen der Hand können in einer ausgeprägten Einschränkung der Funktion resultieren [29].

Kommt es im Rahmen eines ausgedehnten Verbrennungstraumas zur Mitbeteiligung der Hände, so nimmt die Behandlung der Hände eine primäre Priorität ein. Die Rehabilitation des Patienten und seine Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, sich selbst zu versorgen und zu ernähren, hängt im Besonderen von der verbleibenden Funktion der Hände ab. Die Hände spielen eine entscheidende Rolle in der Wahrnehmung der Umwelt sowie in der zwischenmenschlichen Kommunikation, sei es der Empfang und die Aussendung emotionaler Signale oder der Austausch körperlicher Zärtlichkeit [44].

Verbrennungen der Hand haben aber nicht nur entscheidende Konsequenzen für die funktionelle Rehabilitation, sondern auch für die Ästhetik des Brandverletzten. Deformierungen der Hände ziehen die Aufmerksamkeit ganz unwillkürlich auf sich. Verletzungen an den Händen werden deshalb, sehr ähnlich wie solche im Gesicht, so weit wie möglich verborgen getragen.

Primär stehen in der plastischen Chirurgie naturgemäß funktionelle Überlegungen im Vordergrund. Ist die funktionelle Anpassung erfolgt, so leidet der Patient langfristig nicht selten am meisten unter den ästhetischen Spätfolgen, zum Beispiel unter hässlichen Narben, auffällig pigmentierten und gemusterten Transplantaten oder zu dicken Lappenplastiken. Es lohnt sich deshalb, diesen Punkt bereits bei der Planung zu berücksichtigen und den geringen Mehraufwand, den häufig ein ästhetisch befriedigenderes Resultat erfordern würde, nicht zu scheuen. So kann die soziale wie berufliche Reintegration des Brandverletzten deutlich verzögert sein durch das psychologische Stigma, welches aus der sichtbaren Entstellung resultiert.

➤ Selbst kleinste Verbrennungstraumen können katastrophale Auswirkungen haben

Die wichtigsten Behandlungskonzepte umfassen neben einer sorgfältigen chirurgischen, ggf. aber auch konservativen Therapie eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit passiver und aktiver Physiotherapie, unterstützt durch Schienenversorgung und Ergotherapie sowie Behandlungen mit topischen Externa. Hierbei gewährt ein multidisziplinäres Team aus plastischen Chirurgen, Krankengymnasten, Ergotherapeuten und Psychologen ein Höchstmaß an Behandlungsqualität [7].

Epidemiologie

Das thermische Trauma einschließlich der Stromunfälle und der chemischen Kontaktverletzungen ist die häufigste Unfallursache in der westlichen Welt [11]. Es wird geschätzt, dass etwa 1% der Bevölkerung in den westlichen Ländern im Laufe ihres Lebens ein Verbrennungstrauma erleidet, wobei etwa 25% dieser Fälle einer medizinischen Behandlung bedarf. Dabei ereignen sich etwa 1/3 der Verbrennungstraumata am Arbeitsplatz [4].

In Deutschland liegt die Zahl der Patienten, die einer Behandlung auf einer Brandverletzten-Intensiv-Station bedürfen, zwischen 1200 und 1500; das entspricht einer Inzidenz von 1:50.000–60.000 Einwohnern/Jahr. Die Gesamtzahl der in Brandverletztenzentren behandelten Patienten ist dagegen deutlich höher [11]. Von allen Verbrennungstraumata ist die Hand mit etwa 89% der Brandverletzungen am häufigsten involviert [4, 19]. Hierfür ist zum einen der Schutzreflex verantwortlich, mit dem Patienten bei schwerem Verbrennungstrauma ihr Gesicht mit den Händen zu schützen zu versuchen, zum anderen hat die Hand selbst meistens keinerlei Schutz gegenüber der Hitze [19].

Pathophysiologie

Die Anatomie der Hand weist einige Besonderheiten auf, die sie vom übrigen Körper unterscheiden. An der Hand sind nicht nur die Blutgefäße, sondern auch die Sehnen



Abb. 1 ◀ a **Oberflächlich dermale Verbrennung der Hand (IIa°), charakterisiert durch Blasenbildung;** b **tief dermale Verbrennung der Handfläche (IIb°);** c **komplett dermale Verbrennung am Unterarm (III°), charakterisiert durch eine weiße Wunde**



Abb. 2 ▲ **Escharotomie-Linien an der Hand. An den Fingern ist besonders auf die lateropalmar verlaufenden Gefäß-Nerven-Bündel zu achten**

und Gelenke dicht unter der Hautoberfläche lokalisiert, was diese Strukturen extrem empfindlich gegenüber thermischer Energie macht. Die zylindrische Form der Finger mit ihren Ligamenten limitiert stärkere Volumenveränderungen nach Verbrennungstraumata, was zu dermalen Kompartmentsyndromen führen kann. Der Schweregrad einer Verbrennung hängt von der transferierten Energie, die direkt mit der Expositionszeit und der Temperatur der Hitzequelle korreliert, ab. Lange Exposition gegenüber geringeren Temperaturen hat die selben pathophysiologischen Konsequenzen wie kurze Expositionen gegenüber sehr hohen Temperaturen.

Aber auch die Struktur der Hautoberfläche am Ort des Verbrennungstraumas determiniert die Tiefe der Verletzung. So vermag die palmare Haut höhere thermische Energie zu tolerieren als die dorsale Hautoberfläche. Die Hitzeeinwirkung führt zur Koagulation von Blutgefäßen, zur Denaturierung von Proteinen sowie zur Erhöhung der Kapillarpermeabilität. Hieraus resultieren bei jeder Verbrennungswunde eine Zone der Nekrose, eine Zone der Stase und eine Zone der verminderten Zirkulation.

Eine unzureichende Primärtherapie, wie zum Beispiel fehlerhaft oder etwa überhaupt nicht durchgeführte Escharotomien, kann eine Zone der Stase in einer Zone

der Nekrose umwandeln. Transendotheliale Flüssigkeitsverschiebungen in den interstitiellen Raum verursachen ein proteinreiches Ödem. Das Ödem wiederum verursacht vor allem durch Erhöhung des interzellulären Druckes eine verminderte Mikrozirkulation. Gerade im Bereich der intrinsischen Handmuskulatur kann dies zu Kompartmentsyndromen führen, die eine Fasziotomie erforderlich machen. Außerdem kann ein interstitielles Ödem im Bereich der Hand zu subkutaner Fibrose mit resultierender Steifheit der Gelenke führen [26].

Die akute Verbrennung der Hand

Behandlungsziele

Selbst kleinste Verbrennungstraumen können katastrophale Auswirkungen haben, wenn die Handverletzungen in Deformitäten resultieren, die den Patienten seine täglichen Funktionen nicht mehr verrichten lassen. Das Behandlungsziel von Brandverletzungen der Haut und des Subkutangewebes der Hand ist es, so schnell wie möglich eine heilende Wunde zu erzielen [19]. Bei der Behandlung von Verbrennungstraumata der Hand wird zwischen Behandlungszielen und Behandlungsprinzipien unterschieden [37].

Die wichtigsten Behandlungsziele werden definiert als:

- Vermeidung zusätzlicher oder tiefergehender Verletzungen,
- rascher Wundverschluss,
- Erhalt des aktiven und passiven Bewegungsumfanges,
- Prävention einer Infektion/eines Verlustes von funktionellen Strukturen und
- frühe funktionelle Rehabilitation.

Jede Behandlung sollte auf diese Ziele abzielen, wobei das Behandlungskonzept nach den jeweiligen Erfordernissen des Patienten abgestimmt sein sollte. Dabei müssen die folgenden grundlegenden Behandlungsprinzipien beachtet werden:

- Bestimmung des Ausmaßes und der Tiefe der Verbrennungen,
- Escharotomie, falls indiziert,
- Applikation adäquater Wundverbände,
- Entscheidung über konservative oder operative Therapie,
- chirurgisches Management (Abtragung von Eschar, Hauttransplantationen, Lappenplastiken entsprechend der rekonstruktiven Leiter),
- Beginn einer frühen Handtherapie mit Schienenbehandlung,

- funktionelle Rehabilitation durch frühe aktive und passive physikalische Therapie sowie
- sekundäre und tertiäre Korrekturen, falls notwendig.

Initiale Untersuchung

Eine umfassende Anamnese und eine adäquate physikalische Untersuchung definieren die Ausdehnung und die Tiefe der Verbrennungswunde. Darüber hinaus werden assoziierte Verletzungen sowie eventuelle generelle Beeinträchtigungen des Zustandes des Patienten erfasst. Alle Verletzungen müssen sorgfältig dokumentiert werden, um so die Grundlage für weitere Entscheidungen zu legen. Hierbei ist auch eine fotografische Dokumentation erforderlich [43].

Klassifikation der Verbrennung

Die Behandlung von Verbrennungswunden wird von der Schwere der Verbrennung bestimmt. Diese wird determiniert durch den Grad der thermischen Energie, welche mit dem Gewebe interagiert. Die gebräuchlichste Klassifikation von Verbrennungswunden ist eine anatomische Einteilung der Tiefenausdehnung der Wunde:

Verbrennungen ersten Grades. Verbrennungen ersten Grades betreffen ausschließlich die Epidermis. Sie sind schmerzhaft, mit Juckreiz verbunden und durch ein Erythem und Ödem gekennzeichnet. Diese Brandverletzungen erlangen selten klinische Bedeutung, unter symptomatischer Therapie heilen sie ohne jegliche Narbenbildung aus.

Verbrennungen zweiten Grades. Die Verbrennungstiefe, d. h. die Koagulationszone, liegt bei zweitgradigen Verbrennungen in der Dermis. Je nach Tiefe der Verbrennung werden bei der zweitgradigen Verbrennung oberflächliche (2a) und tief zweitgradige (2b) Verbrennungen unterschieden.

Bei der oberflächlichen Verletzung (2a) ist die Epidermis komplett zerstört und die Dermis ist nur in ihren papillären Anteilen betroffen. Bei dieser Verletzung bilden sich häufig Blasen (■ Abb. 1a). Die Heilung und Reepithelisierung dieser Verletzung erfolgt durch die Migration und Proliferation von Keratinozyten aus Haarfollikeln, Schweiß- und Talgdrüsen, die in tiefe-

ren dermalen Anteilen überlebt haben. Die Heilung erfolgt innerhalb von 2 Wochen, sofern keine Wundinfektion auftritt.

Tief zweitgradige Verbrennungen (2b) stellen dagegen eine wesentlich schwere Verletzung dar und müssen in der Regel wie Vollhautwunden behandelt werden. Hier ist die Haut bis in die retikuläre Dermis hinein zerstört (■ Abb. 1b). Somit bleiben nur sehr wenige epitheliale Zellen in dem am tiefsten in der Dermis angesiedelten Hautanhangsgebilden. Ohne operative Intervention kommt es zur Heilung durch eine Wundkontraktion und der Bildung von Granulationsgewebe mit ausgeprägter Narbenbildung.

Verbrennungen dritten Grades. Verbrennungen dritten Grades sind durch die Zerstörung der gesamten Haut gekennzeichnet (■ Abb. 1c). Außer bei kleinen Verletzungen, die durch Wundkontraktion heilen können, besteht keine Möglichkeit einer adäquaten spontanen zeitgerechten Heilung, sodass Verbrennungen dritten Grades exzidiert und mit Hauttransplantaten rekonstruiert werden müssen.

Verbrennungen vierten Grades. Verbrennungen vierten Grades liegen vor, wenn tiefe Strukturen wie Muskulatur, Sehnen und Knochen mit verbrannt sind. Diese Verletzung geht mit einer großen Menge an denaturierten Proteinen, Zelltrümmern und Toxinen einher und erfordert komplexe chirurgische, zum Teil auch lebensrettende Therapiekonzepte.

Ödembehandlung

Die erste Maßnahme im Falle einer Brandverletzung der Hand besteht in der Kühlung der Wunde unter kaltem Wasser innerhalb der ersten 30 min des Verbrennungstraumas [36]. Es existiert Evidenz dafür, dass die sofortige Applikation von Kälte an die Verbrennungswunde die Bildung eines Ödems und die Ausdehnung der Verbrennungstiefe reduzieren kann. Daneben zeigt die Kühlung als positiven Nebeneffekt eine Verminderung der Schmerzen.

➤ **Erste Maßnahme bei einer Brandverletzung ist die Kühlung der Wunde unter kaltem Wasser**

Zusammenfassung · Abstract

Unfallchirurg 2005 · 108:179–188
DOI 10.1007/s00113-005-0926-z
© Springer Medizin Verlag 2005

K. Philipp · G. A. Giessler · G. Germann
M. Sauerbier

Die akzidentelle thermische Verletzung der Hand

Zusammenfassung

Von allen Verbrennungstraumata ist die Hand am häufigsten involviert. Die Behandlung der verbrannten Hand stellt eine große Herausforderung in der plastischen Chirurgie dar. Der Erfolg der Behandlung ist abhängig von dem Schweregrad des Verbrennungstraumas, von der Erstversorgung sowie einem ausgewogenen Verhältnis von Schienenbehandlung, Mobilisation und plastisch-chirurgischen Maßnahmen. Hierbei gewährt ein multidisziplinäres Team aus plastischen Chirurgen, Krankengymnasten, Ergotherapeuten, Psychologen und einem motivierten Patienten ein Höchstmaß an Behandlungsqualität.

Schlüsselwörter

Verbrennung · Hand · Therapie · Plastische Chirurgie · Erstversorgung

Thermal injury to the hand

Abstract

Hands are most frequently involved in severe burns. The treatment of the burned hand is one of the most challenging problems in plastic surgery. The success of therapy is determined by the severity of the initial injury, the first aid provided, and the correct balance between mobilization, splinting and plastic surgery. In this respect, it is vital to have a highly qualified interdisciplinary team approach consisting of plastic surgeons, well-trained physical therapists, psychologists and a highly motivated patient.

Keywords

Burn injury · Hand · Management · Plastic surgery · First aid

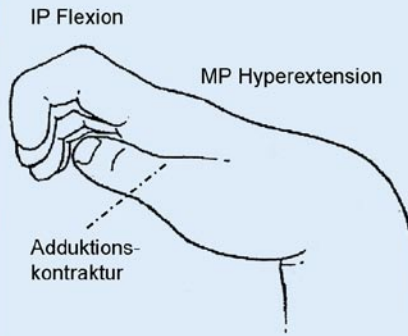


Abb. 3 ◀ **Klinisches und schematisches Bild einer Krallendeformität („claw deformity“), charakterisiert durch eine Flexion im Handgelenk mit einer Hyperextension im Metakarpophalangealgelenk und einer Flexion der proximalen und distalen Interphalangealgelenke**



Abb. 4 ▲ **Klinische und schematische Darstellung der Schienenbehandlung einer verbrannten Hand in der Intrinsic-plus-Stellung zur Prävention von Kontrakturen. In dieser Position sind die Metakarpophalangealgelenke nahezu komplett (80°) gebeugt und die Interphalangealgelenke vollständig gestreckt**



Abb. 5 ▲ **Tangentiale Nekrektomie mit einem Goulian-Messer (Weck Company®) bei einer tief dermalen Verbrennung des Handrückens**



Abb. 6 ◀ **Nach Débridement kann die verbrannte Hand mit Transplantaten bedeckt werden: a autologe Spalthaut als flächenförmiges Transplantat („Sheetgraft“) gilt heute als „golden standard“ der Deckungsverfahren; b Aufarbeitung von Spalthauttransplantaten als Gitternetz („Mesh graft“); c temporäre Deckung mit Integra®, dem heute am weitesten verbreiteten dermalen Ersatzmaterial in der Behandlung tiefermalen und drittgradiger Verbrennungswunden**

Abb. 7a–c ► Débridement einer oberflächlich dermalen Verbrennung der Hand mit anschließender Versorgung mit einem Biobrane®-Handschuh; d exzellentes kosmetisches und funktionelles Ergebnis



Kühlung ist allerdings nur bei umschriebenen Verletzungen indiziert, bei großflächigen Verbrennungen ist eine Kühlung nicht zu empfehlen. Eine weitere wichtige Maßnahme gegen die Ausbildung von Ödemen ist die strikte Elevation der verbrannten Hand über Herzniveau [29].

Escharotomie

Oberstes Gebot bei der Behandlung von Verbrennungen der Hand ist der Erhalt der Perfusion. Ein ausgeprägtes Ödem kann besonders bei zirkulären oder beuge- und streckseitigen Verbrennungen zu einer ersten Notfallsituation führen. In solchen Fällen ist die Haut der Finger ungeachtet des Grades ihrer Schädigung zirkulär prall gespannt. Der Handrücken ist stark geschwollen und die Hautfarbe erscheint, sofern keine Verkohlungen vorliegen, weißlich blass. Ein weiteres Alarmsymptom ist der zunehmende Sensibilitätsverlust auch in den erst- und zweitgradig verbrannten Bereichen, in denen anfangs noch Schmerzen vorhanden waren.

Ohne Behandlung droht in Folge der Durchblutungsstörung ein Fortschreiten der zunächst allein verbrennungsbedingten Nekrosen, im Extremfall bis zum Fingerverlust. Zu vermeiden ist dies mit einer raschen Spaltung der Haut der Finger einschließlich der Palmaraponeurose und des Karpaltun-

nels, ergänzt durch Entlastungsschnitte über den Handrücken [32, 34, 46].

Diese sogenannte Escharotomie (► Abb. 2) wurde erstmals von Fabry im Jahre 1607 beschrieben. Die Escharotomie kann mit der monopolaren Nadel oder dem Skalpell durchgeführt werden. Am Daumen wird eine radiale Inzisionslinie gewählt, während an den übrigen Fingern eine ulnare Inzision durchgeführt wird. Wenn hierdurch die Perfusion nicht ausreichend gebessert werden kann, sind auch bilaterale digitale Escharotomien möglich. Bei starker Ödembildung an der Hand muss zur Dekompression der Mm. interossei eine dorsale Fasziotomie durchgeführt werden. An den Fingern ist besonders auf die lateropalmar verlaufenden Gefäß-Nerven-Bündel zu achten, die nicht verletzt werden dürfen [15]. Salisbury et al. konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass durch ausgedehnte digitale Escharotomien bei einer signifikanten Zahl von Fingern eine Amputation vermieden werden konnte [39, 42].

Schienenbehandlung

Ohne adäquate ergotherapeutische Schienenbehandlung („Splinting“) entwickelt sich nach schwerem Verbrennungstrauma der Hand schnell die sogenannte intrinsische Minus-Position. Diese ist charakterisiert durch eine Flexion im Handgelenk

mit einer Hyperextension im Metakarpophalangealgelenk und einer Flexion der proximalen und distalen Interphalangealgelenke. Der Daumen ist typischerweise abduziert zur Handfläche mit einer Hyperextension im Interphalangealgelenk [19].

Diese Stellung der Hand entsteht zunächst durch das Ödem, im Laufe der Zeit wird dieses aber ersetzt durch Fibrose und Narbenbildung, sodass eine Deformität resultiert, die nur durch chirurgische Intervention korrigiert werden kann. Narbenkontrakturen im Bereich des Handrückens betonen weiter die Hyperextension im Metakarpophalangealgelenk und führen zum typischen Bild der Krallendeformität („claw deformity“, ► Abb. 3).

► Lagerungsschienen sollten am Tag der Verletzung angelegt werden

Somit ist eine entgegengesetzte Positionierung zur Vermeidung permanenter Kontrakturen und Deformitäten essenziell. Um diese Position zu erreichen, sollte die Hand sofort in der sogenannten Intrinsic-plus-Stellung weitgehend geschient werden. In dieser Position sind die Metakarpophalangealgelenke nahezu komplett (80°) gebeugt und die Interphalangealgelenke vollständiggestreckt (► Abb. 4). Der 1. Fingerzwischenraum ist maximal abduziert. In dieser Position haben die Bänder der



Abb. 8a–c ◀ Versorgung schwerer Kontraktur des Handrückens durch einen freien Serratusfasienlappen; d Ergebnis 8 Monate postoperativ (Kleinfinger teilamputiert)



Abb. 9a ◀ Typisches Bild eines Transplantatverlustes mit exponiertem PIP-Gelenk bei Zustand nach tief dermalen Verbrennung der Hand; b Planung eines DMCA-Lappens über die 2. dorsale Metakarpalarterie; c Heben des Lappens; d Verschluss des Hebedefektes mit einem Hauttransplantat

Fingergelenke die größte Spannung, um einem Schrumpfen entgegen zu wirken. Außerdem führt diese Positionierung zu einer leichten Spannung der Handrücken-

haut, was ebenfalls einer exzessiven Ödem-
bildung entgegen wirkt.

Derartige Lagerungsschienen sollten
am Tag der Verletzung angelegt werden.
Als sehr geeignet haben sich thermoplasti-

sche Materialien erwiesen. Der Zeitpunkt,
zu dem mit leichten Bewegungsübungen
der Finger begonnen werden kann, hängt
vor allem von der Verbrennungstiefe im
Bereich der proximalen Interphalangeal-

gelenke ab. Die konsequente Schienenbehandlung, der frühe Erhalt der vollständigen Bewegungsfreiheit und ein consequentes Übungsprogramm stellen die wichtigsten Präventionsmaßnahmen gegen die Entwicklung von Kontrakturen bei Verbrennungen der Hand dar [33].

Die Erfolge dieser Präventionsmaßnahmen finden sich auch in der Literatur. Dobbs und Courery [8] berichteten 1972 noch über eine Rate von schweren Kontrakturen bei 27% der Verbrennungspatienten. Pegg et al. [32] berichteten 1979 von einer Kontrakturnrate bei Brandverletzten von 7,8% und Krämer et al. [21] berichteten 1988 nur noch von einer Rate von 3,7%. Diese Entwicklung belegt eindrucksvoll den Erfolg dieser Behandlungsprotokolle, was eine deutliche Reduktion von weiteren rekonstruktiven Maßnahmen zur Folge hat.

Lokale Wundbehandlung

Die lokale Wundbehandlung bei Verbrennungsverletzungen der Hand hängt von der Verbrennungstiefe, dem Verletzungsmuster sowie dem generellen Gesundheitszustand des Patienten ab. Die Basisbehandlung beinhaltet ein Débridement, tägliche Reinigung, die Prävention von Infektionen sowie den Wundverband [24].

Die Behandlung von Brandblasen wird kontrovers diskutiert. Kleine, intakte Blasen, welche einen Durchmesser von weniger als 1 cm aufweisen, können intakt belassen bleiben, und die Wunde kann spontan abheilen. Früher wurde auch im Sinne eines biologischen Wundschutzes propagiert, größere Blasen intakt zu lassen. In neueren Arbeiten konnten jedoch gezeigt werden, dass das Sekret von Verbrennungsblasen hohe Konzentrationen von Prostaglandinen und anderen proinflammatorischen Zytokinen wie z. B. Interleukin-6 und Interleukin-8 aufweist [30]. Diese Zytokine scheinen die Brandverletzung zu verschlimmern, indem sie die Nekrosezone vergrößern [18]. Daher wird heute empfohlen, größere Brandblasen durch Aspiration des Sekretes, Entfernung durch Inzision oder Débridement zu behandeln [43].

Verbände können dann direkt auf die Verbrennungswunde aufgetragen werden. Die Verbrennungswunde sollte täg-

lich im Wasserbad gereinigt werden. Anschließend kann eine antibakterielle Creme aufgetragen werden. Bei tieferen Verbrennungswunden sollten tiefer penetrierende antibiotische Substanzen verwendet werden wie etwa das Silbersulfadiazin (SSD; Flammazine®).

Die systemische Gabe von Antibiotika ist meistens nur bei zusätzlicher Beteiligung der übrigen Körperoberfläche erforderlich. Gitterförmige, vaselinegetränkte Wundaufgaben ermöglichen ein größtmögliches Maß an Beweglichkeit der Extremität und vermeiden ein schmerzhaftes Verkleben der Wunde. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die Fingerspitzen frei und damit sichtbar bleiben, um deren Perfusion beobachten zu können. In den letzten Jahren haben sich zunehmend verschiedene Handschuhe bewährt. Die einfachste Methode, die hier zur Anwendung kommt, ist das Tragen eines Operationshandschuhs gefüllt mit SSD-Creme [17]. Für Patienten, denen diese Art des Handschuhs zu eng ist, haben sich Goretexhandschuhe als nützliche Alternative bewährt.

Plastisch-chirurgische Therapie

Im Initialstadium von Verbrennungswunden, d. h. innerhalb der ersten 5 Tage, gilt die Verbrennungswunde als steril und daher gut einer primären chirurgischen Therapie zugänglich. Kann in dieser Initialphase keine chirurgische Therapie erfolgen, sollte mit solchen Maßnahmen etwa 3 Wochen gewartet werden, da in der Phase der beginnenden Entzündung ein erhöhtes Risiko für starke Blutungen des entzündeten Wundbetts sowie für einen Transplantatverlust besteht [14].

Bei Verbrennungen der Hand ist die häufigste Form der chirurgischen Therapie die tangentielle Nekrektomie (■ Abb. 5), bei der schichtweise nekrotisches Gewebe bis zum Auftreten kapillärer Blutungen abgetragen wird. Das Areal, dem hier besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss, ist die dorsale Haut über dem proximalen Interphalangealgelenk und den Metaphalangealgelenken. Kommt es hier zu einer Abstoßung von Transplantaten, ist die Exposition der Gelenke mit den Folgen einer Gelenkinfektion, Knorpelerosionen und letztlich der Gelenkversteifung fast zwangsläufig. Die autologe Spalthaut

(■ Abb. 6a) als flächenförmiges Transplantat („sheetgraft“) gilt heute als „golden standard“ der Deckungsverfahren [15, 25]. Ebenso besteht die Möglichkeit der Aufarbeitung von Spalthauttransplantaten als Gitternetz (■ Abb. 6b) mit unterschiedlichen Expansionsraten („mesh grafts“) bis hin zur Meek-Technik [15]. Die Anwendung von Meshgrafts im Bereich der Hand wird jedoch in der Literatur kontrovers diskutiert. Allgemein scheint die Anwendung von Sheetgrafts die ästhetisch ansprechenderen Ergebnisse zu liefern. Dagegen haben Meshgrafts den Vorteil der besseren Drainage von Wundsekreten, Blut und Bakterien durch das Gitternetz. In kritischen Wundbetten scheinen sie die bessere Anheilungsquote aufzuweisen [27]. Der Hauptnachteil von Meshgrafts ist jedoch die höhere Rate von Narbenkontrakturen, welche zu schwerwiegenden funktionellen Störungen im Bereich der Hand führen können. Die Meshgraft-Expansionsrate im Bereich der verbrannten Hand sollte nicht größer als 1,5 oder 1:2 sein.

► Bei Verbrennungen der Hand ist die häufigste Form der chirurgischen Therapie die tangentielle Nekrektomie

Aus unserer Sicht hängt die Wahl des geeigneten Deckungsverfahrens überwiegend von der Verfügbarkeit von Spenderarealen sowie vom Allgemeinzustand des Patienten ab. Bestehen ausreichend gesunde Spenderareale, so sollte Sheetgrafts der Vorzug gegeben werden. Vollhauttransplantate haben keine Indikation bei akuten Verbrennungen. Sie sollten reserviert bleiben für sekundäre Korrekturen. Bei tiefen Verbrennungen der gesamten oberen Extremität können auch epifasziale Nekrektomien erforderlich werden.

In seltenen Fällen können tangentielle Nekrektomien nicht ausreichend sein. Bei tiefen Brandverletzungen der Hand sind häufig Sehenscheiden und Sehnen, Metakarpalknochen oder Gelenke mitbeteiligt. In diesen Fällen ist eine primäre Deckung durch Lappenplastiken indiziert. Die Weichteilrekonstruktion erfolgt dann nach den Prinzipien der rekonstruktiven Leiter mit einer situationsadaptierten Anpassung von der einfachen Lappenplastik bis zur komplexen Lappenplastik [2]. Die

Wahl des richtigen Lappens richtet sich nach den möglichen Spenderarealen sowie von den Erfordernissen an das ideale Gewebe im Bereich der primären Wunde.

Bei jungen Frauen und Kindern ist ein gestielter Leistenlappen die Rekonstruktionsmöglichkeit der ersten Wahl. Die vorübergehende Immobilisierung der Schulter wird üblicherweise gut toleriert. Der Hebebereich des Lappens lässt sich später sehr gut verstecken. Nachteilig an diesem Lappen ist jedoch, dass oft 4–5 Eingriffe erforderlich sind, um ein definitives Ergebnis zu erzeugen. Bei Patienten mit dickem subkutanem Fettgewebe ist der Lappen oft zu dick, was nur zu mäßigen ästhetischen Ergebnissen führt.

Wenn der Allgemeinzustand des Patienten es zulässt, ist es möglich, die Lappen exakt den individuellen Erfordernissen des Patienten zuzuschneiden, zum Beispiel unter Verwendung freier mikrovaskulär anastomosierter Transplantate [5, 12, 13, 16, 40, 41], gestielter Unterarm-lappen oder intrinsischer Handlappen. Da auch die freie Lappenplastik idealerweise sehr dünn ist und ein ausreichendes Gleiten der Sehnen ermöglichen soll, bietet sich hier die Transplantation dünner Faszienlappen, die mit Spalthaut gedeckt werden, an. Hier kommen vor allem der Serratusfaszienlappen (■ Abb. 7) und der temporoparietale Faszienlappen zur Anwendung [2, 9, 10].

Temporärer Hautersatz

Lässt die klinische Situation keine sofortige Deckung zu, kann auf eine Vielzahl von temporären Deckungsverfahren zurückgegriffen werden [15]. Seit vielen Jahren sind Xenotransplantate im klinischen Gebrauch, wobei heutzutage vorwiegend Schweinehaut zur Behandlung von Verbrennungswunden eingesetzt wird [35]. Allogene Fremdhaut gilt weiterhin als „goldener Standard“ zur temporären Deckung von Verbrennungswunden wegen der Reduktion der Sepsisgefahr und wegen des Schutzes vor Wasser-, Elektrolyt- und Flüssigkeitsverlust. Humanes Amnion findet hauptsächlich Einsatz bei der Bedeckung von zweitgradigen Verbrennungen, Spenderarealen sowie frisch exzidierten tiefen Verbrennungswunden bis zur Verfügbarkeit ausreichender Spenderstellen. Eben-

so können vorgefertigte, allogene Keratinozytentransplantate (AKT) verwendet werden.

In den letzten Jahren sind verschiedene synthetische Materialien zum temporären Hautersatz entwickelt worden. Hierbei handelt es sich vorwiegend um polymere Wundaufgaben, die aber lediglich bei kleinen bis mittelgroßen, oberflächlichen Wunden indiziert sind. Dies gab den Anstoß zur Entwicklung mehrlagiger Verbände bis hin zu den hybriden Wundaufgaben.

Ein Beispiel hierfür, das vor allem bei Verbrennungen der Hand zu Einsatz kommt, ist Biobrane®. Hierbei handelt es sich um eine dreischichtige, semipermeable Wundaufgabe, bestehend aus einer äußeren Silikonschicht, einem Nylonnetz in der mittleren Schicht, und einer inneren Kollagenschicht. Für die Hände sind spezielle Handschuhe erhältlich (■ Abb. 8), die exakt angepasst werden können [35]. Der Handschuh selbst ist semipermeabel und erlaubt den Austritt von Wundsekret durch die Membran. Der Handschuh kann auf der Wunde bleiben, bis die Oberfläche neu epithelisiert ist. Da er annähernd transparent ist, können Veränderungen im Bereich der Wunde durch die Membran beobachtet werden.

Während sich dieser Handschuh vor allem für nicht infizierte, oberflächliche Verbrennungswunden eignet, ist Integra® das heute am weitesten verbreitete dermale Ersatzmaterial in der Behandlung tieferdermaler und drittgradiger Verbrennungswunden [6]. Es besteht aus einer dermalen Komponente aus einem Gitter von Kollagenfasern und Glykosaminoglykanen und einer epidermalen Komponente in Form einer Silikonfolie (■ Abb. 6c; [35]). Zur Einheilung von Integra ist, ähnlich wie bei der Spalthauttransplantation, ein guter gleichmäßiger Anpressdruck erforderlich. Hierbei kann die Anwendung der Vakuumtherapie („vacuum-assisted closure“, V.A.C.®, Vakuumversiegelung) hilfreich sein, Transplantate optimal auf unebenen Wundflächen zu fixieren [20, 23].

Komplikationen

Bei isolierten Brandverletzungen der Hand sind Komplikationen selten und können durch eine regelrechte Behand-

lung vermieden werden. Sie sind häufiger bei Verbrennungen, bei denen ein großer Prozentsatz der Körperoberfläche involviert und häufig das Immunsystem der Patienten stark supprimiert ist und der Patient sich in einem katabolen Zustand befindet. Die 3 häufigsten Komplikationen, welche das Behandlungsergebnis beeinflussen können, sind die sekundäre Infektion, der Transplantatverlust (■ Abb. 9) und die frühe Hypergranulation.

Sekundäre Infektion

Gerade die sekundäre Infektion kann ein schwieriges Problem bei Verbrennungen der Hand darstellen. Vor allem 2 Bereiche der Hand sind sehr anfällig für sekundäre Infektionen: Die dünne dorsale Haut der proximalen Interphalangealgelenke und das Nagelbett. Die Behandlung besteht in der lokalen Applikation von antibakteriellen Cremes.

Transplantatverlust

Der Verlust von Hauttransplantaten kann mehrere Ursachen haben. Hierzu zählen vor allem ein insuffizientes Débridement mit Resten von avitalen Nekrosen, stärkere Blutungen im Bereich des Wundbettes mit Hämatombildung unter dem Transplantat, sowie sekundäre Infektionen des Wundbettes. Im Falle eines Transplantatverlustes muss die Wunde erneut chirurgisch débridiert werden. Jegliches avitales Gewebe muss vollständig entfernt werden, bis kapilläre Blutungen im Wundbett auftreten.

► Im Falle eines Transplantatverlustes muss die Wunde erneut chirurgisch débridiert werden

Dann kann in gleicher Sitzung die erneute Versorgung mit einem Hauttransplantat oder einer Lappenplastik erfolgen, jedoch sollte bei unklarer Wundsituation ein temporärer Hautersatz erwogen werden.

Frühe Hypergranulation

Die frühe Hypergranulation tritt vor allem im Bereich von nicht epithelisierten Arealen von Meshgrafts oder an den Grenzen von Sheetgrafts auf. Die chirurgische Abtragung dieser Hypergranulationen wird nicht empfohlen, weil es von hier ausgehend zu stärkeren Blutungen kommen kann. Als sehr nützlich haben sich Wund-

verbände mit steroidhaltigen Substanzen (z. B. Cortikotulle®) erwiesen. Außerdem ist die frühzeitige Behandlung mit Druckhandschuhen oder Silikonmembranen bei diesen Patienten erforderlich.

Spätfolgen

Auch wenn in der Frühphase der thermischen Verletzung der Hand alle Behandlungsmaßnahmen regelrecht eingeleitet und durchgeführt wurden, kann es vor allem durch dermale Narbenkontrakturen zu schweren Deformitäten der Hand als Spätfolge des Verbrennungstraumas kommen [22, 45]. Diese haben sowohl auf die Funktion der Hand als auch auf das ästhetische Erscheinungsbild Einfluss, was eine konsequente Behandlung dieser Deformitäten indiziert. Eine Klassifikation der Deformitäten nach Verbrennungstrauma der Hand wurde von Achauer 1978 erstellt [1]:

- A) Krallenhanddeformität
 - 1. Komplett
 - 2. Inkomplett
- B) Palmare Kontrakturen
- C) Deformitäten der
 - Zwischenfingerfalten
 - 1. Kontrakturen der Zwischenfingerfalten
 - 2. Adduktionskontraktur
 - 3. Syndaktylie
- D) Hypertrophe Narben und Kontrakturenbänder
- E) Amputationsdeformität
- F) Nagelbettdeformität

Üblicherweise gehen die Deformitäten als Spätfolge eines Verbrennungstrauma mit einem Gewebedefizit einher. Kontrakturen können als Folge von spontan abgeheilten tiefen Verbrennungen oder, wesentlich häufiger, als Folge einer Kontraktion transplanterter Spalthautgrafts erscheinen. Dieses Phänomen wird gerade in Situationen der akuten Verbrennung wesentlich häufiger beobachtet als in Elektivsituationen. Um solche Kontrakturen aufzulösen, gibt es eine Vielzahl von chirurgischen Möglichkeiten. Hierzu zählen vor allem Z- und VY-Plastiken, häufig ist jedoch eine Lappendeckung erforderlich [38]. Vor der chirurgischen Therapie ist jedoch immer

einer exakten Analyse des individuellen Problems notwendig.

Fazit für die Praxis

Die Anatomie der Hand weist einige Besonderheiten auf: Es sind nicht nur die Blutgefäße, sondern auch die Sehnen und Gelenke dicht unter der Hautoberfläche lokalisiert, was diese Strukturen extrem empfindlich gegenüber thermischer Energie macht. Auch kleine Verbrennungstraumen können zu Deformitäten der Hand führen. Ein frühes Débridement und ein systematisches Therapiekonzept ergeben bei der Mehrzahl der Patienten eine gute Spätfunktion. Zu den wichtigsten Behandlungszielen gehören die Vermeidung tiefergehender Verletzungen, ein rascher Wundverschluss, der Erhalt des aktiven und passiven Bewegungsumfanges, die Prävention einer Infektion, der Erhalt von funktionellen Strukturen sowie eine frühe funktionelle Rehabilitation. Zur Erlangung dieser Ziele wird neben der chirurgischen oder ggf. konservativen Therapie eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit passiver und aktiver Physiotherapie sowie die Versorgung mit Schienen und topischen Externa durchgeführt.

Korrespondierender Autor

Dr. K. Philipp

Klinik für Hand-, Plastische und Rekonstruktive Chirurgie – Schwerbrandverletztenzentrum, BG-Unfallklinik Ludwigshafen – Plastische und Handchirurgie der Universität Heidelberg, Ludwig-Guttmann-Straße 13, 67071 Ludwigshafen
E-Mail: philipp@bgu-ludwigshafen.de

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Achauer BM (1987) Management of the burned patient. Appleton & Lange, East Norwalk/CT
2. Baumeister S, Germann G, Giessler G, Dragu A, Sauerbier M (2004) Wiederherstellung der verbrannten Extremität durch Transplantation freier Lappenplastiken. Chirur 75: 568–578
3. Beasley RW (1981) Secondary repair of burned hands. Clin Plast Surg 8: 141–148

4. Belliappa PP, McCabe SJ (1993) The burned hand. Hand Clin 9: 313–324
5. Chick L, Lister GD, Sowder L (1992) Early free flap coverage of electrical and thermal burns. Plast Reconstr Surg 89: 1013–1021
6. Dantzer E, Queruel P, Salinier L, Palmier B, Quinot JF (2001) Integra, a new surgical alternative for the treatment of massive burns. Clinical evaluation of acute and reconstructive surgery: 39 cases. Ann Chir Plast Esthet 46: 173–189
7. Deb R, Giessler GA, Przybilski M, Erdmann D, Germann G (2004) Die plastisch-chirurgische Sekundärrekonstruktion von Schwerstbrandverletzten. Chirur 75: 588–598
8. Dobbs ER, Curreri PW (1972) Burns: analysis of result of physical therapy in 681 patients. J Trauma 12: 242
9. Fassio E, Laulan J, Aboumoussa J, Senyuya C, Goga D, Ballon G (1999) Serratus anterior free fascial flap for dorsal hand coverage. Ann Plast Surg 43: 77–82
10. Flügel A, Kehrler A, Heitmann C, Germann G, Sauerbier M (2004) Coverage of soft-tissue defects of the hand with free fascial flaps. Microsurgery 24: (in press)
11. Germann G (2004) Verbrennungen. Chirur 75: 559
12. Germann G, Flügel A (2003) Prinzipien und Möglichkeiten der Rekonstruktion mit mikrochirurgischen Lappenplastiken. Chirur 74: 790–801
13. Germann G, Karle B, Brüner S, Menke H (2000) Behandlungsstrategie bei komplexen Handverletzungen. Unfallchirurg 103: 342–347
14. Germann G, Steinau HU (1993) Aktuelle Aspekte der Verbrennungsbehandlung. Zentralbl Chir 118: 290–302
15. Giessler GA, Deb R, Germann G, Sauerbier M (2004) Die Akutversorgung von Brandverletzten. Chirur 75: 560–567
16. Giessler GA, Erdmann D, Germann G (2003) Soft tissue coverage in devastating hand injuries. Hand Clin 19: 63–71
17. Harrison DH, Parkhouse N (1990) Experience with upper extremity burns. The Mount Vermont experience. Hand Clin 6: 191–209
18. Hegggers JP, Ko F, Robson MC et al. (1989) Evaluation of burn blister fluid. Plast Reconstr Surg 65: 798
19. Hentz VR (1985) Burns of the hand. Thermal, chemical, and electrical. Emerg Med Clin North Am 3: 391–403
20. Horch RE. Grundlagen und Ergebnisse der Vakuumtherapie (V.A.C.®) in der rekonstruktiven Chirurgie. Zentralbl Chir 129: S2–S5
21. Kraemer MD, Jones T, Deitch EA (1988) Burn contractures: incidence, predisposing factors and results of surgical therapy. J Burn Care Rehabil 9: 261
22. Kurtzman LC, Stern PJ (1990) Upper extremity burn contractures. Hand Clin 6: 261–279
23. Langer M, Ravensschlag C, Ochman S, Kleinen T, Meffert R (2004) Erfahrungen mit V.A.C.®-Therapie, Fluorescein-Vital-Färbung und Integra® bei einer großflächigen Avulsionsverletzung beider Beine. Zentralbl Chir 129: S46–S48
24. Lionelli GT, Lawrence WT (2003) Wound dressings. Surg Clin North Am 83: 617–638
25. Logsetty S, Heimbach DM (2000) Modern techniques for wound coverage of the thermally injured upper extremity. Hand Clin 16: 205–214
26. Lund T, Onarheim H, Reed RK (1992) Pathogenesis of edema formation in burn injuries. World J Surg 16: 2–9
27. MacMillan BG (1970) The use of mesh grafting in treating burns. Surg Clin North Am 50: 1347–1359

28. Mancoll JS, Mlakar JM, McCauley RL et al. (1996) Burn web space contractures – are they just a bad penny? *Proc Am Burn Assoc* 28: 111
29. McCauley RL (2000) Reconstruction of the pediatric burned hand. *Hand Clin* 16: 249–259
30. Ono I, Gunji H, Zhang JZ, Maruyama K, Kaneko F (1995) A study of cytokines in burn blister fluid related to wound healing. *Burns* 21: 352–355
31. Pegg SP, Gregory JJ, Hogan PG et al. (1979) Epidemiological pattern of adult burn injuries. *Burns* 5: 326
32. Pegg SP (1992) Escharotomy in burns. *Ann Acad Med Singapore* 21: 682–684
33. Prasad JK, Bowden ML, Thomson PD (1991) A review of the reconstructive surgery needs of 3167 survivors of burn injury. *Burns* 17: 302–305
34. Pruitt BA Jr, Dowling JA, Moncrief JA (1968) Escharotomy in early burn care. *Arch Surg* 96: 502–507
35. Przybiski M, Deb R, Erdmann D, Germann G (2004) Aktuelle Trends in der Entwicklung von Hautersatzmaterialien. *Chirurg* 75: 579–588
36. Raine TJ, Hegggers JP, Robson MC et al. (1981) Cooling the burn wound to maintain microcirculation. *J Trauma* 21: 394
37. Robson MC, Smith DJ, VanderZee AJ, Roberts L (1992) Making the burned hand functional. *Clin Plast Surg* 19: 663–671
38. Salisbury RE (2000) Reconstruction of the burned hand. *Clin Plast Surg* 27: 65–69
39. Salisbury RE, Levine NS (1976) The early management of upper extremity thermal injury. In: Salisbury and Priutt, editors. *Burns of the upper extremity*. WB Saunders, Philadelphia/PA, pp 36–46
40. Sauerbier M, Erdmann D, Bickert B, Wittemann M, Germann G (2001) Die Defektdeckung an Hand und Unterarm mit dem freien Skapula-/Paraskapularlappen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 33: 20–25
41. Sauerbier M, Erdmann D, Pelzer M, Bickert B, Germann G (2002) Microsurgical reconstruction of defects of the forearm and the hand using the combined scapula/parascapular free flap. In: Schuind F (ed) *Advances in upper and lower extremity microvascular reconstruction*. World Scientific Publishing, pp 172–181
42. Sheridan RL, Hurly J, Smith MA et al. (1995) The acutely burned hand: Management and outcome based on a ten-year experience with 1047 acute hand burns. *J Trauma* 8: 406–411
43. Smith MA, Munster AM, Spence RJ (1998) Burns of the hand and the upper limb – a review. *Burns* 24: 493–505
44. Tilley W, McMahon S, Shukalak B (2000) Rehabilitation of the burned upper extremity. *Hand Clin* 16: 303–318
45. von Heimburg D, Bahm J, Sporkmann C, Pallua N (2002) Die verbrannte Hand – eine computergestützte Untersuchung der Spätfunktion von 67 thermisch verletzten und operierten Händen. *Unfallchirurg* 105: 606–611
46. Wong L, Spence RJ (2000) Escharotomy and fasciotomy of the burned upper extremity. *Hand Clin* 16: 165–174

B. N. Tillmann Atlas der Anatomie mit Muskeltrainer

Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag 2004, 626 S., 1363 Abb., 110 Tab., (ISBN 3-540-66651-6), Hardcover, 79.00 EUR



Die Anatomie ist nach wie vor die Basis jeglichen medizinischen Verständnisses. Bedauerlicherweise hat diese Erkenntnis in den letzten Jahren nur wenig geblüht:

Lateinkenntnisse werden im Studium nicht mehr verlangt, so dass anatomische Nomenklatur nur noch „gepaukt“ wird. Die klinischen Fächer sind vielfach dermaßen subspezialisiert, so dass der Blick für die groben Zusammenhänge zwischen Anatomie und klinischer Medizin verloren gegangen ist.

Diese Mängel will die neue Approbationsordnung beseitigen. Sie sind bereits beseitigt im neu vorliegenden „Tillmann“. Man darf diesen Atlas der Anatomie getrost in Zukunft unter seinem Autorennamen zitieren, denn er wird sich unter den Studenten einen gleichen Rang wie der „Lanz-Wachsmuth“ erobern. Der Autor hat bewusst ein neues Konzept aufgegriffen, um die Lücke zwischen der Anatomie und den klinischen Fächern zu schließen. Ein anatomischer Atlas besteht überwiegend aus Abbildungen, aus guten Abbildungen. Dieser Atlas vermag durch seine geschickte didaktische Gliederung das Verständnis für das große Ganze, aber auch durch seine hervorragenden dreidimensionalen Abbildungen das Verständnis für das Detail zu fördern. Der Atlas ist insgesamt in 7 Kapiteln gegliedert. Der allgemeinen Anatomie folgen spezielle Kapitel der Körperregionen vom Kopf über den Hals, Rumpf, Situs, obere Extremität bis zur unteren Extremität. Die von den Studenten häufig als lästig empfundene „Lernerei“ von Muskelansatz und Ursprüngen ist in einem eigens beigehefteten Muskeltrainer mit 83 Seiten ausgegliedert. Durch die Zusammenfügung von übersichtlichen Tabellen und anschaulichen Zeichnungen wird damit das sonst auf vielen Seiten im Bereich der topographischen Anatomie

untergebrachte Wissen über die Muskulatur sinnvoll zusammengefasst.

Dieser Atlas macht Spaß auf Anatomie. Er macht Spaß auf die Medizin, denn wo immer möglich, werden durch Einfügungen in die Abbildungen Bezüge zur Klinik hergestellt. Das neue Konzept dieses Atlas zeigt, wie einscheinbar „ausgelutschtes, altes Fach Anatomie“ neu präsentiert werden kann. Kein Wunder, denn Tillmann ist seit Jahren Erster im Ranking der Lehre an der Kieler Universität. Alle, die es mit dem problemorientierten Lernen und der neuen Approbationsordnung Ernst nehmen wollen, sollten dieses Buch weiterempfehlen.

F.U. Niethard (Aachen)