

Verätzungen und Verbrennungen des Auges

Konservative und chirurgische Optionen einer stadiengerechten Therapie

Zwischen 6,4 und 19,6% aller Augenunfälle sind Augenverätzungen und -verbrennungen [27, 39, 68, 75, 82, 101, 150, 167, 168]. Sie ereignen sich zu etwa 60–70% am Arbeitsplatz [60, 119, 140, 172]. Die Inzidenz schwerer Hornhautverätzungen in Großbritannien wird mit 0,02 auf 100.000 Personen angegeben [83].

Der Anteil der alkalischen Agenzien liegt bei 26–33,9% [68, 119, 146, 172]. Es handelt sich vorwiegend um Kalk [CaO bzw. Ca(OH)₂], Ammoniak (NH₃) bzw. Ammoniumhydroxid (NH₄OH), Natronlauge (NaOH) und Kalilauge (KOH). Verätzungen durch Säuren sind häufiger (bis zu 60,8%), darunter die typischen Verätzungen mit Schwefelsäure (H₂SO₄), Salpetersäure (HNO₃), Salzsäure (HCl), Flusssäure (HF) und Essigsäure (C₂H₄O₂). Neben diesen beiden großen Gruppen sind Verätzungen mit Mischagenzien wie n-Butylzinnverbindungen [12] und organischen Lösungsmitteln oder Verbrennungen durch flüssige Metalle bzw. Feuerwerkskörper [73, 106, 119, 170] von Bedeutung. Hitzeschäden treten auch durch erhitzte Flüssigkeiten wie Wasser oder Wasserdampf auf [16].

Viele chemisch aktive und korrosive ätzende Stoffe können innerhalb von Sekunden oder Minuten zu schweren oder schwersten Gewebeerstörungen führen, besonders wenn sie unter hohem Druck auf das Auge treffen ([62], **Abb. 1**). Unabhängig davon penetrieren alkalische

Agenzien mit den Hydroxylionen (OH⁻) das Gewebe schneller als Säuren und führen über einem pH-Wert von 11,5 zu einer irreversiblen Kolliquationsnekrose mit Auflösung der epithelialen Barrierefunktion (Verseifung bzw. Lipolyse; [2, 18, 22, 29, 43, 117, 118, 138, 177, 179]).

Säuren dagegen rufen ab einem pH-Wert niedriger als 2 durch die Protonen (H⁺) ähnlich wie eine Verbrennung eine intrazelluläre Denaturierung der Proteine (Koagulationsnekrose) hervor, die als Barriere das weitere Vordringen des Ätzmittels in die Gewebetiefe behindern kann [153].

Als Entscheidungshilfe für die Bewertung des klinischen Schweregrades der Augenschädigung ist das an der Aachener Augenklinik durch Reim et al. entwickelte Klassifikationsschema zu empfehlen ([61, 110, 111], **Tab. 1**). Es legt die klinischen

Zeichen für die Einstufung fest und berücksichtigt gleichzeitig die zu erwartenden Spätfolgen des Unfalls.

Ältere Klassifikationen gehen u. a. auf Thiel [156] und Roper-Hall [122] zurück. Letztere Einteilung wurde von Dua et al. weiterentwickelt. Sie erlaubt nunmehr innerhalb von 6 Schweregraden im zeitlichen Verlauf eine differenzierte flexible Bewertung von Limbus- und Bindehautschaden und damit eine präzisere Einstufung der Prognose. Besonders bei schweren und schwersten Verätzungen (Grad IV–VI der Dua-Klassifikation) kann in Verbindung mit der beschriebenen Analogskala der Schädigungsanteile eine genaue Befundeinstufung die Vergleichbarkeit publizierter Operationsergebnisse, so bei der frühen Amnionmembrantransplantation (AMT), erleichtern [16, 49]

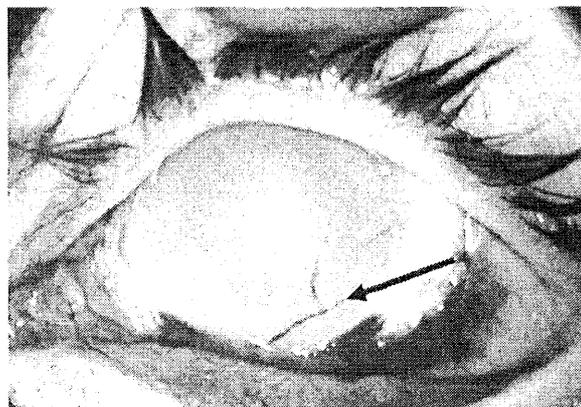


Abb. 1 ▶ Natronlaugeverätzung Stadium IV und Glassplitterverletzung der Hornhaut (Pfeil) 1. Tag, tiefe Ischämie zirkulär, unten subkonjunktival Eigenblut als Notfalltherapie, dichte Hornhauttrübung

Tab. 1 Klassifikation von Verätzungen und Verbrennungen der Augen.
 (Nach M. Reim et al.)

	I	II	III	IV
Sofort	Erosio	Erosio	Erosio	Tiefe Ischämie >3/4
	Limbus-schaden 0	Limbus-schaden <1/3	Limbus-schaden <1/2	Limbus-schaden >1/2
	Hyperämie	Ischämie <1/2 Chemosis	Ischämie >1/2 Rosa Chemosis Korneatrübung	Dichte Korneatrübung Konjunktivale Nekrosen Sklera porzellanweiß Missfärbung und Atrophie der Iris Fibrinexsudate
„Second look“: 1–3 Tage später und danach	Regene-ration	Rezirkulation Regeneration	Persistierende Erosio Narbenpterygium Konjunktivalisation Ulzeration Neovaskularisation Narben	Proliferationen Konjunktivalisation Schwere Vernarbung Große Ulzerationen Einschmelzung Katarakt, Glaukom

Tab. 2 Augenspüllösungen bei Verätzungen und Verbrennungen (nach R. Harnisch, Universitätsapotheke Halle/S.)

Artikel	Zulassungs-status	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻	Osmo-larität	Puffer-system	Apo-EK
Isotonische NaCl-Lösung (Isogutt akut 500 ml)	MP	–	–	Isoton	–	8,30 EUR
BSS (Flasche 500 ml)	MP	+	–	Isoton	–	71,44 EUR à 10 Flaschen
Ringerlösung zum Spülen (Flasche à 500 ml)	MP	+	–	Isoton	–	25,50 EUR à 10 Flaschen
Na-Phosphat-Puffer 4,48% (Isogutt 250 ml; Tima-Oculav 250 ml)	MP	–	+	Hyper-ton	+	7,36 EUR 8,60 EUR
Diphoterine®/Previn® Augenspülbeutel 500 ml	MP	–	–	Hyper-ton	+	42,50 EUR
Hexafluorine®/Anti-Flusssäure-Lösung Augenspülbeutel 500 ml	MP	–	–	Hyper-ton	+	70,00 EUR
Calciumgluconat-Lösung 10% Ampullen à 10 ml	AM ^a	+	–	Hyper-ton	–	5,57 EUR à 20 Ampullen

^aKeine arzneimittelrechtliche Zulassung zur Behandlung von Augenverätzungen.

Pathophysiologische Grundlagen und Therapieansätze

Tierexperimentelle Studien haben gezeigt, dass der Gewebeerstörung unmittelbar die Phase der Entzündung und Reinigung folgt [113, 121]. Bereits 30 min nach Verätzung der Kaninchenhornhaut mit 0,25 n Natronlauge ist ein perilibalärer Leukozyteneinstrom nachweisbar, und 3 h danach steigt der Prostazyklinspiegel des Kammerwassers auf das 10.000-Fache des Normalen [146, 152].

Ein bis 2 h nach Verätzung mit 2 n Natronlauge tritt am Kaninchenauge in Korrelation mit einer Augendrucksteigerung eine signifikante Zunahme der Durchblutung von Iris, Ziliarkörper und Aderhaut ein, wie sie auch nach der topischen

Gabe von Prostaglandin E₁ oder F₂ gesehen wird [30].

Weitere Tierexperimente belegen hohe Aktivitäten lysosomaler Enzyme als Folge der Leukozyteninfiltration in die Hornhaut [7] und deren Hemmung durch Thymosin-β₄ oder GM 6001, beides Inhibitoren der Matrixmetalloproteinasen (MMP)-Expression [52, 78, 139]. Ebenso wurde tierexperimentell in der Alkali-verätzten Kaninchenhornhaut die Expression der MMP-12 durch Myofibroblasten nachgewiesen [45] sowie in der humanen Kornea eine nur im Hornhautepithel exprimierte MMP beschrieben und ihr Einfluss auf die Wundheilung am Mausmodell untersucht [163]. Weitere Entzündungsmediatoren wie Proline-glycineproline Peptide konnten identifiziert werden [102].

Es gelang an Alkali-verätzten Hornhäuten genetisch manipulierter Mäusestämme, den Zusammenhang zwischen reduzierter Entzündungsreaktion, gesenktem Leukozyteneinstrom, beschleunigter Reepithelisierung und verringerter Fibrosierung nachzuweisen [165]. Ebenfalls am Maus- bzw. am Rattenmodell hat man versucht, den zeitlichen Ablauf der Entzündungsreaktion und der kornealen Lymph- und Hämangiogenese nach Alkaliverätzung zu beschreiben [77, 173]. Die Wirksamkeit verschiedener lokal applizierter steroidaler und nichtsteroidaler Antiphlogistika sowie antiangiogener Substanzen bei der Behandlung der Augenverätzung ist tierexperimentell bzw. an humanen limbalen epithelialen Stammzellkulturen erwiesen [33, 41, 92, 97, 124, 146, 147, 148, 149, 151, 175, 177].

■ In der klinischen Praxis hat die antientzündliche und gleichzeitig antiangiogenetische Therapie einen zentralen Stellenwert.

In der Frühphase der Augenverätzung und -verbrennung dienen auch wichtige chirurgische Maßnahmen wie die sorgfältige Exzision von nekrotischem Gewebe und verschiedene Gewebeplastiken diesem Ziel. Das betrifft insbesondere die frühe AMT. Sie fördert bei milden bis moderaten Verätzungen und Verbrennungen gleichzeitig die Reepithelisierung [54, 55, 88, 90], kann aber bei schwersten Verätzungen mit zirkulärem Limbus-schaden und 100%iger Beteiligung der bulbären Bindehaut bis in die Fornices (Grad VI der Dua-Klassifikation) die drohende limbale Stammzellinsuffizienz nicht verhindern. In seltenen Fällen, insbesondere bei Verbrennungen mit flüssigem Aluminium oder Verätzungen mit Ätznatron, ist sogar die tarsale Bindehaut einbezogen und verschlechtert die Prognose weiter [14, 16, 49].

Alle bisher beschriebenen Therapieoptionen werden flankiert von der antibiotischen Absicherung des geschädigten Gewebes, der weiteren Förderung regenerativer und reparativer Prozesse sowie bei Bedarf durch eine antiglaukomatöse Medikation. Ihre evidenzbasierte Bewertung ist aufgrund unzureichender klinischer Datenlage nur eingeschränkt möglich.

Einwirkung auf die Akutphase der Gewebeerstörung

Im Zentrum der Notfallversorgung steht die unverzügliche Augenspülung, wenn keine höherwertigen Gefährdungen erkennbar sind. Dazu zählt eine akute Erstickungsgefahr (z. B. bei Einatmung ätzender Dämpfe bzw. von Kalkstaub) oder ein lebensbedrohlicher Kreislaufkollaps. Eine Auswahl verfügbarer Augenspüllösungen gibt **Tab. 2** wieder. Weitere Augenspüllösungen wie Meersalzlösungen und nachfolgend pflanzliche Öle sind tierexperimentell erprobt und für die klinische Anwendung empfohlen worden [123]. Die Erstsplüfung sollte in Anlehnung an den ANSI-Standard (American National Standards Institute) mit Leitungswasser über einen Zeitraum von mindestens 15 min erfolgen [80]. Diese Empfehlung ist eine Expertenmeinung, die sicher sinnvoll ist, bislang im Vergleich zu anderen empfohlenen Lösungen aber nie klinisch überprüft wurde. Experimentelle Daten zum Thema liegen inzwischen vor und sprechen für die Anwendung amphoter hyperosmolarer Spüllösungen [118]. Die Überprüfung dieser Experimentaldaten anhand von klinischen Ergebnissen ist Teil eines prospektiven klinischen Qualitätskontrollprojektes an der Augenklinik Köln Merheim (s. a. weiterer Beitrag in diesem Leitthemenheft).

Alternativ kann bei Alkaliverätzungen für die Erstsplüfung Cederroth Eye Wash solution[®] (Boratpuffer) eingesetzt werden.

Bei Verätzung mit gebranntem Kalk müssen vor und während der Augenspülung vorhandene Kalkpartikel mit dem Watteträger oder einem Hockeymesser evtl. unter Einsatz von 1%-EDTA-Lösung als Chelatbildner (doppelt Ektropionieren!) entfernt werden.

Eine Augenverätzung mit Flusssäure wird mit Hexafluorine[®] (Anti-HF⁺) gespült [40, 143]. Eine Calciumgluconat-Lösung sollte wegen der Gefahr des Ausfalls unlöslicher Kristalle auf der Hornhaut nur ergänzend periorbital eingesetzt werden [171].

Auf dem Transport in die Notfallambulanz und auch dort darf kein Verband angelegt werden damit die Bulbusbeweglichkeit und weitere Spülungen nicht behindert werden und ein lokaler Tempe-

Zusammenfassung · Abstract

Ophthalmologe 2011 · 108:921–928 DOI 10.1007/s00347-010-2250-4
© Springer-Verlag 2011

H.G. Struck · N.F. Schrage

Verätzungen und Verbrennungen des Auges. Konservative und chirurgische Optionen einer stadiengerechten Therapie

Zusammenfassung

Es werden die Grundlagen der medizinischen Versorgung des dringlichen Notfalls Augenverätzung und -verbrennung besprochen. Das Konzept aller Maßnahmen in der Akutphase dient der Verhinderung oder Begrenzung der Gewebeerstörung. Das weitere therapeutische Vorgehen ist auf die Modulation der Entzündungsreaktion, das Abfangen einer bakteriellen Infektion bzw. möglicher Augendrucksteigerungen und auf die Förderung der Wundheilung ausgerichtet. Aus den dargelegten konservativen und chirurgischen Therapieoptionen ist anhand der Klassifikation des Schweregrades der Verätzung sowie einer sorgfältigen Identifizierung zerstörter

Gewebestrukturen ein individuelles Maßnahmenkonzept umzusetzen. Bei schweren und schwersten Augenverätzungen gehört hierzu die umfassende chirurgische Sanierung. Die an der Behandlung der Augenverätzung und -verbrennung beteiligten ambulanten und stationären Einrichtungen benötigen ein einheitliches, wissenschaftlich begründetes Therapieregime. Insbesondere ist die lückenlose Fortführung der Behandlung zur Wiederherstellung der Sehkraft entscheidend.

Schlüsselwörter

Verätzung · Verbrennung · Auge · Konservative Therapie · Chirurgische Eingriffe

Chemical and thermal eye burns. Conservative and surgical options of a stage-dependent therapy

Abstract

The basic principles of first aid for chemical and thermal burns are discussed. In the acute phase the primary goal of all measurements is the prevention or limitation of tissue destruction. The further therapeutic care is focused on the modulation of the inflammatory response, the prevention of a bacterial infection and secondary glaucoma and the stimulation of wound healing. The individual concept of measures to be taken is recruited from the careful identification of necrotic tissue, the eye burn classification of severity and on the basis of all described medical and sur-

gical therapy options. In the case of severe and very severe ocular burns a comprehensive surgical reconstruction is included. All outpatient departments and eye clinics taking part on the treatment have to ensure a standardized complete and scientifically valid therapy regime to restore vision.

Keywords

Chemical eye burn · Thermal eye burn · Conservative treatment · Surgical intervention

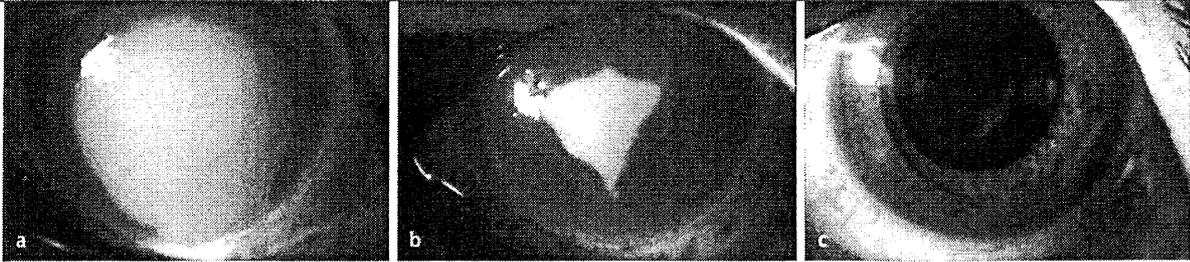


Abb. 2 ▲ Alkaliverätzung Stadium II. **a** Am 1. Tag: fere totale Erosio corneae, Destruktion des Limbus <1/3, Ischämie und Chemosis. **b** Am 6. Tag: noch zentraler dreieckförmiger epithelialer Defekt. **c** Am 10. Tag: Epithel der Hornhaut intakt, keine Spätfolgen. (Aus [153], mit freundl. Genehmigung Thieme Verlag)

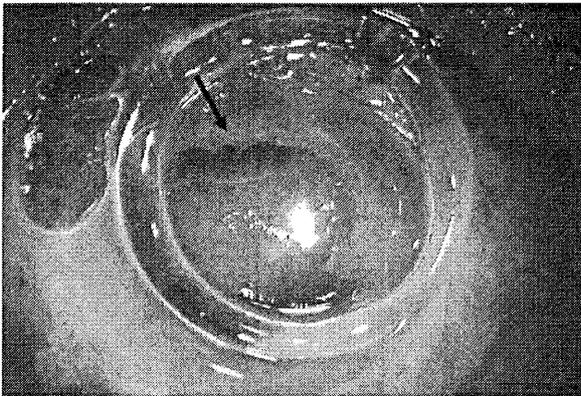


Abb. 3 ◀ Säureverätzung Stadium III–IV, 16. Tag, Zustand nach Exzision der Nekrosen und Tenonplastik, liegende Illig-Schale, Ablagerung von Kalziumphosphathydroxylapatit-Kristallen (Pfeil)

raturanstieg vermieden wird [125, 153]. Letzterer könnte unter Beteiligung sog. Heatshock-Proteine die inflammatorische Antwort verstärken [114]. In dieser Frühphase der Therapie verzichten wir im Gegensatz zu anderen Autoren auf das Einlegen einer Spülschlinge oder einer Sklerallinse (z. B. Morgan-Linse) in den Bindehautsack, da nach unserer Auffassung dieser Fremdkörper eine zusätzliche mechanische Schädigung hervorrufen kann [93, 128, 154, 155]. Auch ist nicht auszuschließen, dass die Spüllösung nicht die gesamte verätzte Oberfläche erreicht (Spülstraßenbildung!) und so ein ungeRechtfertigtes Sicherheitsgefühl entsteht.

◉ Vordringliche Maßnahme ist die Augenspülung

In der augenärztlichen Ambulanz bzw. in der Notfallaufnahme der Klinik wird als vordringliche Maßnahme die Augenspülung im Sinne einer Erstspülung durchgeführt, unabhängig davon, ob außerhalb eine Regelversorgung, eine Notfallalternative (mit Leitungswasser, Cola und anderen kühlen Trinkflüssigkeiten) oder keine Versorgung erfolgte. Weitere Spü-

lungen sind in den ersten 3 h 1-mal stündlich und für die ersten 3 Tage 3-mal täglich einzuplanen. Eine Kontrolle des pH-Wertes an der Bulbusoberfläche, wie von manchen Autoren empfohlen [104], erfolgt von uns nicht, da das Ergebnis, bezogen auf die durch die Augenspülung behandelte Tiefenwirkung der Verätzung, völlig irreführend ist [119]. Unmittelbar nach Einleitung der notwendigen medikamentösen Maßnahmen ist an der Spallampe die Klassifikation des Schweregrades der Verätzung und die Augeninnendruckmessung (Schiötz- oder Applanations-tonometrie) vorzunehmen und täglich zu wiederholen. Hiermit wird der Einstieg in eine stadiengerechte Therapie sichergestellt, zumal zunächst eher harmlos – weil blass und reizarm – erscheinende Augenverätzungen sich bei sorgfältiger Inspektion als wesentlich schwerwiegender herausstellen können.

Die Therapie ist bei leichten Fällen (Stadium I und II) im Zweifelsfall stationär, bei schweren Fällen (Stadium III) immer stationär – zumindest in einer ortsnahen Augenklinik – und im Fall einer schwersten Augenverätzung (Stadium IV) in einer speziellen Augenklinik, die über

Spendermaterial für die AMT und die Keratoplastik (KPL) verfügt und die Technik der Tenonplastik beherrscht, fortzusetzen. Dabei ist die lückenlose Abfolge der Behandlungskette zu gewährleisten.

Weitere Therapie der leichten Augenverätzung und -verbrennung (Stadien I und II, □ Abb. 2)

Von Beginn an konzentrieren sich die Behandlungsmaßnahmen auf die Unterdrückung der Entzündungsreaktion des Gewebes, den Schutz vor einer bakteriellen Infektion sowie das Abfangen sekundärer Augendrucksteigerungen. Die eingesetzten Ophthalmika sollten möglichst unkonserviert sein, da u. a. Benzalkoniumchlorid und Chlorbutan selbst potenziell epithelschädigend und allergisierend sind [50, 157].

Ebenso sind mit Phosphatanionen gepufferte Augentropfpräparate zu vermeiden, da sie mit den Kalziumkationen des Gewebes zu weitgehend unlöslichem Kalziumphosphathydroxylapatit $[Ca_3(PO_4)_3OH]$ auskristallisieren und klinisch wie experimentell eine Hornhautverkalkung verursachen können ([3, 4, 68, 112, 126, 127], □ Abb. 3).

Diesen Anforderungen werden die gegenwärtig verfügbaren ophthalmologischen Präparate nicht immer in vollem Umfang gerecht, sodass genauso wie beim Penetrationsvermögen vertretbare Kompromisslösungen gefunden werden müssen.

Der lokale Einsatz von Kortikosteroiden ist obligatorisch, um die Leukozyteninfiltration und damit die Kollagenasenfreisetzung zu hemmen [11]. Retrospektive klinische Studien belegen die Beschleunigung der Wundheilung bei Au-

genverätzungen trotz der bekannten anti-proliferativen Effekte der Kortikosteroide [11, 146].

Der lokale Einsatz von Kortikosteroiden ist obligatorisch

Der alternative Einsatz lokaler nichtsteroidaler Antiphlogistika, wie z. B. Diclofenac 0,1%, Indometacin 0,1%, oder des Kalzineurininhibitors Cyclosporin-A-(CsA)-AT 1–2% in öliger Suspension kann – wie bei Steroiden auch – nach längerem Einsatz eine Wundheilungsstörung verursachen [25, 42, 96, 147, 148, 151].

Tierexperimentell wurde auch die entzündungshemmende Wirkung des Urikostatikums Allopurinol (0,4%ige AT) in der Frühbehandlung der Augenverätzung belegt [134].

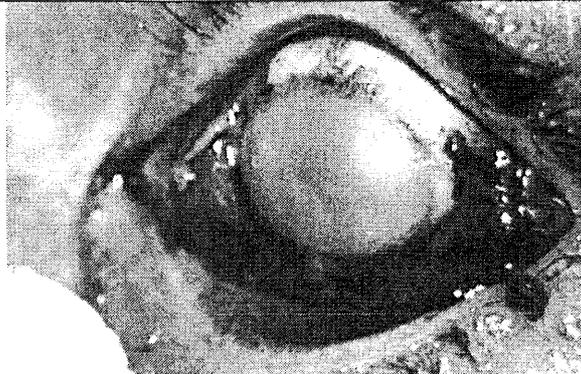
Lokal applizierte Antibiotika sollten ein breites Erregerspektrum abdecken und wegen des Allergie- und Resistenzrisikos möglichst nicht systemisch eingesetzt werden, wobei im weiteren Verlauf der Bindehaut- bzw. Lidrandabstrich zu berücksichtigen ist.

Hemmende In-vitro-Effekte auf die Proliferation von kultivierten Keratozyten der Kaninchenhornhaut durch die lokale Applikation der Aminoglykoside Neomycin und Gentamycin sowie der Fluorochinolone Ofloxacin, Norfloxacin und Ciprofloxacin sind bei klinischer Anwendung zu beachten [71, 130]. Dies gilt besonders für die nachgewiesene epithelotoxische Wirkung von Gentamycin 2% [76].

Tetracycline haben neben der antibakteriellen auch antiinflammatorische (Reduzierung von Kollagenase-, Phospholipase-A₂- und einiger MMP-Aktivitäten) und antiangiogenetische Eigenschaften. Sie sind deswegen bei (drohender) Ulkusbildung angezeigt [6, 10, 99, 103, 129]. Über ähnliche antiinflammatorische und immunsuppressive Fähigkeiten mit Reduzierung der bakteriellen Lipaseaktivität verfügt auch das Makrolidantibiotikum Azithromycin [9, 31, 179].

Ein weiterer wichtiger Baustein der Frühtherapie ist die Gabe von Vitamin C, dessen Vorderkammerspiegel unmittelbar nach der Verätzung sinkt und bis zu 30 Tage erniedrigt bleiben kann [87, 100, 120]. Wegen seiner Bedeutung für die Kol-

Abb. 4 ▶ Natronlaugenverätzung Stadium IV, 1. Tag, Zustand nach subkonjunktivaler Gabe von 1 ml Eigenblut und Peridektomie. (Aus [153], mit freundl. Genehmigung Thieme Verlag)



lagenbildung, die Modulation der Proliferation von Fibroblasten, die Veränderung der Kollagenbiosynthese in Richtung Kollagen I und X sowie die Modulation der Kontraktion wie auch der Zellmigration [5, 34, 36] und die Vorbeugung einer Hornhautulzeration muss es substituiert werden [114]. Empfohlen wird die

lokale Gabe alle 2 h im Intervall, kombiniert mit der systemischen Gabe.

Bei einer nachweisbaren iritischen Reaktion sollte eine Zykloplegie angestrebt werden.

Ein Sekundärglaukom nach Augenverätzung oder -verbrennung ist durch Antiglaukomatosa zu behandeln [69]. Zur

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

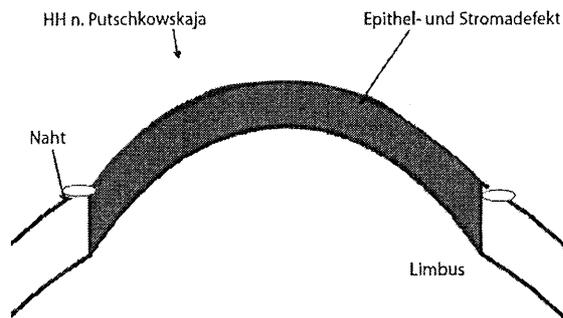


Abb. 5 ▲ Technik der Keratoplastik nach Putschkowskaja. (Aus [153], mit freundl. Genehmigung Thieme Verlag)

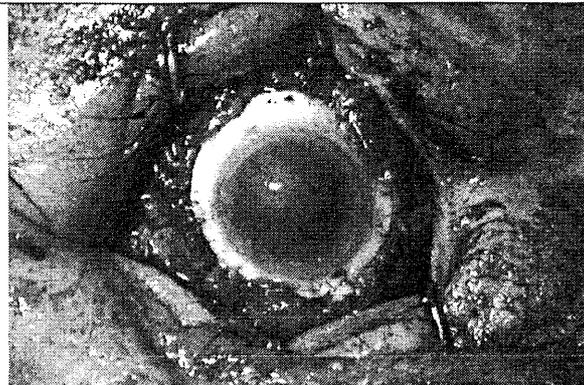


Abb. 6 ▲ Natronlaugeverätzung Stadium III-IV, 3. Tag, OP-Situs: Exzision der Nekrosen, Tenonplastik und Keratoplastik nach Putschkowskaja. (Aus [153], mit freundl. Genehmigung Thieme Verlag)

Senkung der Kammerwasserproduktion ist der Einsatz von Carboanhydrasehemmern möglich, obwohl die endotheliale Pumpfunktion beeinträchtigt werden kann. Daher bevorzugen wir die Verbesserung des uveoskleralen Abflusses als Alternative zum zerstörten Kammerwinkel, auch wenn durch das unkonserviert verfügbare Prostaglandinanalogen Tafluprost-S eine Reizwirkung grundsätzlich möglich ist [166].

Im Fall einer Verätzung Stadium II kann – wie auch in den schweren Stadien III und IV – als Notfallmaßnahme natives Eigenblut und in den nächsten Tagen autologes Serum subkonjunktival appliziert werden (Abb. 4). Notfallmäßig kann auch durch eine Parazentese (toxisches) Kammerwasser abgelassen werden. Autohäm- und -serotherapie dienen der Förderung von Wundheilung und Epithelisierung sowie dem Schutz der tiefer gelegenen Gewebe [3, 37, 73, 132, 162]. In einer kürzlich veröffentlichten vergleichenden klinischen Studie ist die Wirksamkeit subkonjunktivaler Autohämotherapie und autologer Plasmagabe als gleichwertig bestätigt worden, bei letzterer Medikation aber mit weniger Nebeneffekten [86]. Tierexperimentell konnte an der verätzten Kaninchenhornhaut durch die unverzügliche subkonjunktivale Gabe kultivierter humaner fetaler neuraler Stamm- und Progenitorzellen eine beschleunigte Epithelregeneration erzielt werden [70].

Eigenblut bzw. autologes Serum sind individuell hergestellte Rezepturarmittel, die keiner Zulassung, jedoch der schriftlichen Einwilligung des/der aufgearbeiteten Patienten(in) bedürfen.

Ebenso sind die arzneimittelrechtlichen Vorschriften wie das „Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln“ (AMG), das „Gesetz zur Regelung des Transfusionswesens“ (TFG) sowie die „Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie)“ zu berücksichtigen [13, 23, 24, 107].

Wenn nach 24- bis 48-stündiger initialer medikamentöser Therapie noch eine Nekrose oder eine stärkere Ischämie der Bindehaut vorliegen, ist – gewöhnlich in der unteren Zirkumferenz – eine perilibale Peritomie oder Peridektomie durchzuführen. Die Behandlung kann nach dem Epithelschluss beendet bzw. durch epithelpflegende Medikation abgeschlossen werden.

Weitere Therapie der schweren und schwersten Augenverätzung und -verbrennung (Stadien III und IV)

Unter strikter Fortsetzung der bisher beschriebenen Maßnahmen muss – am besten unter dem Operationsmikroskop in Allgemeinanästhesie – der Umfang der Gewebeschäden sorgfältig überprüft und präzisiert werden [66]. Nach der Demarkierung der Nekrosen (ca. 2. bis 3. Tag) erfolgt eine umfassende chirurgische Sanierung. Hierzu gehören:

- das Entfernen von Fibrinmembranen und Ausstreichen der Fornices mit Glasstäbchen,
- das subtile Ausschneiden der Nekrosen bis auf die Sklera, wenn notwendig auch im Lidbereich [85],

- die Deckung der Sklera bis an den Limbus durch mobilisiertes Tenonewebe (Tenonplastik) [63, 64, 67],
- das Abdecken der Hornhaut zum Schutz vor proteolytischen Enzymen durch die folgenden Verfahren:
 - korneale bzw. korneosklerale AMT, bei schwereren Verätzungen auch in Sandwich-Technik (Overlay/Inlay) mit Bedecken von Limbus und Tenon [56, 57, 59, 79, 91, 105, 131, 133, 137, 142, 145, 164],
 - tektonische KPL in der Technik nach Putschkowskaja (Abb. 5, 6, [153, 161]),
 - Kontaktlinsenaufklebung („künstliches Epithel“) mit Histoacryl-Gewebekleber [35, 64, 141],
 - abschließendes Auflegen einer Illig-Schale (Conformer) zum Schutz der Oberfläche und Erhalt der Umschlagsfalten,
- Schwenklappenplastiken der Lidhaut, falls Nekrosen zu einem oberflächennah exponierenden Defekt führen.

Ein alternatives bzw. ergänzendes operatives Verfahren bei akuten Alkaliverätzungen ist die temporäre, z. T. auch wiederholte, nahtlose Applikation von Amnionmembrangewebe [54].

Ebenso scheint die frühzeitige autologe Nasenschleimhautplastik (NSP) den Verlauf schwerer Augenverätzungen günstig zu beeinflussen [169] wie auch die Transplantation kultivierter oraler Schleimhautepithelzellen [81].

Eine schwerste Verätzung im Stadium IV kann zu massivem Gewebeabbau und zu einer narbigen Schrumpfung

des vorderen Augenabschnittes führen. Es sind deswegen u. U. schon in der Frühphase weitere chirurgische Maßnahmen erforderlich. Dazu gehören:

- die durchgreifende Frühkeratoplastik (~10–12 mm Durchmesser) mit Revision der vorderen Augenkammer und ergänzender korneoskleraler AMT oder KPL nach Putschkowskaja (cave: systemische Immunsuppression!; [95, 109]),
- u. U. die gleichzeitige Linsenextraktion (möglichst extrakapsulär!),
- u. U. zur Raumgewinnung die anteriore Vitrektomie in gleicher Sitzung.

Postoperativ sind die beschriebenen anti-entzündlichen, antiangiogenetischen, immunsuppressiven, antibiotischen und u. U. antiglaukomatösen Maßnahmen individuell fortzusetzen. Dazu gehört auch die Augenspülung (z. B. 2-mal täglich mit BSS- oder Ringer-Laktat-Lösung), jetzt aber mit dem Ziel der Eliminierung lysosomaler und Entzündungsmediatoren. Ergänzend ist eine epithelisierungsfördernde Therapie notwendig, z. B. mit Eigenserum-AT [47]. An Monolayerkulturen ließ sich auch der positive Einfluss der kombinierten lokalen Gabe von fötalem Kälberblut und Pantothenat auf die Regeneration humaner Hornhautepithelzellen nachweisen [32]. Ein deutlich antiangiogenetischer und wundheilungsfördernder Effekt wurde tierexperimentell und klinisch durch die topische Gabe humaner Amnionextraktsuspension verschiedener Konzentrationen erzielt [38, 48, 74], im Vergleich zu autologem Serum oder konservierungsmittelfreien künstlichen Augentränen sogar mit schnellerer kornealer Epithelisierung [135]. Ebenso konnte die Wundheilung der verätzten Kaninchenhornhaut durch die Transplantation mesenchymaler Stammzellen oder autologer auf lyophilisierter Amnionmembran gezüchteter Hornhautepithelien und Fibroblasten gefördert werden [46, 174]. Dies gelang auch durch die lokale oder hyperbare Sauerstofftherapie [21, 136].

Wenn innerhalb von 3 Wochen die Epithelregeneration nicht abgeschlossen ist, sollten zum Schutz der Oberfläche Hyaluronsäurepräparate gegeben werden. Damit werden eine optimierte Be-

feuchtung und ein chemischer Schutz der epithelialen Oberfläche erreicht [115].

Bei postoperativer Ulzeration und drohender Hornhautperforation, auch in Verbindung mit leukozytenreicher eitriger Sekretion (cave: proteolytische Enzyme und Superoxidradikale!), bestehen die folgenden Therapieoptionen:

- Wiederaufnahme der Augenspülungen, z. B. 2-mal täglich 30 min mit Spülschlinge, vorher: Bindehaut- bzw. Lidrandabstrich (wöchentlich wiederholen!) und Bestimmung von bakteriellen Erregern und Resistenzen; cave:
 - evtl. eingesetzte therapeutische Kontaktlinse entfernen,
 - postsakkale Tränenwegsstenose ausschließen,
- Applikation von Azithromycin-AT und/oder Oxytetracyclin-AS und u. U. Tetracyclin systemisch,
- chirurgische Maßnahmen (s. weiterer Beitrag in diesem Leitthemenheft):
 - erneute Oberflächenabdeckung mit den beschriebenen und modifizierten Verfahren, die im Fall der AMT auch durch Abregulierung der MMP-2 und -9 zu einer Verminderung von Entzündungsreaktion und Neovaskularisation führen sollen [17, 20, 72, 116],
 - Limbustransplantation bzw. limbale Stammzelltransplantation (LT) bei Limbusinsuffizienz, auch in Verbindung mit einer AMT [8, 15, 19, 26, 28, 44, 53, 58, 59, 89, 94, 98, 144, 158, 159],
 - bei Hornhautperforation durchgreifende Keratoplastik mit Limbus oder mit Skleraring und korneoskleraler Amnionmembranabdeckung [108],
 - lamelläre Hornhauttransplantation (DALK), um die Hornhautoberfläche wieder herzustellen.

Die geschädigte Bulbusoberfläche kann durch eine therapeutische Verbandslinse geschützt werden (cave: Infektionsgefahr!). Eine drohende Schrumpfung der Umschlagsfalten ist durch eine eingelegte Illig-Schale (Conformer) und ein regelmäßiges Ausstreichen mit Glasstäbchen zu begrenzen. Wenn eine störende Symblepharonbildung nicht verhindert wer-

den kann, sind zu einem späteren Zeitpunkt zur Rekonstruktion der Fornices verschiedene Verfahren wie die autologe NSP oder AMT mit Mitomycin C u. a. möglich [51, 65, 160].

Die Behandlung kann ambulant fortgesetzt werden, wenn

- das Hornhautepithel regeneriert ist,
- die AMT bzw. KPL nach Putschkowskaja die Defekte komplett abdecken,
- die Keratoplastik stabil eingepasst bzw. die Kontaktlinse wasserdicht ist.

Vorübergehende oder bleibende Sehschäden, späte Sekundärglaukome [69], entstellende Narben und berufliche wie soziale Einschränkungen führen langfristig zu zahlreichen diagnostischen und therapeutischen Problemen und können eine psychologische Betreuung notwendig machen [84, 167].

Fazit für die Praxis

- Verätzungen und Verbrennungen der Augen sind zu vermeiden. Präventive Maßnahmen schließen technische Sicherheitsvorrichtungen, Belehrung und Vorhaltung von optimalen Augenspüllösungen an den Gefahrstellen im Berufsleben wie im privaten Bereich ein.
- In der augenärztlichen bzw. Notfallambulanz müssen die Erste-Hilfe-Maßnahmen ohne Zeitverzug durch geschulte Ersthelfer fortgesetzt und anschließend muss die Einschätzung des Schweregrades der Augenverätzung vorgenommen werden. Damit erfolgt die Weichenstellung für das weitere Therapieregime.
- Leichte Verätzungen und Verbrennungen (Stadien I und II) können weiter ambulant behandelt werden. Im Zweifelsfall ist die stationäre Aufnahme in einer ortsnahen Augenklinik zu empfehlen, da schwere Fälle anfangs weniger schlimm aussehen können.
- Patienten mit schweren Augenverätzungen (Stadium III) können in einer ortsnahen Augenklinik, sollten aber besser genauso wie mit schwersten Verätzungen (Stadium IV) in einer speziellen Augenklinik, die über alle

chirurgischen Therapieoptionen verfügt, behandelt werden.

- Das Therapieregime soll sich zukünftig an der Leitlinie der DOG und des BVA zur Frühbehandlung der Augenverätzung orientieren und ist im Fall einer schweren oder schwersten Augenverätzung oder -verbrennung individuell unter Berücksichtigung der gegebenen Empfehlungen fortzusetzen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. H.G. Struck



Universitätsklinik und
Poliklinik für Augenheilkunde
Halle/Saale, Martin-Luther-Uni-
versität Halle-Wittenberg
E-Grube-Str. 40, 06097 Halle
hans-gert.struck@medizin.uni-
halle.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur (Auswahl)

- Bacskulin J, Bacskulin E (1965) Further experiences with subconjunctival autohemotherapy in fresh and old corrosions. *Am J Ophthalmol* 59:674–680
- Burns F, Stack M, Gray R et al (1989) Inhibition of purified collagenase from alkaliburned rabbit corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 30:1569–1575
- Davis AR, Ali QH, Acilmandos WA, Hunter PA (1997) Topical steroid use in the treatment of ocular alkali burns. *Br J Ophthalmol* 81:732–734
- Fish R, Davidson RS (2010) Management of ocular thermal and chemical injuries, including amniotic membrane therapy. *Curr Opin Ophthalmol* 21:317–321
- Giessler S, Struck HG, Giessler C (1996) Untersuchungen zur konsensuellen Entzündungsreaktion bei Verätzung des Kaninchenauges. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 208:235–238
- Green K, Paterson CA, Siddiqui A (1985) Ocular blood flow after experimental alkali burns and prostaglandin administration. *Arch Ophthalmol* 103:569–571
- Iwanami H, Ishizaki M, Fukuda Y, Takahashi H (2009) Expression of matrix metalloproteinases (MMP)-12 by myofibroblasts during alkali-burned corneal wound healing. *Curr Eye Res* 34:207–214
- Jeng BH, Dupps WJ (2009) Autologous serum 50% eyedrops in the treatment of persistent corneal epithelial defects. *Cornea* 28:1104–1108
- Kato T, Saika S, Ohnishi Y (2006) Effects of the matrix metalloproteinase inhibitor GM 6001 on the destruction and alteration of epithelial basement membrane during the healing of post-alkali burn in rabbit cornea. *Jpn J Ophthalmol* 50:90–95
- Kuckelkorn R, Kottek A, Reim M (1994) Intraokulare Komplikationen nach schweren Verätzungen – Häufigkeit und chirurgische Behandlung. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 205:86–92
- Kuckelkorn R, Redbrake C, Reim M (1997) Tenoplasty: a new surgical approach for the treatment of severe eye burns. *Ophthalmic Surg Lasers* 28:105–110
- Lenkiewicz E, Ferencowa A, Szewczykowa E (1992) Subconjunctival autohaemotherapy of ocular burns in our cases. *Klin Oczna* 94:113–114
- Macdonald ECA, Cauchi PA, Azuara-Blanco A, Foot B (2009) Surveillance of severe chemical corneal injuries in the UK. *Br J Ophthalmol* 93:1177–1180
- Marquez De Aracena Del Cid R, Montero De Esplana Escorlaza I (2009) Subconjunctival application of regenerative factor-rich plasma for the treatment of ocular alkali burns. *Eur J Ophthalmol* 19:909–915
- Pahlitzsch T, Schwartzkopf T, Knabe M (1988) Der Einfluß verschiedener nichtsteroidaler antiinflammatorischer Arzneimittel auf die corneale Wundheilung. *Fortschr Ophthalmol* 85:662–664
- Pfister R, Paterson C (1980) Ascorbic acid in the treatment of alkali burns of the eye. *Ophthalmology* 87:1050–1057
- Reim M (1987) Zur Pathophysiologie und Therapie von Verätzungen. *Fortschr Ophthalmol* 84:65–69
- Reim M (1990) Ein neues Behandlungskonzept für schwere Verätzungen und Verbrennungen der Augen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 196:1–5
- Renard G (2004) Physiopathology of eye burns. *J Fr Ophthalmol* 27:1164–1169
- Rihawi S, Frentz M, Reim M, Schrage N (2005) Ist Wasser die beste Ersatzspüllösung bei Augenverätzung? *Z Prakt Augenheilkd* 26:440–444
- Schrage NF, Kompa S, Ballmann B et al (2005) Relationship of eye burns with calcification of the cornea? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 243:780–784
- Seedor J, Perry H, Mc Namara T et al (1987) Systemic tetracycline treatment of alkali-induced corneal ulceration in rabbits. *Arch Ophthalmol* 105:268–271
- Shahriari HA, Tokhmehchi F, Reza M, Hashemi NF (2008) Comparison of the effect of amniotic membrane suspension and autologous serum on alkaline corneal epithelial wound healing in the rabbit model. *Cornea* 27:1148–1150
- Struck HG, Franke C, Tost M, Taube C (1988) Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen zum Einsatz von Antiphlogistika bei Verätzungen des Auges. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 193:401–406
- Struck HG, Gießler S, Gießler C et al (1993) Influence of nonsteroidal drugs on ocular inflammation induced by chemical burn of the rabbit eye. In: Demouchamps JP, Verougstraete C, Caspers L-Velu, Tassignon MJS (Hrsg) *Recent advances in uveitis*. Kugler Publications, Amsterdam NewYork, S 581–584
- Struck HG (2008) Therapie von Verätzungen und Verbrennungen der Augen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 225:R183–R198
- Tost F, Hübner D, Clemens S (2002) Erfahrungen mit der „biologischen Verbandslinse“. Kongressausgabe 100. Kongress der DOG 09:10
- Tost M, Seewald E (1961) Beitrag zur konservativen Therapie von Augenverätzungen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 139:377–385
- Zhou N, Ma P, Li DQ, Pflugfelder SC (2009) Azithromycin suppresses pro-inflammatory mediators stimulated by a TLR2 Ligand Zymosan in human corneal epithelial cells. *ARVO*, E-Abstract 5545/A516

Das vollständige Literaturverzeichnis ...

... finden Sie in der html-Version dieses Beitrags im Online-Archiv auf der Zeitschriftenhomepage www.DerOphthalmologe.de