



Laser und Narben

Narben sind das permanent verbleibende Zeichen tieferer Verletzungen der Haut und entstehen im Rahmen der physiologischen Wundheilung. In den Industrienationen entwickeln jährlich etwa 100 Mio. Menschen Narben infolge von operativen Eingriffen, Verbrennungen, Verletzungen oder Tätowierungen. In Abhängigkeit von Lokalisation, Ursache, Heilungsverlauf und individueller Disposition kann es jedoch zu einer pathologisch veränderten Wundheilung mit exzessiver oder atropher Bildung von Narbengewebe kommen. Für die Prävention und Behandlung dieser Narben stehen heutzutage neben konventionellen Ansätzen verschiedene Lasersysteme zur Verfügung, die in diesem Beitrag praxisnah besprochen werden.

Pathophysiologie

Eine Verletzung der Haut und die damit verbundene gestörte Integrität der Hautbarriere aktiviert eine komplexe Kaskade von lokalen und systemischen Reaktionen. Diese folgen einem spezifischen zeitlichen Ablauf und können in 3 unterschiedliche, teils überlappend ablaufende Phasen unterteilt werden; eine exsudative bzw. inflammatorische, eine proliferative und eine regenerative Phase. Initial kommt es zu einer ausgeprägten entzündlichen Reaktion, zur Eliminierung von defektem Gewebe und von Keimen. Es folgen die Bildung neuer Gefäße, die Aktivierung von Keratinozyten und Fibroblasten am Wundrand sowie die Synthese extrazellulärer Matrixbestandteile. Dabei stimuliert eine Vielzahl von

Wachstumsfaktoren, wie beispielsweise TGF- β („transforming growth factor beta“), PDGF („platelet derived growth factor“), EGF („epidermal growth factor“) und FGF („fibroblast growth factor“), die Wundheilung durch eine Steigerung der Kollagensynthese und -ablagerung, der Angiogenese und der Epithelneubildung. Es entsteht ein provisorisches Gerüst aus Fibrin, Fibronectin und Hyaluronsäure, das die Grundlage für das neu gebildete Granulationsgewebe darstellt. In der Regenerationsphase wandeln sich Fibroblasten in Myofibroblasten um, deren Aktivität die Wundkontraktion maßgeblich reguliert. In der physiologischen Narbe entwickelt sich eine Balance zwischen Kollagenaufbau und -abbau. Die Strukturproteine Fibrin, Fibronectin, Glykosaminoglykane und Kollagen Typ III werden durch extrazelluläre Matrixmoleküle, hauptsächlich Kollagen Typ I, ersetzt. Es entsteht mechanisch belastbares Narbengewebe [10].

Bei Störungen des regenerativen Heilungsprozesses kann es zu 3 pathologischen Extremen in der Wunde kommen:

- Ein gestörter Wundverschluss führt zu einer chronischen Wunde (wie z. B. bei chronischen Ulzera).
- Länger persistierende Entzündungsreaktionen in tieferen Schichten der Haut (z. B. Acne papulopustulosa, conglobata) können zu atrophischen Narben führen. Die Freisetzung von inflammatorischen Mediatoren führt hierbei zu einer Zerstörung von tieferen Strukturen (Dermis, subkutaner Fett) der Haut, die klinisch als Substanzverlust imponiert.
- Ein überschießender Heilungsprozess mit exzessiv gesteigerter Produktion

von Bindegewebe führt zur Bildung überschießender Narben.

Einteilung von Narben analog aktueller Leitlinien

Die Morphologie von Narben kann sehr unterschiedlich sein. Das Spektrum reicht von der kaum sichtbaren chirurgischen Inzision über die hypertrophe Narbenbildung, der flächigen kontraktiven Narbe nach Verbrennungen bis zum Auftreten eines Narbenkeloids. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Graduierungs- oder Klassifizierungssysteme zur Einteilung von Narben vorgeschlagen. Erstmals wurden überschießende Narben von Mancini (1962) und Peacock (1970) in Keloide und hypertrophe Narben unterteilt. Die nach wie vor am häufigsten benutzte Klassifizierung erfolgt nach der Vancouver Scar Scale, aber auch die Patient and Observer Scar Assessment Scale (POSAS) erlangt zunehmend Bedeutung. In der täglichen Praxis werden heute üblicherweise reife, unreife, atrophe, hypertrophe Narben und das Narbenkeloid unterschieden [23].

Unreife Narben

Unreife Narben stehen am Anfang jeder Narbenheilung. Sie erscheinen gerötet, leicht erhaben und können mit dezentem Juckreiz und Schmerz einhergehen. Sie gehen üblicherweise im Rahmen weniger Monate in reife Narben über.

Reife Narben

Reife Narben imponieren blass, depigmentiert, flach, weich und reizlos. Problematisch werden können reife Narben, wenn sie aufgrund ihrer Lage, ihrer Muster oder möglicherweise damit assoziierter Stigmata für den Patienten belastend sind. Ein typisches Beispiel hierfür stellen Selbstverletzungsnarben dar, die üblicherweise an den beugeseitigen Unterarmen in charakteristischen parallel verlaufenden Mustern zu finden sind. Andere häufig betroffene Regionen stellen Oberschenkelinnenseiten und das Abdomen dar. Aus diesen Narben kann, selbst wenn sie reizlos verheilt sind, aufgrund der Menge und der damit assoziierten Stigmata ein dringender Behandlungswunsch resultieren. Gerade Selbstverletzungsnarben sind mit einem ausgeprägt negativen Einfluss auf die Lebensqualität assoziiert.

Lineare hypertrophe Narben

Lineare hypertrophe Narben entstehen innerhalb der Grenzen des zugrunde liegenden Traumas. Sie zeigen eine ausgeprägte wulstartige Strangbildung, erscheinen gerötet, und durch das ausgedünnte, gespannt wirkende Epithel zeigen sich oftmals Teleangiektasien. Lineare hypertrophe Narben können über Gelenken mit der Bildung von Narbenkontrakturen sowie meist moderatem Juckreiz einhergehen. Sie entstehen üblicherweise 4 bis 8 Wochen nach dem zugrunde liegenden Trauma und zeigen über 6 Monate eine stetige Größenzunahme, woraufhin eine Stagnationsphase folgt. Häufig schließt sich eine kontinuierliche Narbeninvolution an, die bis zu 2 Jahre andauern kann.

Flächige hypertrophe Narben

Flächige hypertrophe Narben sind die Konsequenz großflächiger Verletzungen wie etwa von Verbrennungen, Verbrühungen oder Verätzungen. Sie zeigen eine unregelmäßige von Narbensträngen und Indurationen durchzogene, gerötete Oberfläche. Häufig kommen Juckreiz und Narbenschmerz vor. Durch die großflächigen Narbenplatten sind aus-

geprägte funktionelle Einschränkungen, gerade beim Auftreten im Gelenkbereich oder im Gesicht häufig, ebenso ästhetische und psychosoziale Einschränkungen. Studien zeigen, dass bis zu 77 % aller Verbrennungspatienten von pathologischer Narbenbildung und primär hypertropher Narbenbildung betroffen sind. Ähnlich wie lineare hypertrophe Narben zeigen auch flächige hypertrophe Narben infolge einer initialen Wachstumsphase eine ausgeprägte Tendenz zum Spontanregress, dennoch sind anhaltende funktionelle und ästhetische Probleme äußerst häufig.

Keloide

Keloide werden oft mit hypertrophen Narben verwechselt. Sie erscheinen häufig als kleine, halbkugelige, gerötete Läsionen mit deutlich ausgedünntem Epithel und sichtbaren Teleangiektasien. Ausgeprägter Juckreiz und Schmerzen v. a. infolge lokaler Reizung sind bei Keloiden häufig. Das Keloidwachstum überschreitet üblicherweise die Grenzen des zugrunde liegenden Traumas, und häufig ist kein ursächliches Trauma eruierbar.

» Ausgeprägter Juckreiz und Schmerzen sind bei Keloiden häufig

Die Keloidentstehung kann in Einzelfällen auch Monate bis Jahre nach Trauma erfolgen. Bereits minimale Verletzungen etwa im Rahmen von Follikulitiden oder von Insektenstichen können zum Wachstum ausgeprägter Keloide führen. Prädispositionsstellen für die Entstehung von Keloiden beinhalten Brust, Schultern und Ohrläppchen. Genetische Prädispositionen scheinen die Entstehung von Keloiden zu begünstigen. Patienten mit positiver Familienanamnese haben zudem ein höheres Risiko bezüglich des Auftretens von Keloiden an multiplen Körperstellen. Besonders häufig kommen Keloide bei Patienten mit dunklerem Fitzpatrick-Hauttyp und bei der asiatischen und afrikanischen Bevölkerung vor.

Atrophe Narben

Atrophe Narben sind flächig auftretende Substanzdefekte der Hautoberfläche, die als Konsequenz intra- und subkutaner Entzündungsprozesse entstehen. Gehäuft treten sie infolge einer Acne vulgaris oder nach einer Varizelleninfektion auf. Prädispositionsstellen sind, basierend auf der zugrunde liegenden Ursache, primär Gesicht, Rücken und Dekoltee. Bei den atrophen Narben unterscheidet man in Abhängigkeit von Form und Relief zwischen „ice-pick“ (schmal und tief), „boxcar“ (wie ausgestanzt mit parallel abfallenden Wundrändern) und „rolling“ (halbkugelige Hautimpression) „scars“.

Aufgrund des flächigen Auftretens gehen atrophe Narben häufig mit ausgeprägten ästhetischen Einschränkungen einher und haben dadurch erheblichen Einfluss auf die Lebensqualität betroffener Patienten. Gelegentlich kommt es bei atrophen Narben auch zu Juckreiz.

Eine Unterform der atrophen Narben stellen die Striae distensae dar. Der genaue Ursprung dieser Narbengattung ist unklar. Zu häufigen Ursachen gehören unter anderem Gewichtsveränderungen, Schwangerschaften, prolongierte Steroidtherapie, Wachstumsschübe in der Pubertät oder genetische Bindegeweberkrankungen wie das Marfan- oder das Ehlers-Danlos-Syndrom. Auffallend sind der Verlust elastischer Fasern, eine deutlich ausgedünnte Epidermis, eine Streckung und Parallelisierung der Kollagenfasern sowie das zunehmende Abflachen der retikulären Hautfalten. Striae distensae zeigen sich initial häufig gerötet, blassen jedoch mit der Zeit ab. Prädispositionsstellen beinhalten die Oberschenkel, Hüften, das Abdomen, die Oberarme sowie die Brüste. Betroffene Patienten zeigen häufig eine deutliche Beeinträchtigung der Lebensqualität, woraus häufig ein ausgeprägter Therapiewunsch entsteht [11, 30].

Einsatz von Lasern zur Narbentherapie

Wellenlängen

In der Narbenbehandlung finden grundsätzlich verschiedene Wellenlängen ihre Anwendung.

Vaskuläre Laser

Vornehmlich der Farbstofflaser und der Neodym-YAG-Laser werden seit vielen Jahren für die Behandlung von geröteten, überschießenden Narben und zur Vorbeugung bei noch frischen Narben eingesetzt. Der Wirkmechanismus beruht dabei auf der selektiven Photothermolyse von Hämoglobinmolekülen, die einen mikrovaskulären Schaden und eine koagulative Nekrose verursacht und letztlich zu einer Gewebshypoxie führt. In Folge kommt es zur einer Modulation verschiedener Zytokine, u. a. zu einer Suppression von TGF- β 1, was in Folge die Fibroblastenproliferation reduziert und zugleich einen Anstieg antifibrotischer Substanzen wie Matrixmetalloproteasen, ERK oder p38 im behandelten Narbengewebe zur Folge hat [1, 9]. Das Verfahren muss in mehreren Sitzungen alle 3 bis 4 Wochen wiederholt werden.

Ablative Laser

Eingesetzt werden der Erbium-dotierte Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Er:YAG-Laser) und der Kohlenstoffdioxidlaser (CO₂-Laser). Aufgrund der hohen Absorption der Laserstrahlung in Wasser kommt es zur Vaporisation (CO₂-Laser, 10.600 nm) oder explosionsartigen Ablation (Er:YAG-Laser, 2940 nm) von Gewebe. Obwohl beide Laser ihr Absorptionsmaximum im Wasser haben, absorbiert der Er:YAG-Laser um das 10- bis 16-Fache stärker als der CO₂-Laser. Die thermische Restnekrose beträgt hierbei nur 20–50 μ m; es erfolgt daher effektiv keine Hitzewirkung auf das umliegende Gewebe. Bei der „kalten Abtragung“ durch den Er:YAG-Laser können kleine Blutgefäße nicht verschlossen werden, und es kommt zu kleinen Nachblutungen. Der CO₂-Laser hingegen führt durch seine ausgesprochen thermische Wirkung zu Entzündungsprozessen in tieferen Haut-

Hautarzt 2018 · 69:17–26 <https://doi.org/10.1007/s00105-017-4072-7>
© Springer Medizin Verlag GmbH 2017

G. G. Gauglitz · J. Pötschke · M. T. Clementoni

Laser und Narben

Zusammenfassung

Narben entstehen nach tiefermalen Verletzungen der Haut und können sich in Abhängigkeit von Alter, Lokalisation, Ursache, Heilungsverlauf und individueller Disposition als unreife, reife, atrophe, hypertrophe oder keloidale Narben präsentieren. Vor allem Keloide und hypertrophe Narben sind häufig mit Juckreiz, Spannungsgefühl, Schmerzen und sogar Funktionseinschränkungen assoziiert und können die Lebensqualität von Patienten signifikant reduzieren. Auch vermeintlich physiologische Narbentypen, wie beispielsweise Ritznarben nach Selbstverletzungen, führen in vielen Fällen zu einem ausgeprägten Leidensdruck bei Betroffenen.

Trotz intensiver Forschungsaktivität sind insbesondere die Pathomechanismen der überschießenden Narbenbildung bisher nur unzureichend verstanden und sicher wirksame Behandlungsmöglichkeiten bisher nicht verfügbar. Aufgrund zunehmend soliderer Studienlage werden heutzutage neben etablierten, konventionellen Verfahren vermehrt verschiedene Lasertechnologien und -wellenlängen zur Behandlung von verschiedenen Narbentypen eingesetzt.

Schlüsselwörter

Keloid · Hypertrophe Narbe · Farbstofflaser · Fraktionierter Laser · Nd:YAG-Laser

Therapy of scars with lasers

Abstract

Scar formation is the consequence of trauma to the skin that affects the deep parts of the dermis. Different scar types like immature, mature, atrophic, hypertrophic, or keloid scars can develop depending on factors like age, anatomic localization, cause of trauma, the course of the healing process, and individual predispositions. Keloids and hypertrophic scars are often associated with itching, pain, tautness of the skin, and functional impairments, thus, leading to significantly reduced quality of life in some patients. However, even seemingly physiologically healed scars can cause tremendous psychological strain as is the case with self-

harm scars. Despite increased research efforts, the exact pathomechanisms of excessive scarring are still scarcely understood, and dependably effective treatment options are often lacking. However, through continually improving scientific progress, scar treatment paradigms for a variety of scar types, thus far often dominated by conventional treatment methods, are increasingly complemented by new laser technologies and wavelengths.

Keywords

Keloid · Hypertrophic scar · Pulsed dye laser · Fractional laser · Nd:YAG

schichten (Dermis) und somit zu einer Stimulation von Fibroblasten, was die Neubildung von Kollagen und Elastin anregt. Die Hitzeokoagulation an der Basis des eigentlichen Abtragungsdefekts führt zu einem sog. Shrinking-Effekt, worunter man eine Neustrukturierung und Straffung des Bindegewebes durch die Reparatur und Reorganisation hitzegeschädigter Matrixproteine versteht [29]. Ziel der ablativen Laserbehandlung bei hypertrophen Narben ist eine Planierung des exophytischen Narbengewebes. Da Keloide nach ablativer Laserbehandlung analog zu operativen Verfahren ohne adjuvante Therapie Rezidivraten von bis hin zu 92 % zeigen [4], ist eine Un-

terscheidung zwischen proliferierenden Keloiden und inaktiven hypertrophen Narben vor Indikationsstellung wichtig. Bei Letzteren kann eine CO₂- oder Er:YAG-Abtragung nach vorsichtiger Abwägung mit konservativen Ansätzen erwogen werden. Bei der Behandlung von Keloiden hingegen ist analog zu rein operativen Ansätzen Vorsicht geboten.

Fraktionierte Laser

Die Gruppe der im Wasser absorbierenden fraktionierten Laser kann in nonablativ und ablativ Laser unterteilt werden. Während bei den nonablativen Er:Glass-Systemen Wellenlängen von 1540, 1550 und 1565 nm zum Einsatz

kommen, werden bei den ablativen Systemen die Wellenlängen 2940 nm und 10.600 nm genutzt. Das Prinzip der fraktionierten Photothermolyse beinhaltet die Fraktionierung des Laserstrahls in tausende einzelne Bereiche, was in einer Vielzahl von mikrothermalen Behandlungszonen („microthermal treatment zones“ [MTZ]) resultiert. Umgeben sind diese Behandlungszonen stets von gesundem Gewebe, was zu einer schnelleren Erholungszeit verglichen mit konventionellen Verfahren führt. Bei nonablativen fraktionierten Systemen bleibt die Epidermis grundsätzlich intakt, während ablativ Systeme zu einem punktuellen Abtragen der Epidermis führen. Während nonablativ Systeme aufgrund ihrer Wellenlängen maximal Eindringtiefen von 1 mm aufweisen, zeigt der fraktionierte CO₂-Laser z. T. deutlich größere Eindringtiefen. Aktuelle Kurzpulstechnologien (supergelulte und ultragelulte CO₂-Laser) ermöglichen eine selektive, nebenwirkungsarme, tiefe Vaporisation (Eindringtiefe bis 4 mm beim UltraPulse®, Lumenis, Yokneam, Israel), d. h. maximal spezifische Wirkung auf das Zielgewebe mit minimaler Hitzeschädigung im umliegenden Gewebe, was der Patientensicherheit zugutekommt und Beschwerden während und infolge der Laserbehandlung reduziert.

» Bei nonablativen fraktionierten Systemen bleibt die Epidermis im Gegensatz zu ablativen intakt

Zusätzlich zum abtragenden Effekt induzieren sowohl nonablativ Er:Glass als auch der ablativ fraktionierte CO₂-Laser eine Vielzahl von molekularen Veränderungen nach der Behandlung von (hypertrophem) Narbengewebe. Neben der Modulierung verschiedener Zytokin- und Wachstumsfaktorkonzentrationen (Heat-Shock-Proteine, TGF-β u. a.), einer Wiederherstellung der ursprünglichen Kollagenarchitektur und einer Zunahme von elastischen Fasern zeigen sich klinisch in verschiedenen Studien je nach Narbentyp und verwendetem System eine signifikante Ver-

besserung der Narbenqualität, -textur und -symptome sowie eine Reduktion von Kontrakturen v. a. durch ablativ fraktionierte CO₂-Verfahren [8, 14, 17, 18, 25]. Aufgrund mangelnder Tiefenwirkung der in Deutschland vorrangig erhältlichen Systemen spielt der Er:YAG-Laser im fraktionierten Modus für die Behandlung überschießender Narben aktuell eine eher untergeordnete Rolle.

Pigmentlaser

Gütegeschaltete Rubin-, Nd:YAG- oder Pico-Sekunden-Laser scheinen aktuell nur für die symptomatische Behandlung von Hyperpigmentierungen von vorwiegend reifen Narben von Interesse zu sein.

Haarentfernungslaser

Entsprechende Wellenlängen sind aktuell primär für die Enthaarung von Hauttransplantaten oder bei rezidivierenden Follikulitiden im Narbenbereich von Bedeutung.

Intense-Pulsed-Light

Wie mit vaskulären Lasern kann eine Verbesserung von Narbenrötungen erreicht werden. Die Effektivität ist abhängig vom jeweiligen System, und mögliche Nebenwirkungen bzw. unliebsame Effekte auf den Aktivitätsstatus der Narbe können aufgrund der unspezifischen Wirkung der Intense-Pulsed-Light (IPL) gegenüber entsprechenden vaskulären Lasern erhöht sein.

Laserbehandlung unterschiedlicher Narbentypen

Unreife Narben/Prävention

Zur Unterstützung der natürlichen Narbenheilung, zur Verbesserung von Narbenparametern wie Narbenhöhe, -vaskularisierung und -geschmeidigkeit und zur Vorbeugung pathologischer Narben ist bereits 2003 der Einsatz eines Farbstofflasers beschrieben worden. Seitdem konnten verschiedene Studien zeigen, dass der Einsatz eines Farbstofflasers (z. B. Vbeam Candela [Israel], 7 mm Spot, 8 J/cm², 1,5 ms, 30 ms „spray duration“ mit 10 ms Verzögerung) im Vergleich zur unbehandelten intraindividuellen

Kontrolle diesbezüglich signifikant bessere Ergebnisse erbrachte. Die Narbe wurde dabei insgesamt 3-mal alle 4 bis 8 Wochen beginnend am Tag des Fadenzugs behandelt [20–22]. Inzwischen existieren weitere Studien, die Effektivität und Wirkweise von nonablativen und ablativen fraktionierten Lasern für den präventiven Einsatz bei Narben untersuchen. Je nach Studie scheinen fraktionierte Laser (insbesondere der fraktionierte CO₂-Laser) den vaskulären Lasern leicht überlegen oder zumindest ebenbürtig zu sein [13]. Meist werden in der aktuellen Literatur 3 Behandlungen alle 4 Wochen beginnend nach Fadenzug empfohlen. Eine kürzlich von Sobanko et al. [28] publizierte Studie konnte nach nur einer Sitzung eines fraktionierten CO₂-Lasers am Tag des Fadenzugs im Vergleich zur unbehandelten Gegenseite 3 Monate später anhand der Vancouver Scar Scale allerdings keine signifikanten Unterschiede darstellen. Dennoch waren Patienten von der positiven Wirkung der Laserbehandlung innerhalb dieser Studie überzeugt. Eine 2017 von Casanova et al. [5] publizierte Arbeit konnte indes zeigen, dass eine einzelne Behandlung direkt nach dem Wundverschluss bei Mammareduktionsplastiken mit einem 1210-nm-Diodenlaser eine statistisch signifikante Verbesserung der Narbenqualität anhand der Observer Scar Assessment Scale (OSAS) im Vergleich zur Gegenseite zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem operativen Eingriff erreichen konnte.

» Es werden 3 Behandlungen alle 4 Wochen beginnend nach Fadenzug empfohlen

Bei diesem wichtigen Einsatzgebiet von verschiedenen Wellenlängen sind weitere Untersuchungen notwendig. Aktuell scheinen frische Narben vom frühen Einsatz verschiedener Wellenlängen zu profitieren. Der allgemeinen Expertenmeinung nach sind allerdings mehrere Sitzungen dem Endergebnis zuträglich (ca. 3 Sitzungen alle 4 Wochen). Der momentan kommunizierte Beginn der Behandlung bleibt aktuell der Tag der Fadenentfernung, moderate Einstellungen

Hier steht eine Anzeige.



mit den jeweiligen Lasern sind nach aktuellem Wissenstand ausreichend.

Reife Narben

Reife, physiologische Narben stellen bei Behandlungswunsch eine besondere Herausforderung dar. Letztendlich handelt es sich um einen physiologischen Endzustand der Wundheilung, und dieser ist als solcher meist nur schwierig zu verbessern. Grundsätzlich ist durch korrigierende Eingriffe an physiologisch verheilten Narben potenziell auch eine Verschlechterung möglich. Bei dezenten Erhabenheiten kann eine Glättung mit ablativen Lasern erwogen werden, zur Homogenisierung des Hautbildes können fraktionierte ablativ und nichtablativ Verfahren zur Anwendung kommen.

Schwierig ist die adäquate Behandlung von Selbstverletzungsnarben. Aktuell sind für deren Therapie primär operative Verfahren beschrieben, die auf großflächige Narbenexzisionen und Hauttransplantationen, ggf. unter Verwendung von Dermisersatzprodukten oder Expandern zurückgreifen. Letztlich führt dies aus ästhetischer Sicht zu wenig zufriedenstellenden Ergebnissen, ferner ist bei Hauttransplantationen ein Spenderareal notwendig, das im Falle von Spalthauttransplantationen oft lange deutlich sichtbar bleibt.

Gegenstand aktueller Forschung zur Behandlung von Selbstverletzungsnarben ist neben dem Medical Needling der fraktionierte, nichtablativ Er:Glass-Laser. Im Rahmen einer Studie unserer Arbeitsgruppe konnten wir nach 3 Behandlungssitzungen im Abstand von jeweils 4 Wochen signifikante Verbesserungen des Narbenreliefs und der POSAS Scores zeigen. Dabei wurde ein 1565-nm-Laser in 2 Durchgängen pro Sitzung eingesetzt. Im ersten Durchgang wurden mit einer leicht geringeren Energie, aber höheren Dichte nur die Striae selbst behandelt, direkt im Anschluss mit leicht höheren Energien und geringeren Dichten das gesamte betroffene Areal. Neben den oben genannten Verbesserungen des Narbenbildes gaben behandelte Patienten innerhalb dieser Studie signifikante Verbesserungen ihrer

Lebensqualität anhand des Dermatologic Life Quality Index (DLQI) an. Trotz erster Erfolge in diesem Bereich sind weitere Untersuchungen notwendig, um weitreichende Protokolle und das Potenzial dieser Behandlungsmodalität näher zu charakterisieren.

Lineare hypertrophe Narben

Lineare hypertrophe Narben zeigen häufig eine intrinsische Involutionstendenz, weshalb bisher in aktuellen Leitlinien keine starke Indikation zur Lasertherapie gegeben ist. Bei stark entzündlichem Bild, Juckreiz oder ausgeprägter kosmetisch störender Komponente kann neben konventionellen Ansätzen mit Kryotherapie und intraläsionalen Steroiden der Einsatz eines Farbstofflasers zur Verbesserung des Erythems und allgemeiner kosmetischer Verbesserung erwogen werden [12]. Bei stärker ausgeprägten hypertrophen Narben sei bemerkt, dass aufgrund der geringen Eindringtiefe des Farbstofflasers entweder der Nd:YAG-Laser bevorzugt werden kann oder aber eine Abflachung des Narbengewebes mit den bereits erwähnten konventionellen Verfahren im Vorfeld erfolgen sollte.

Ältere, reife, strangförmige, abgeblasste hypertrophe Narben wurden bereits früher mit ablativen Lasern abgetragen. Seit der Einführung der fraktionierten Technologien können diese alternativ durch fraktionierte, zumeist ablativ CO₂-Laser verbessert werden. Dezierte Studien in diesem Bereich existieren kaum. Letztendlich bestimmen Faktoren wie die Narbendicke über die Auswahl der geeigneten Therapieoptionen. In vielen Fällen steht die physikalische Zerstörung von hypertrophem, altem Narbengewebe am Anfang, der Einsatz von fraktionierten Technologien kann zur Anregung der Narbenumbauprozesse folgen (hypertrophe Narben jeweils vor und nach fraktionierter Behandlung, [Abb. 1 und 2](#)). Basierend auf ersten Studien und eigenen Erfahrungen, scheinen fraktionierte CO₂-Laser hierbei dem fraktionierten Er:YAG-Laser und nonablativen fraktionierten Er:Glass-Lasern überlegen zu sein, aber auch bei Einsatz des fraktionierten CO₂-Lasers sind zumeist mehrere Sitzun-

gen alle 4 bis 8 Wochen notwendig, um ein Verstreichen der ursprünglichen Narbenkonturen zu erreichen [7].

Großflächige hypertrophe Narben

Über die letzten Jahre hat sich der fraktionierte CO₂-Laser als eine wichtige, weitere Behandlungssäule in der Therapie von großflächigen Verbrühungs- und Verbrennungsnarben etabliert. Verschiedene experimentelle Studien konnten umfassende Veränderungen von Zytokin- und Wachstumsfaktorkonzentrationen nach CO₂-Laserbehandlungen in Narbengewebe darstellen. Von besonderem Interesse scheinen Modulationen von Heat-Shock-Proteinen und Mitgliedern der TGF- β -Familie zu sein [8, 14, 25]. Diese Veränderungen des Zytokinmilieus führen zu histologisch darstellbaren Umbauprozessen im Narbengewebe, die in einer gewissen Wiederherstellung der physiologischen Dermisarchitektur resultieren können. Klinische Studien bestätigen die vermuteten In-vitro-Effekte und zeigen positive Effekte auf Narbentextur, Geschmeidigkeit und eine Verbesserung assoziierter Symptome wie Juckreiz und Spannungsgefühl ([Abb. 3](#) vor und nach Behandlung) [6, 15, 16]. Aufgrund der demonstrierten Verbesserungen bezüglich funktioneller und ästhetischer Gesichtspunkte ist die große Patientenzufriedenheit in diesen Studien nicht weiter verwunderlich. Exakte Protokolle zu Einstellungen, bevorzugten Technologien (supergepulst, ultragepulst) und Anzahl der Sitzungen sowie zu erwartende Ergebnisse sind aktuell allerdings Gegenstand weiterer Studien. Basierend auf bereits publizierten Studien, scheinen in vielen Fällen jedoch die maximale Eindringtiefe und eine möglichst schnelle und kontrollierte Einbringung der Energie in das Narbengewebe bei dem Ansatz des Narbenremodellings insbesondere bei dickeren Verbrennungsnarben von entscheidender Bedeutung zu sein. Als eine Art Goldstandard hat sich hier der ultragepulste fraktionierte CO₂-Laser mit Eindringtiefen von bis zu 4 mm entwickelt. Im Rahmen einer von uns publizierten, kontrollierten Studie konnten wir mithilfe subjektiver und



Abb. 1 ▲ Hypertrophe Narben am Fußrücken nach Autounfall (a vor Behandlung, b nach Behandlung), Behandlung durch fraktionierten Er:Glass-Laser (Lumenis M22 ResurFx 1565 nm, Lumenis Ltd, Yokneam, Israel), insgesamt 5 Sitzungen mit jeweils 150 „microbeams“/cm², 55 mJ, 1 Sitzung alle 45 Tage

objektiver Messmethoden das Potenzial der fraktionierten ablativen CO₂-Lasertherapie und deren positive Effekte auf Narbenfestigkeit und -relief näher charakterisieren. Neben objektiv darstellbaren signifikanten Verbesserungen von Narbentextur, -ebenmäßigkeit und -weichheit nach nur einer Behandlung gaben in die Studie eingeschlossene Patienten eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität an [24].

» Goldstandard ist der ultragepulste fraktionierte CO₂-Laser mit Eindringtiefen von bis zu 4 mm

Internationale Leitlinien zur Behandlung pathologischer Narben empfehlen die Behandlung mit dem fraktionierten Laser als vielversprechende Option für großflächige hypertrophe Narben [12]. Durch die höhere Eindringtiefe scheint der fraktionierte CO₂-Laser anderen Wellenlängen (Er:YAG, Er:Glass) hier überlegen zu sein. Auch bei dieser Indikation sind, basierend auf der aktuellen Literatur und unseren persönlichen Er-



Abb. 2 ▲ Hypertrophe, gerötete Narbe nach Hundebiss (a vor Behandlung, b nach Behandlung). Initiale Behandlung über 3 Sitzungen mit einem vaskulären Filter für das IPL (Intense-Pulsed-Light)-Handstück des M22 (Lumenis Ltd, Yokneam, Israel; „double subpulses“ 5 und 6 ms Pulsdauer, 20 ms Delay, 11 bzw. 6 J/cm²), anschließend ResurFx-Modus mit 200 „microbeams“/cm² und 40 mJ

fahrungen, je nach Narbenbild multiple Sitzungen notwendig. Durch andauernde Narbenumbauvorgänge nach der Behandlung sind finale Ergebnisse nicht vor Ablauf von 9 Monaten zu erwarten. Weitere Wellenlängen und konventionelle bzw. operative Ansätze können bzw. sollten je nach Indikation (Erythem, Pigment, Follikulitiden, keloidale Strukturen, schwere Kontrakturen) in sinnvoller Reihenfolge und Abständen kombiniert werden. Die Behandlung von Verbrennungsnarben stellt in den meisten Fällen einen multimodalen Ansatz dar.

Keloide

In einer 1995 von Alster und Williams [2] publizierten Studie wurde der Pulsed-Dye-Laser (PDL) erstmals als effektives Werkzeug zur Verbesserung von Narbenrötung, -höhe, -textur und Juckreiz in therapienaiven Keloiden beschrieben. Im Rahmen dieser Studie erfolgten insgesamt 2 Behandlungssitzungen in 6- bis 8-wöchigen Abständen. Folgestudien unterschiedlicher Arbeitsgruppen waren jedoch nicht in der Lage, die beschriebenen Effekte von Alster und Williams zu reproduzieren. Einzelne Studien fanden bei der Monotherapie von Keloiden und hypertrophen Narben keinerlei signifikante Veränderungen. Insgesamt zeigt sich die Studienlage zur Effektivität des PDL als wenig zufriedenstellend. Auffallend sind oft kleine Studiengruppen, fehlende Unterscheidung von Keloiden und hypertrophen Narben, unkon-

trollierte Studiendesigns und das Fehlen standardisierter Behandlungsprotokolle. Im Rahmen der aktuellen Studienlage zeigt sich, dass der PDL als Monotherapie zum Erreichen einer vollständigen Narbenremission höchstwahrscheinlich nicht geeignet scheint. Gerade bei größeren Keloiden ist die geringe Eindringtiefe des PDL erfolgslimitierend. Zur Behandlung frischer, stark geröteter oder ausgeprägt symptomatischer Narben und als adjuvante Option in Verbindung mit Kryotherapie und injiziertem Triamcinolonacetonid wird der PDL jedoch aktuell als Zweitlinientherapie empfohlen [12]. Bei dunkelhäutigen Patienten sollte bedacht werden, dass der Farbstofflaser an Effektivität weiter einbüßt, da das Melanin als kompetitives Chromophor wirkt, sodass es zu einer deutlichen Reduktion der Therapieeffektivität kommt.

Bei vergleichbarer Wirkweise mit größerer Eindringtiefe gegenüber dem PDL zeigte die Behandlung von Keloiden mittels Nd:YAG-Laser im Rahmen kleiner Pilotstudien initial deutliche Verbesserungen. Follow-up-Untersuchungen zeigten in einer Studie bei Nachbeobachtung nach 6 Monaten jedoch eine Rezidivrate von über 50 %. Insgesamt ist auch hier die aktuelle Datenlage hinsichtlich der Effektivität einer Behandlung von Keloiden ungenügend, weshalb das Verfahren in aktuellen Behandlungsleitlinien nicht auftaucht.

Die Rolle ablativer Laser in der Behandlung von Keloiden ist äußerst begrenzt. Nachdem Keloide eine deutliche

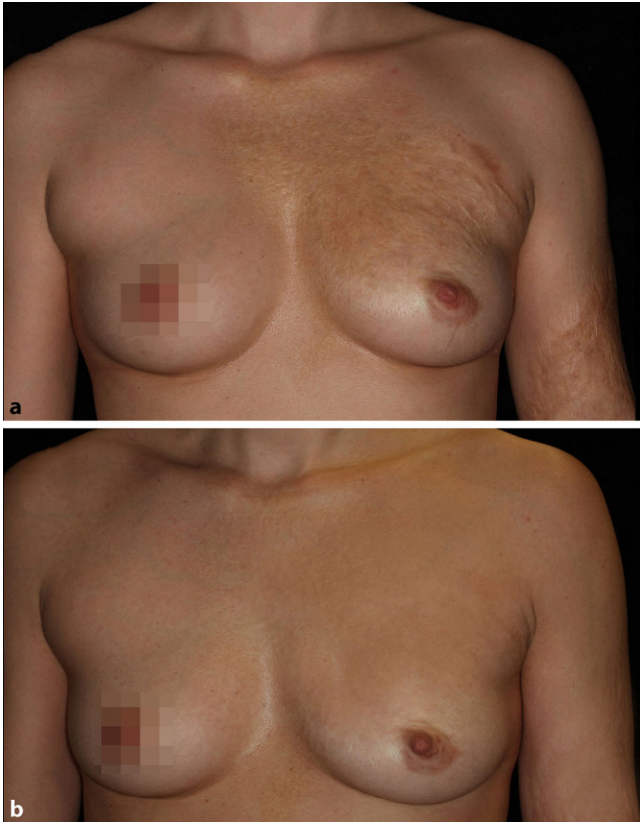


Abb. 3 ◀ Flächige hypertrophe Narben nach Verbrennung (a vor Behandlung, b nach Behandlung), mehrere Sitzungen einer fraktionierten CO₂-Laserbehandlung (Lumenis Ultrapulse Encore, Yokneam, Israel; pro Sitzung in 3 Durchgängen: 1) ScaarFx, 90–150 mJ/cm² [2–3,3 mm Eindringtiefe], „density“ 1 %, 250 Hz; 2) ActiveFX [„small spot“]: 40–90 mJ/cm², „high density“, 300 Hz; 3) Active-FX [„large spot“]: 125 mJ/cm², „low density“, 125 Hz)

Rezidivneigung zeigen, wird eine laserbasierte Narbenablation ähnlich wie eine operative Narbenintervention standardmäßig nicht empfohlen. Erwogen werden kann eine ablativ Lasertherapie lediglich bei ausgeprägten Befunden zum Debulking größerer Keloide oder als Ultima Ratio bei therapierefraktären Befunden. In solchen Fällen sollten allerdings immer adjuvante Behandlungsmethoden, wie etwa eine intraläsionale Kortikosteroid- oder 5-Fluoruracilinjektion, kombiniert werden, um die Wahrscheinlichkeit eines Lokalrezidivs zu vermindern [23].

Atrophe Narben

Aknenarben

Für die Behandlung von Aknenarben existiert eine Vielzahl unterschiedlicher chirurgischer (Subzision, Exzision, Dermabrasio, Needling) und nichtchirurgischer (Peelings, Unterspritzung) Therapiemöglichkeiten. Häufig kommen heutzutage jedoch ablativ und nichtablativ Laserverfahren zum Einsatz. Während Studien die große Effektivität einer klas-

sischen Laserablation unterstreichen und hierbei zu dem Schluss kommen, dass der CO₂-Laser dem Er:YAG-Laser überlegen zu sein scheint, geht der nicht fraktionierte Einsatz beider Verfahren mit einer prolongierten Heilungsphase einher. Basierend auf aktuellen Untersuchungen, zeigen auch fraktionierte ablativ Technologien solide Verbesserungen. Auch hier wird der CO₂-Laser dem Er:YAG-Laser vorgezogen [26]. Dies wird auf die Hitzewirkung des CO₂-Lasers und seinen Einfluss auf Umbauvorgänge in der dermalen Matrix zurückgeführt, die durch die kalte Ablation mittels Er:YAG-Laser nur in deutlich reduziertem Maße zu erwarten ist. Heutzutage gilt der fraktionierte CO₂-Laser als Grundpfeiler in der Laserbehandlung von Aknenarben. Generell sind auch damit mehrere Sitzungen nötig, um gerade bei ausgeprägten Befunden eine ca. 50%ige Verbesserung des Narbenbildes zu erreichen. Nachdem die Umbauvorgänge der tiefen fraktionierten Behandlung erst 3 bis 9 Monate nach der Behandlung vollständig abgeschlossen sind, kann das Endergebnis im Gegensatz zu einer rein

oberflächigen Ablation erst mit Verzögerung nach der Behandlung erwartet werden.

» Der fraktionierte CO₂-Laser gilt als Grundpfeiler in der Laserbehandlung von Aknenarben

Das günstigste Nebenwirkungsprofil und die geringste Rekonvaleszenzzeit nach der Behandlung besitzt der Er:Glass-Laser. Durch die Schonung der epidermalen Hautbarriere ist die Heilungsdauer verglichen mit den ablativen Lasern selbst im fraktionierten Modus deutlich reduziert. Vergleichsstudien mit dem fraktionierten CO₂-Laser suggerieren jedoch einen deutlich reduzierten Therapieeffekt, sodass für das Erzielen des gleichen Effektes einer fraktionierten CO₂-Lasersitzung mehrere Sitzungen mit dem Er:Glass-Laser benötigt werden [32]. Dennoch konnten mehrere Studien die Effektivität dieser nichtablativ fraktionierten Laser unterstreichen, weshalb der Er:Glass-Laser je nach den Anforderungen der Patienten an die Rekonvaleszenzzeit als Therapiemaßnahme empfohlen werden kann.

Insgesamt ist die allgemeine Datenlage für die Therapie von Aknenarben mittels Laser äußerst undurchsichtig. Ungenügend klassifizierte Narbentypen, der Einsatz von verschiedenen Technologien unterschiedlichster Firmen und somit nicht vergleichbarer Parameter, unterschiedliche Anzahlen von Behandlungssitzungen sowie Intervalle zwischen den Behandlungen machen einen Vergleich der verwendeten Instrumente nahezu unmöglich. Für bestmögliche Erfolge ist häufig eine Kombination von verschiedenen Modalitäten nötig, die je nach Narbentyp das Ausstanzen von tieferen „ice-pick scars“, Micrografts oder eine Subzision beinhalten. Eine höhere Behandlungseffektivität geht im Zweifelsfall häufig mit einer aggressiveren Behandlungsmethode (fraktionierter CO₂-Laser > fraktionierter Er:Glass-Laser) und somit oft mit einer längeren Rekonvaleszenzzeit und einem ungünstigeren Nebenwirkungsprofil einher (persistie-

rende Rötung, Narbenbildung, Infektion, Hyperpigmentierung u. a.), während die Wahl eines weniger effektiven Behandlungsverfahrens die Anzahl der erforderlichen Therapiesitzungen deutlich steigert. Andere Technologien im Bereich der Energy-based-Devices, wie beispielsweise die Nadelradiofrequenz oder der mikrofokussierte Ultraschall, zeigen je nach Verfahren ebenfalls Potenzial für diese Indikation. Weitere Studien sind aber auch hier notwendig, um entsprechende Schlüsse zu ziehen.

Striae distensae

Zur Behandlung von Striae distensae wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Behandlungsmethoden angewandt. Ein klarer Therapiestandard existierte nicht, sodass unterschiedliche Verfahren wie chemische Peelings oder Hyaluronsäureanwendungen zum Einsatz kamen, die jedoch allesamt keine zufriedenstellenden Behandlungserfolge zeigten. Entscheidend für die Auswahl möglicher Behandlungsansätze ist die Unterteilung in Striae distensae rubrae und albae. Während für frische gerötete Striae rubrae der Einsatz eines PDLs oder IPLs erwogen werden kann, kommen bei Striae distensae albae neuerdings fraktionierte Verfahren zum Einsatz. Naein et al. [19] konnten in einer Vergleichsstudie zeigen, dass hier die Behandlung mit dem fraktionierten CO₂-Laser einer Glycolsäure- und Tretinoinbehandlung deutlich überlegen war. Shin et al. [27] beschrieben ebenfalls positive Therapieeffekte durch eine fraktionierte CO₂-Laserbehandlung. Postinflammatorische Hyperpigmentierungen wurden dabei allerdings häufig beobachtet. Inzwischen werden zunehmend nichtablative fraktionierte Verfahren zur Behandlung von Striae distensae albae eingesetzt. Eine Vergleichsstudie zwischen einer fraktionierten, ablativen CO₂-Laserbehandlung und einer fraktionierten nichtablativen 1550-nm-Er:Glass-Behandlung wies für beide Verfahren statistisch signifikante histologische und klinische Verbesserungen nach, ohne dass die Verfahren sich hinsichtlich der Effektivität unterschieden [31].

Weitere klinische Studien bestätigen die Effektivität der nichtablativen

fraktionierten Verfahren, deren Vorteil im Gegensatz zu den ablativen Verfahren im Erhalt der epidermalen Barriere besteht. Daraus resultiert nicht nur eine deutlich verringerte Rekonvaleszenzzeit mit geringeren Ausfallzeiten, sondern auch ein milderer Nebenwirkungsspektrum [3]. Gegenüber den ebenfalls häufig zur Striaebehandlung verwendeten Nadelrollern besitzen die fraktionierten Er:Glass- und CO₂-Laserverfahren den Vorteil der lokalen Hitzewirkung in der tiefen Dermis, die vermutlich größere Auswirkungen auf die angestoßenen Remodellingvorgänge haben könnte. Wenngleich hier kaum Vergleichsstudien existieren und die Studienlage zur Striaebehandlung insgesamt keine klaren Empfehlungen im Sinne eines Goldstandards zulässt, sind aktuellste Studienergebnisse aus dem Bereich der nichtablativen fraktionierten Er:Glass-Laser zumindest ermutigend. Trotz ständiger Weiterentwicklung der Behandlungsverfahren in diesem Bereich wird die effektive Therapie von Striae distensae albae schon aufgrund der Fläche weiterhin anspruchsvoll und kostenintensiv bleiben. Patienten sollten daher ehrlich über die zu erwartenden Therapieeffekte aufgeklärt werden, um zu hohe Erwartungen und daraus resultierend Enttäuschung zu vermeiden.

Fazit für die Praxis

- **Laser haben einen zunehmenden Stellenwert in der Behandlung von verschiedenen Narbentypen.**
- **Neben vaskulären Lasern scheinen v. a. fraktionierte Technologien von großer Bedeutung für die Induktion von Narbenumbauvorgängen zu sein.**
- **Vaskuläre Laser scheinen v. a. für die frühe Behandlung von frischen Narben und die Verbesserung von Erythem und Juckreiz bei hypertrophen Narben und Keloiden geeignet zu sein.**
- **Fraktionierte Laser scheinen aufgrund ihres Wirkspektrums bei unterschiedlichsten Narbentypen positive Effekte zu entfalten.**
- **Aufgrund von vorhandenen Daten, Wirkweise und Eindringtiefe**

stellt der fraktionierte CO₂-Laser im Narbenbereich aktuell wohl die vielversprechendste Technologie dar.

- **Zu aggressives Vorgehen kann bei allen Technologien und Narbentypen zu einer Verschlechterung der Narbe führen.**

Korrespondenzadresse

PD. Dr. med. G. G. Gauglitz, MMS

Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

Frauenlobstr. 9–11, 80337 München, Deutschland

Gerd.Gauglitz@med.uni-muenchen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. G.G. Gauglitz ist als Referent und Berater für Merz Pharmaceuticals, Sinclair Pharma, Galderma, Lumenis, Candela, Asclepion, Cynosure, Pollogen, Johnson&Johnson, Almiral, Biofrontera, Urgo GmbH, Mi.To.Pharm, Classys und MediWound tätig. M.T. Clementoni ist als Referent und Berater für Lumenis tätig. J. Pötschke gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

Literatur

1. Alster T (2003) Laser scar revision: comparison study of 585-nm pulsed dye laser with and without intralesional corticosteroids. *Dermatol Surg* 29:25–29
2. Alster TS, Williams CM (1995) Treatment of keloid sternotomy scars with 585 nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *Lancet* 345:1198–1200
3. De Angelis F, Kolesnikova L, Renato F et al (2011) Fractional nonablative 1540-nm laser treatment of striae distensae in Fitzpatrick skin types II to IV: clinical and histological results. *Aesthet Surg J* 31:411–419
4. Apfelberg DB, Maser MR, White DN et al (1989) Failure of carbon dioxide laser excision of keloids. *Lasers Surg Med* 9:382–388
5. Casanova D, Alliez A, Baptista C et al (2017) A 1-year follow-up of post-operative scars after the use of a 1210-nm Laser-Assisted Skin Healing (LASH) technology: a randomized controlled trial. *Aesthetic Plast Surg* 41:938–948
6. Cervelli V, Gentile P, Spallone D et al (2010) Ultrapulsed fractional CO₂ laser for the treatment of post-traumatic and pathological scars. *J Drugs Dermatol* 9:1328–1331

7. Choi JE, Oh GN, Kim JY et al (2014) Ablative fractional laser treatment for hypertrophic scars: comparison between Er:YAG and CO₂ fractional lasers. *J Dermatolog Treat* 25:299–303
8. Dams SD, De Liefde-Van Beest M, Nuijs AM et al (2010) Pulsed heat shocks enhance procollagen type I and procollagen type III expression in human dermal fibroblasts. *Skin Res Technol* 16:354–364
9. Dierickx C, Goldman MP, Fitzpatrick RE (1995) Laser treatment of erythematous/hypertrophic and pigmented scars in 26 patients. *Plast Reconstr Surg* 95:84–92
10. Gauglitz GG, Korting HC, Pavicic T et al (2011) Hypertrophic scarring and keloids: pathomechanisms and current and emerging treatment strategies. *Mol Med* 17:113–125
11. Gauglitz GG, Reinholz M, Kaudewitz P et al (2014) Treatment of striae distensae using an ablative Erbium: YAG fractional laser versus a 585-nm pulsed-dye laser. *J Cosmet Laser Ther* 16:117–119
12. Gold MH, Mcguire M, Mustoe TA et al (2014) Updated international clinical recommendations on scar management: part 2-algorithms for scar prevention and treatment. *Dermatol Surg* 40:825–831
13. Ha JM, Kim HS, Cho EB et al (2014) Comparison of the effectiveness of nonablative fractional laser versus pulsed-dye laser in thyroidectomy scar prevention. *Ann Dermatol* 26:615–620
14. Helbig D, Paasch U (2011) Molecular changes during skin aging and wound healing after fractional ablative photothermolysis. *Skin Res Technol* 17:119–128
15. Hultman CS, Friedstat JS, Edkins RE et al (2014) Laser resurfacing and remodeling of hypertrophic burn scars: the results of a large, prospective, before-after cohort study, with long-term follow-up. *Ann Surg* 260:519–532
16. Levi B, Ibrahim A, Mathews K et al (2016) The use of CO₂ fractional photothermolysis for the treatment of burn scars. *J Burn Care Res* 37:106–114
17. Majid I, Imran S (2015) Efficacy and safety of fractional CO laser resurfacing in non-hypertrophic traumatic and burn scars. *J Cutan Aesthet Surg* 8:159–164
18. Manstein D, Herron GS, Sink RK et al (2004) Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 34:426–438
19. Naein FF, Soghrati M (2012) Fractional CO₂ laser as an effective modality in treatment of striae alba in skin types III and IV. *J Res Med Sci* 17:928–933
20. Nouri K, Jimenez GP, Harrison-Balestra C et al (2003) 585-nm pulsed dye laser in the treatment of surgical scars starting on the suture removal day. *Dermatol Surg* 29:65–73
21. Nouri K, Rivas MP, Stevens M et al (2009) Comparison of the effectiveness of the pulsed dye laser 585 nm versus 595 nm in the treatment of new surgical scars. *Lasers Med Sci* 24:801–810
22. Nouri K, Elsaie ML, Vejjabhinanta V et al (2010) Comparison of the effects of short- and long-pulse durations when using a 585-nm pulsed dye laser in the treatment of new surgical scars. *Lasers Med Sci* 25:121–126
23. Poetschke J, Gauglitz GG (2016) Current options for the treatment of pathological scarring. *J Dtsch Dermatol Ges* 14:467–477
24. Poetschke J, Dornseifer U, Clementoni MT et al (2017) Ultrapulsed fractional ablative carbon dioxide laser treatment of hypertrophic burn scars: evaluation of an in-patient controlled, standardized treatment approach. *Lasers Med Sci* 32:1031–1040
25. Qu L, Liu A, Zhou L et al (2012) Clinical and molecular effects on mature burn scars after treatment with a fractional CO(2) laser. *Lasers Surg Med* 44:517–524
26. Reinholz M, Schwaiger H, Heppt MV et al (2015) Comparison of two kinds of lasers in the treatment of acne scars. *Facial Plast Surg* 31:523–531
27. Shin JU, Roh MR, Rah DK et al (2011) The effect of succinylated atelocollagen and ablative fractional resurfacing laser on striae distensae. *J Dermatol Treat* 22: 113–121
28. Sobanko JF, Vachiramon V, Rattanaumpawan P et al (2015) Early postoperative single treatment ablative fractional lasing of Mohs micrographic surgery facial scars: a split-scar, evaluator-blinded study. *Lasers Surg Med* 47:1–5
29. Stewart N, Lim AC, Lowe PM et al (2013) Lasers and laser-like devices: part one. *Australas J Dermatol* 54:173–183
30. Yamaguchi K, Suganuma N, Ohashi K (2012) Quality of life evaluation in Japanese pregnant women with striae gravidarum: a cross-sectional study. *BMC Res Notes* 5:450
31. Yang YJ, Lee GY (2011) Treatment of striae distensae with nonablative fractional laser versus ablative CO(2) fractional laser: a randomized controlled trial. *Ann Dermatol* 23:481–489
32. You HJ, Kim DW, Yoon ES et al (2016) Comparison of four different lasers for acne scars: resurfacing and fractional lasers. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 69:e87–95

Augenbeteiligung bei atopischer Dermatitis



Bei der atopischen Dermatitis handelt es sich um ein vielfältiges und multidisziplinäres Krankheitsbild, welches häufig ein gemeinsames Vorgehen

von Allgemeinmedizinern, Dermatologen und Ophthalmologen notwendig macht.

Erfahren Sie in *Der Ophthalmologe* 6/2017 mehr über dieses häufige dermatologische Krankheitsbild und lesen Sie in folgenden Artikeln, wie für Betroffene eine bestmögliche Versorgung erreicht werden kann:

- Neurodermitis: Atopie an der Haut
- Pathophysiologie der atopischen Blepharokeratokonjunktivitis
- Augenbeteiligung bei atopischer Dermatitis

Suchen Sie noch mehr zum Thema?

Mit e.Med – den maßgeschneiderten Fortbildungsabos von Springer Medizin – haben Sie Zugriff auf alle Inhalte von SpringerMedizin.de. Sie können schnell und komfortabel in den für Sie relevanten Zeitschriften recherchieren und auf alle Inhalte im Volltext zugreifen. ←

Weitere Infos zu e.Med finden Sie auf springermedizin.de unter „Abos“