

Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie

S. Hellwig, D. Petzoldt, K. König, C. Raulin
Hautarzt 1998 - 49:690-704, (c) Springer Verlag

Zusammenfassung

Das Indikationsspektrum der dermatologischen Lasertherapie wurde in den letzten Jahren durch technische Neuerungen erweitert. Im folgenden werden physikalische Grundlagen der Lasertherapie sowie die derzeit gebräuchlichen Lasersysteme in der Dermatologie, ihre Wirkungsweise und Indikationen beschrieben. Moderne gepulste Lasersysteme zeichnen sich durch geringe Nebenwirkungsraten aus. Trotzdem sollten bewährte Alternativmethoden nicht außer acht gelassen werden.

Schlüsselwörter: Moderne Lasersysteme in der Dermatologie + Physikalische Grundlagen + Indikationen und Grenzen der Lasertherapie

In den letzten Jahren wurde durch neue Lasersysteme das Indikationsspektrum der dermatologischen Lasertherapie erweitert und die Behandlungsergebnisse erheblich verbessert. Feuermale können insbesondere im frühen Kindesalter in vielen Fällen narbenfrei entfernt werden. Die Therapie von Tätowierungen und Schmutzeinsprengungen sowie definierter benignen pigmentierter Hautveränderungen ist mit einer geringen Nebenwirkungsrate möglich geworden. Auch zur Behandlung von oberflächlichen Gesichtsfältchen und Aknenarben stehen geeignete Lasersysteme zur Verfügung. Moderne Lasersysteme arbeiten nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse, d. h. selektive Schädigung der angesteuerten Zielstrukturen mit minimalen thermischen Schäden des umliegenden Gewebes. Dies wird durch die Verwendung geeigneter gepulster Laser erreicht, wobei die Wellenlänge und die Laserpulsdauer dem Absorptionsverhalten und der Dimension des Targets angepaßt werden.

Technik und Wirkungsweise von Lasern in der Dermatologie

Lasere werden hinsichtlich ihres Lasermediums (aktives Medium) unterschieden; es gibt Gaslaser, Festkörperlaser, Farbstofflaser (der Laser-Farbstoff liegt i. allg. als Flüssigkeit vor), Freie-Elektronen-Laser und chemische Laser. Zunehmend werden in der Dermatologie Festkörperlaser mit seltenen Erden als aktivem Medium verwendet, z. B. mit Yttrium beim Nd:YAG (Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat)-Laser und Erbium beim Er:YAG-Laser. Emittiert der Laser kontinuierlich Strahlung, spricht man von cw- ("continuous wave") Lasern, d. h. Dauerstrichlasern, emittiert er kurze Lichtpulse, von gepulsten Lasern. Bei vielen medizinischen cw-Lasergeräten besteht die Möglichkeit, die cw-Strahlung durch mechanische Einrichtungen, z. B. einen "chopper", periodisch kurzzeitig zu unterbrechen. Einige Laser erhalten die notwendige Energie (Pumpenergie) durch einen weiteren Laser (Laser-gepumpt) oder durch Blitzlampen (Blitzlampen-gepumpt). Laserstrahlung zeichnet sich im wesentlichen durch die Eigenschaften der Monochromasie, der geringen Divergenz, durch Kohärenz und durch die Möglichkeit der Erzeugung ultrakurzer Lichtpulse aus. Die Monochromasie („Einfarbigkeit“) ermöglicht die Bereitstellung von Strahlung in einem schmalen Wellenlängenbereich. Dadurch werden gezielt die Absorptionsbanden der Moleküle erreicht, auf die eingewirkt werden soll (Wasser, Hämoglobin, Melanin, Tätowierungspigmente). Eine effiziente Wechselwirkung von Strahlung und Gewebe wird so möglich. Die geringe Divergenz erlaubt eine exzellente Fokussierbarkeit der Strahlung und damit effiziente Einkopplung in schmale Lichtleiter. Für einige Lasersysteme (z. B. CO₂-Laser, Er:YAG Laser) sind noch keine geeigneten, nichttoxischen Lichtleitern erhältlich. Für viele Laserapplikationen in der Dermatologie ist eine Übertragung mittels Lichtleiter jedoch nicht notwendig. Die Kohärenz spielt in der Lasertherapie keine wesentliche Rolle. Von großer Bedeutung ist dagegen die Dauer und Amplitude der emittierten Laserpulse. Freilaufende gepulste Laser weisen typische Pulslängen im Milli- und Mikrosekunden-Bereich auf.

Gütegeschaltete Laser (Q-switched) emittieren Pulse im Nanosekundenbereich. Bei modemsynchronisierten Lasern werden mit besonderen elektronischen Zusatzgeräten Pulslängen im Piko- und Femtosekundenbereich erreicht. Die Pulsrepetitionsraten (Pulsfolgefrequenz) reichen von wenigen Hertz bis 100 MHz. Bei Auftreffen der Laserstrahlung auf die Haut wird ein Teil direkt reflektiert, durch endogene oder exogene Chromophore absorbiert, durch Brechzahlunterschiede an Mikrostrukturen gestreut und zu einem äußerst geringen Anteil transmittiert. Das Strahlverhalten ist abhängig von der Wellenlänge. Im UV- und Infrarotbereich dominiert die Absorption das Strahlverhalten in der Haut und bedingt Strahleindringtiefen die im μm -Bereich, während zwischen 600 nm und 1200 nm die Streuung dominiert und Eindringtiefen im mm-Bereich erzielt werden. Oberhalb von 1200 nm liegen die Eindringtiefen wieder im μm -Bereich. Unter Eindringtiefe ist der Abfall der Lichtintensität auf 37% zu verstehen. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, absorbiert z. B. Hämoglobin insbesondere im violetten Spektralbereich um 410 nm (Soret-Bande) und zeigt zwei wesentlich schwächere Absorptionsbanden im längerwelligen VIS-Bereich, deren Position vom Sauerstoffgehalt abhängt. Reduziertes Hämoglobin absorbiert zudem schwach um 760 nm. Ein isosbetischer Punkt besteht bei 585 nm. Melanin weist keine typischen Absorptionsbanden auf. Sein Absorptionsvermögen sinkt mit zunehmender Wellenlänge. Wasser absorbiert im UV- und Infrarotbereich. Strahlung des CO₂-Lasers und der Infrarot-Festkörperlaser wird von Wasser absorbiert und ermöglicht so prinzipiell eine Bearbeitung oberflächlicher Hautpartien. Neben dem Absorptionsverhalten der endogenen und exogenen Hautchromophore bestimmt die Leistungsdichte (Intensität) der Strahlung die Wechselwirkung Strahlung-Gewebe. Die Leistungsdichte ist definiert als Quotient der Laserleistung und Bestrahlungsfläche. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, kann im mW/cm^2 -Bereich Strahlung für nichtinvasive diagnostische Zwecke, zur Biostimulation und photodynamischen Therapie (PDT) eingesetzt werden. Der sich anschließende Bereich von $1 \text{ W}/\text{cm}^2$ bis $1 \text{ MW}/\text{cm}^2$ ist der Bereich vorwiegend thermischer Wirkungen.

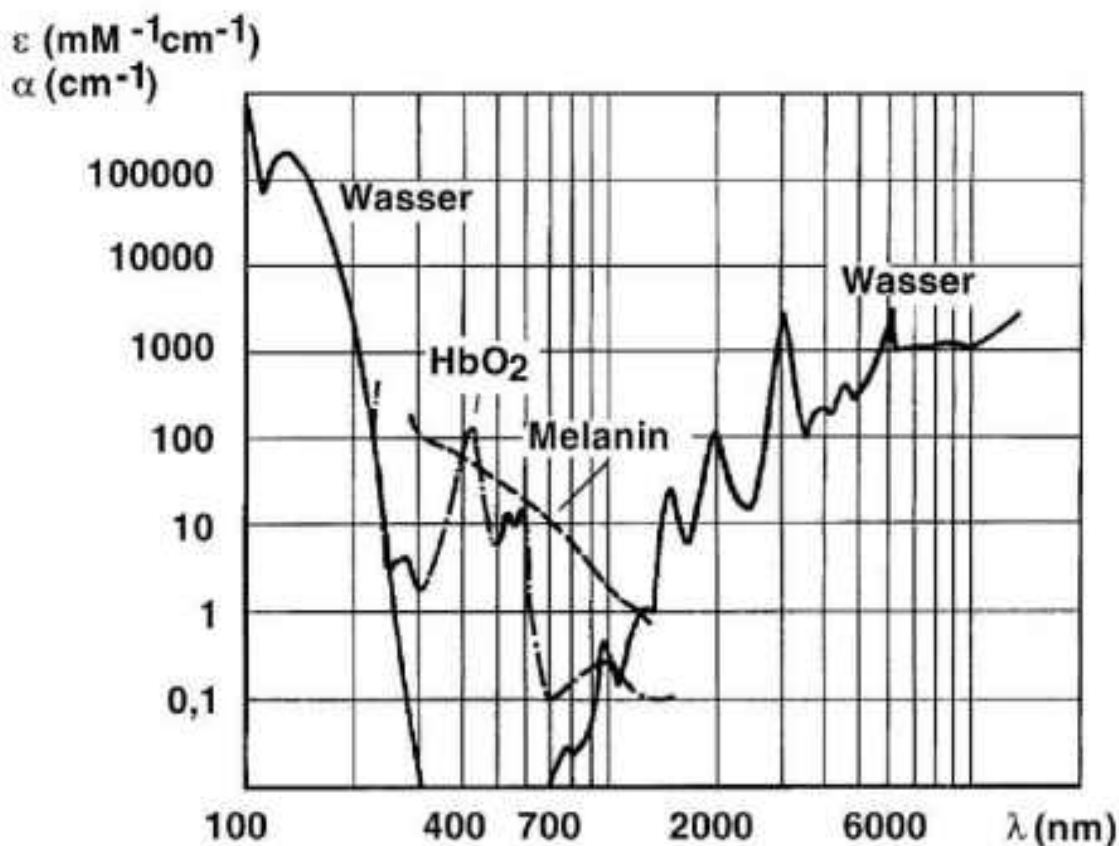


Abb. 1: Absorptionsspektren der endogenen Absorber Wasser, oxidiertes Hämoglobin und Melanin. Darstellung des molaren Extinktionskoeffizienten (HbO₂, Melanin) bzw. des Absorptionskoeffizienten (Wasser) in Wellenlängenabhängigkeit bei doppellogarithmischer Achsenskalierung

Die durch Wärmeabgabe angeregter Moleküle und durch inelastische Stöße von Nachbarmolekülen übertragene Energie resultiert in Temperaturerhöhungen, die für gezielte destruktive Wirkungen am Gewebe genutzt werden können. Klassische Laser für die thermische Gewebearbeitung sind der Argonionenlaser, der CO₂Laser und der Nd:YAG-Laser im cwModus. Eine Vielzahl der Applikationen der Laser in der Dermatologie, insbesondere die Behandlung von Gefäß- und Pigmentanomalien, basiert auf thermischen Effekten. Eine optimale thermische Schädigung der Zielstruktur (Target) ist durch das Prinzip der selektiven Photothermolyse gegeben. Ziel ist eine möglichst auf das jeweilige Target beschränkte laserinduzierte destruktive Temperaturerhöhung unter Ausschluß thermischer Schädigung benachbarter Hautpartien. Folgende Kriterien müssen für die konsequente Umsetzung dieses Prinzips erfüllt sein:

- eine optimale Wellenlänge,
- eine optimale Pulsdauer,
- eine optimale Kühlung.

Die Auswahl der Wellenlänge muß im Hinblick auf die Absorptionseigenschaften des Targets sowie der Absorptions- und Streueigenschaften des transmittierten Gewebes erfolgen. So sollte aufgrund der geringen Strahleindringtiefe trotz der ausgeprägten HbSoretbande keine Gefäßbehandlung im violetten Spektralbereich erfolgen, sondern es sollte die 577 nm- (Maximum von Oxyhämoglobin) oder 585 nm- (isosbetischer Punkt) Strahlung eines Farbstofflasers verwendet werden. Die Behandlung mit der 488 nm/514 nm-Strahlung des Argonlasers stellt einen Kompromiß dar, da die Einstrahlung nur in die Flanken der Hb-Absorptionsmaxima erfolgt. Bei stark pigmentierter Haut verringert sich die Strahleindringtiefe infolge zunehmender Absorption durch Melanin. Es besteht dann verstärkt die Gefahr der thermischen Epidermisschädigung.

Die optimale Pulsdauer "tau" wird von der thermischen Relaxationszeit T und damit direkt von der Targetdimension d bestimmt. Die thermische Relaxationszeit ist als die Zeitspanne definiert, die eine Struktur benötigt, um sich auf die Hälfte der maximal erreichten Temperatur abzukühlen [60]. Die thermische Relaxationszeit berechnet sich wie folgt: $T = d^2 / 4k$ ($k = 1,3 + 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{s}$). Um eine optimale, lokal begrenzte Destruktion zu erreichen, sollte die Pulsdauer kleiner oder gleich T sein. Bei Melanin liegt die optimale Pulsdauer im Bereich $< 1 \text{ } \mu\text{s}$, bei Kapillaren $< 100 \text{ } \mu\text{s}$, bei größeren Blutgefäßen im ms-Bereich und bei Tätowierungspigmenten zwischen 20 ns und 3 ms.

Tabelle 1: Laserinduzierte Wirkungen bei Einstrahlung in absorbierendes Gewebe

Intensität	Wirkung
$10^{-3} - 0,3 \text{ W/cm}^2$	Biostimulation, photodynamische Wirkung
$0,3 - 10^6 \text{ W/cm}^2$	Thermische Wirkungen
$> 10^6 \text{ W/cm}^2$	Nichtlineare Wirkungen
$> 10^{11} \text{ W/cm}^2$	Optischer Durchbruch, Plasmabildung

Tabelle 2 Lasersysteme in der Dermatologie

Lasertyp	Wellenlänge	Haupt-Indikationen

Argon (cw)	488 nm,514 nm	Noduläre Feuermale/Erwachsene, Teleangiektasien, Hämangiome
Farbstofflaser	577 nm (gepulst 0,3-1,5 ms),585 nm 590, 595, 600 nm	Feuermale, besonders b. Kindern, Hämangiome, Teleangiektasien, Besenreiser
Kupferdampflaser	511 nm,578 nm	Hypertrophe, noduläre Feuermale
Kryptonlaser (cw und gepulst)	568 nm,530 nm, 520 nm	Teleangiektasien, vaskuläre und pigmentierte epidermale Läsionen
Nd:YAG-Laser (cw)	532 nm,1064 nm	Noduläre Feuermale, tiefliegende Hämangiome
Nd:YAG-Laser	532 nm,1064 nm	Tätowierungen (blau-schwarz, (gütegeschaltet rot, orange, gelb), epidermale 10 ns) pigmentierte Läsionen
Nd:YAG-Laser(langgepulst 1-10 ms)	532 nm	Besenreiser, Teleangiektasien, Feuermale
Rubinlaser (gütegeschaltet 25 ns, 40 ns)	694 nm	Tätowierungen (schwarz, blau, grün), Schmutzeinsprengungen, pigmentierte Hautveränderungen
Alexandritlaser (gütegeschaltet 100 ns)	755 nm	Tätowierungen (schwarz, blau, besonders grün), pigmentierte Läsionen
CO2-Laser (cw)	10600 nm	Superfizielle Vaporisation, "Lichtskalpell"
CO2-Laser (gepulst 6 ms bis ultragepulst 0,6 ms)	10600 nm	Skin Resurfacing, Aknenarben, benigne dermale Tumoren, aktinische Cheilitis, Syringome, Xanthelasma
Erbium-YAG-Laser(gepulst 0,2 ms-0, 5 ms)	2940 nm	Narben, sehr oberflächliche Hautveränderungen, Skin Resurfacing

Sollen tiefliegende Targets behandelt werden, ohne die darüberliegende Epidermis zu schädigen, ist eine entsprechende Kühlung der Haut wünschenswert. Das Target selbst sollte dabei kaum einer Abkühlung unterliegen, um die erforderliche Temperaturdifferenz für den destruktiven Effekt nicht erhöhen zu müssen. Im folgenden werden Indikationen, Wirkungsweise und Nebenwirkungen der in der Dermatologie gebräuchlichen Laser dargestellt. Auch werden neueste Entwicklungen vorgestellt, über die noch keine Langzeitergebnisse vorliegen. Einen Überblick geben die Tabellen 2 und 3.

Gepulster Farbstofflaser (577 nm,585 nm,590 nm, 595 nm und 600 nm)

Der blitzlampengepumpte gepulste Farbstofflaser wurde Anfang der 80er Jahre zur Behandlung oberflächlich gelegener vaskulärer Hautveränderungen entwickelt. Mit diesem Laser können Feuermale, Hämangiome, Teleangiektasien und Spider Nävi mit geringer Nebenwirkungsrate entfernt werden. Weitere Krankheitsbilder, bei denen ein Therapieversuch mit dem gepulsten Farbstofflaser gerechtfertigt ist, sind oberflächliche Xanthelasma, Talgdrüsenhyperplasien, flache rote Keloide,Angiofibrome, therapieresistente Viruspapillome, initiale rote Kaposi-Sarkome, Talgdrüsenhyperplasien und kutane Läsionen bei chronisch diskoidem und systemischen Lupus erythematoses.

Wirkung

Die Wirkung des gepulsten Farbstofflasers beruht auf dem erstmals von Anderson u. Parrish beschriebenen Prinzip der selektiven Photothermolyse [11]. Dieses oben schon beschriebene Prinzip liegt allen gepulsten bzw. gütegeschalteten Lasersystemen zugrunde und beinhaltet die selektive, hochspezifische Zerstörung der jeweiligen Zielstrukturen ohne wesentliche Beeinträchtigung des umliegenden Gewebes. Zielstrukturen des gepulsten Farbstofflasers sind kleine dermale Gefäße - die Impulsdauer liegt mit 0,3-0,45 ms deutlich unter der thermischen Relaxationszeit dieser Gefäße. Durch photoakustische Energieumwandlung kommt es zur mechanischen Überbeanspruchung der Gefäßendothelien, die letztendlich zur thrombogenen Gefäßläsion führen [134]. Bei Feuermalen konnte gezeigt werden, daß sehr kleine Gefäße mit einem Durchmesser unter 20 µm schlechter von der Laserstrahlung des gepulsten Farbstofflasers erfaßt werden als Gefäße von etwa 40 µm Durchmesser [38]. Histologische Veränderungen nach Farbstofflasertherapie im Sinne von Gefäßwandschädigung und Ersatz der Gefäße durch Granulationsgewebe werden bis zu einer Tiefe von 0,7 mm bis maximal 1,5 mm beobachtet [50, 60, 78, 135].

Nebenwirkungen

Direkt nach der Laserbehandlung treten purpurische Makulae auf, die auf der Erythrozytenagglutination und Schädigung der Gefäßwände beruhen [135]. Es kann zu Ödem- und Krustenbildung kommen. In der Regel heilen diese Hautveränderungen innerhalb von 10-14 Tagen ab. Abgesehen von diesen immer auftretenden Nebeneffekten sind die Risiken der Narbenbildung oder Pigmentstörungen gering. Atrophische Narben entstehen in 0,1-3% und hypertrophe Narben in 0-1%. Das Risiko bleibender Pigmentstörungen liegt bei etwa 1%, während transiente Hyperpigmentierungen in bis zu 57% auftreten können. Die Gefahr der transienten Hyperpigmentierung ist höher bei großflächiger Behandlung und Lokalisation an den Extremitäten [16, 49, 53, 61, 75, 79, 99, 121-124, 136]. Vorübergehende Hypopigmentierungen entstehen in 0-10% [16, 48, 49, 60, 75, 99, 121, 122]. Vereinzelt wurde die Entstehung eines Granuloma pyogenicum im behandelten Areal beschrieben [1, 153].

Indikationen

Feuermale

In der Behandlung von zartroten kindlichen Feuermalen gilt der gepulste Farbstofflaser als Therapie der Wahl. Gerade in dieser Patientengruppe ist der früher verwendete Argonlaser mit einem erhöhten Narbenrisiko behaftet [5, 69, 128, 136]. Auch bei Nävi flammei im Erwachsenenalter werden mit dem Farbstofflaser gute Ergebnisse bei geringer Nebenwirkungsrate erzielt [8, 15, 45, 61, 69, 94, 133]. Allerdings sind Feuermale im Säuglings- und Kindesalter erheblich schneller und besser zu entfernen als dunkelrote, teils nodulär veränderte

Tabelle 3: Indikationen zur Lasertherapie

Indikation	Behandlungsmethode der Wahl
Feuermale	gepulster Farbstofflaser
Hypertrophe, noduläre Feuermale	gepulster Farbstofflaser, Argonlaser cw-Nd:YAG-Laser
Oberflächliche Hämangiome	gepulster Farbstofflaser
Tiefliegende Hämangiome	cw-Nd:YAG-Laser (interstitiell)
Teleangiektasien	gepulster Farbstofflaser, langgepulster Nd:YAG-Laser, gepulste Blitzlampe

Besenreiser	langgepulster Farbstofflaser, langgepulster Nd:YAG-Laser, gepulste Blitzlampe
Benigne pigmentierte Läsionen	gütegeschalteter Rubinlaser, gütegesch. Nd:YAG-Laser 1064 nm, gütegesch. Alexandritlaser
Tätowierungen, Schmutzeinsprengungen	gütegesch. Rubinlaser, gütegesch. Nd:YAG-Laser 532 nm u. 1064 nm, gütegesch. Alexandritlaser
Aknenarben, oberflächliche Falten	gepulster CO ₂ -Laser, gepulster Erbium-YAG-Laser

Läsionen im höheren Lebensalter [45, 60, 61]. Ein frühzeitiger Therapiebeginn bei Feuermalen wird daher empfohlen [20, 67, 75]. Unterschiede ergeben sich auch hinsichtlich der anatomischen Lokalisation des Feuermals: an den Extremitäten wird ein schlechteres Ansprechen auf die Farbstofflasertherapie beobachtet als an Kopf und Stamm [45, 121] - je distaler die Läsion, desto schwieriger die Lasertherapie. Zentrofazial lokalisierte Nävi flammeei sprechen schlechter als solche an lateralen Wangenpartien an. Ein entsprechender Vorteil des gepulsten Farbstofflasers liegt auch in den relativ kurzen Behandlungszeit großer Areale in jeweils einer Sitzung (Abb. 2, 3). Die mit einem Laserimpuls behandelte Fläche liegt zwischen 0,2 cm² und 0,8 cm². Auch bei Säuglingen sind großflächige Areale gefahrlos zu lasern, da die nachfolgende intravaskuläre Hämolyse gering ist [36].

Hämangiome

Mittlerweile gehen die Empfehlungen dahin, daß jedes Hämangiom in der frühen Proliferationsphase einer adäquaten Behandlung zugeführt werden sollte. Dies gilt insbesondere für Hämangiome im Gesicht, im Orotrachealtrakt und in der Anogenitalregion [22, 27]. Neben der Kontaktkryotherapie [28] bietet sich bei kleinen initialen und auch planen oberflächlichen Hämangiomen größerer Ausdehnung der gepulste Farbstofflaser als nebenwirkungsarme Therapieform an [16, 49, 68, 76, 126]. Aufgrund der meist vorhandenen Wachstumstendenz sind die Behandlungsintervalle bei Hämangiomen kürzer zu wählen.

Teleangiektasien und Spider Nävi

Essentielle Teleangiektasien, aber auch durch Kortikoide und Rosazea verursachte Gefäßerweiterungen, lassen sich durch den gepulsten Farbstofflaser mit guten Erfolgen behandeln [25, 69, 123, 124]. Dies gilt auch für nach operativer Nasenkorrektur aufgetretene und im Rahmen eines Röntgenoderms entstehende Teleangiektasien. Als nachteilig werden bei diesen kosmetischen Indikationen in manchen Fällen die vorübergehend auftretenden purpurischen Makulae empfunden. Aus diesem Grund wird oft noch der Argonlaser eingesetzt, der allerdings gelegentlich zu feinen oberflächlichen Vernarbungen führt [25, 152]. Als Alternative bietet sich hier das Photoderm VL an, eine weiter unten beschriebene hochenergetische Blitzlampe [71]. Eine weitere Indikation für den gepulsten Farbstofflaser stellen Spider Nävi bei Erwachsenen und Kindern dar [47, 125]. Dicke Läsionen sind dabei schwerer zu entfernen als feine, dünne Gefäße [47], die nur 1-2 Sitzungen benötigen.

Weitere Therapiemöglichkeiten

Alternativ zur chirurgischen Exzision können oberflächliche Xanthelasmen mit dem gepulsten Farbstofflaser entfernt werden [127]. Die Schmerzhaftigkeit ist geringer als beim ebenfalls einsetzbaren Argon- und CO₂-Laser [35, 142], es werden allerdings mehrere Sitzungen benötigt. Bei flachen, teleangiektatischen Keloiden kann mit dem Farbstofflaser eine Aufhellung und in manchen Fällen auch eine Verkleinerung der Läsion erzielt werden [3, 5, 32]. Bei dieser Indikation steht aber die Kontaktkryotherapie weiterhin an erster Stelle. Rötliche und relativ flache Angiofibrome sind ebenfalls für die Farbstofflasertherapie geeignet [24]. Auch initiale rote Kaposi-Sarkome bei HIV-Infektion sind zu

entfernen, wobei mit rasch auftretenden Rezidiven zu rechnen ist [137]. Eine neue vielversprechende Therapiemöglichkeit hat sich auch bei kutaner Manifestation des Lupus erythematodes gezeigt [105, 109, 110]. Erfolgreiche Therapieversuche bei chronischer Plaquesoriasis wurden beschrieben, auch hier liegen Rezidive in der Natur der Erkrankung [65]. Bei der Behandlung von größerkalibrigen Teleangiektasien an den Beinen wurden mit einem langgepulsten Farbstofflaser (Pulsdauer 1,5 ms) bessere Erfolge erzielt als mit dem gepulsten Farbstofflaser der Wellenlänge 585 nm und Pulsdauer 0,45 ms [84]. 6 Wochen nach der Laserbehandlung war in 36% der behandelten Teleangiektasien an den Beinen keine Verbesserung erzielt worden, nach 5 Monaten lag die Rate der Non-responder nur noch bei 21%. Transiente Hyperpigmentierungen waren häufig (30,8%), vorübergehende Hypopigmentierungen traten in 15,4% auf. 5 Monate nach der Behandlung wurden keine Pigmentverschiebungen mehr gesehen.

Argonlaser (488 nm und 514 nm) Seit etwa 1975 ist der Argonlaser der weitestverbreitete Laser in der Dermatologie. Er emittiert blau-grünes Licht und arbeitet sowohl im Dauerstrichbetrieb als auch mit mechanischer Taktung (Impulslängen von 0,05 und 0,1 s).



Abb. 2: Klippel-Trenaunay-Syndrom eines 9jährigen Jungen



Abb. 3 Zwischenbefund nach einer Behandlung mit dem gepulsten Farbstofflaser

Mittels Argonlaser können kutane vaskuläre Hautveränderungen, aber auch oberflächliche pigmentierte Veränderungen behandelt werden. Wegen seiner etwas erhöhten Nebenwirkungsrate wurde der Argonlaser, der lange Zeit als "Arbeitspferd" der Dermatologie galt, in vielen Fällen an die zweite Stelle hinter die gepulsten Lasersysteme gestellt. Er findet im wesentlichen noch Verwendung bei Angiomen, Angiofibromen und Teleangiektasien; sein Haupteinsatzgebiet bei Feuermalen sind hypertrophe und noduläre Strukturen, die sich in Feuermalen Erwachsener entwickeln können [101].

Wirkung und Nebenwirkungen

Das Licht des Argonlasers wird in der Haut von 2 Hauptchromophoren, Oxyhämoglobin und Melanin, absorbiert. Obwohl das Emissionsspektrum des Argonlasers nicht mit den Absorptionsmaxima des Oxyhämoglobins oder Melanins übereinstimmt, wird durch diese Chromophoren genügend Laserlicht absorbiert, um eine annähernd selektive Schädigung zu erreichen [100]. Der Argonlaser führt zur Thrombosierung und Obliteration der Gefäße bzw. zur Zerstörung pigmentierter Strukturen. Histologisch zeigen sich nach Argonlasertherapie epidermale und oberflächlich-dermale Nekrosen mit nachfolgendem Zelltod und neutrophiler Reaktion nach etwa 48 h [62]. Diese Wirkungsweise steht im Gegensatz zum

Prinzip der selektiven Photothermolyse beim gepulsten Farbstofflaser: hier kommt es zur Agglutination der Erythrozyten und Gefäßwandschädigungen mit nachfolgendem Ersatz durch Granulationsgewebe [50]. Die Eindringtiefe des Argonlasers liegt bei etwa 1 mm. Bei dunkleren Hauttypen wird ein Teil des ausgesendeten Lichts schon in der Epidermis absorbiert, so daß darunterliegende Gefäße schlechter erreicht werden [100]. Da der Argonlaser sein Licht im Dauerstrichbetrieb aussendet, kommt es zur thermischen Schädigung des umliegenden Gewebes [100]. Im Gegensatz zum gepulsten Farbstofflaser findet sich eine etwas erhöhte Nebenwirkungsrate - gelegentlich feine oberflächliche Narben und Pigmentverschiebungen. Bei Patienten mit Feuermalen finden sich nach Argonlasertherapie in 5-22% hypertrophe Narben, Hypopigmentierungen zeigen sich häufig [14, 29].

Indikationen

Feuermale

Im Erwachsenenalter wurden mit dem Argonlaser ansprechende Ergebnisse erzielt [13, 96, 108]. Die genannten relativ häufig auftretenden Nebenwirkungen wie Hypopigmentierungen, feine Narbenbildung und Hautatrophien [56] mußten dabei hingenommen werden. Im Kindes- und Jugendalter ist der Argonlaser in der Therapie von Feuermalen mittlerweile kontraindiziert, da nur wenig gute Ergebnisse bei erhöhter Nebenwirkungsrate zu erzielen waren [77, 108, 111]. Der Argonlaser hat sich bei nodulär veränderten Feuermalen im höheren Erwachsenenalter bewährt, die ein ungenügendes Ansprechen auf den gepulsten Farbstofflaser zeigen [101, 108].

Hämangiome, Teleangiektasien, Spider Nävi

Der Argonlaser eignet sich zur Koagulation oberflächlicher vaskulärer Fehl- und Neubildung wie kapilläre Hämangiome, Teleangiektasien unterschiedlicher Genese und Spider Nävi [12, 86]. Bei zarten oberflächlichen Gefäßen ist aufgrund geringerer Nebenwirkungen dem gepulsten Farbstofflaser mittlerweile der Vorzug zu geben. Der Einsatz des Argonlasers empfiehlt sich dagegen bei etwas dickeren Gefäßen sowie dunkelblauen venösen Malformationen [100, 107]. Erhabene Läsionen können während der Therapie mit einem gläsernen Objektträger flachgedrückt werden.

Pigmentierte Hautveränderungen

Wegen seiner Absorption durch Melanin kann der Argonlaser auch zur Entfernung von pigmentierten Läsionen, wie z. B. seborrhoischen Keratosen, benutzt werden [100, 150]. Auch hier wurde der Argonlaser zum großen Teil von gütegeschalteten Festkörperlasern wie Rubin-, Alexandrit- und Nd:YAG-Laser ersetzt. Als ähnlich in der Wirksamkeit bei vaskulären Läsionen sind der Kupferdampflaser (511 nm und 578 nm) und der Kryptonlaser (568 nm, 530 nm und 520 nm) zu betrachten. Der Kupferdampflaser hat seinen Stellenwert bei Nävi flammei im Erwachsenenalter sowie hypertrophen und nodulären Feuermalen, während er analog zum Argonlaser wenig Erfolg bei kindlichen Feuermalen zeigt [55]. Limitiert wird sein Einsatz auch durch sehr kleine Spottedurchmesser. Dem Kryptonlaser werden im Dauerstrichbetrieb ähnliche klinische Ergebnisse wie dem Argon-, Kupferdampf- und Dauerstrich-Farbstofflaser bescheinigt [55]. Dieser Laser ist auch im gepulsten Modus mit 50 ms Impulsdauer anwendbar. Dadurch werden Nebenwirkungen wie Hypopigmentierungen und Narbenbildungen vermindert [140]. Über gute Ergebnisse bei Teleangiektasien im Gesicht wurde berichtet [140].

Nd:YAG-Laser (1064 nm und 532 nm)

Der Nd:YAG-Laser mit flexiblem Lichtleiter wird hauptsächlich bei endoskopischen Operationen in der Gastroenterologie und Urologie eingesetzt. In der Dermatologie wird mit dem cwNd:YAG eher wenig gearbeitet, zunehmend aber mit gütegeschalteten Geräten der Wellenlängen 1064 nm und 532 nm. Der cw-Nd:YAG der Wellenlänge 532 nm ist besonders zur Therapie nodulärer Feuermale geeignet [97]. Des Weiteren werden dicke und tiefliegende Hämangiome behandelt. Neben der vereinzelt Anwendung zur Entfernung von Kaposi-Sarkomen und epithelialen Tumoren sind mit den neuen gütegeschalteten Systemen

sehr gut verschiedenfarbige Tätowierungen zu therapieren.

Wirkung und Nebenwirkungen

Der kontinuierlich betriebene Nd:YAG-Laser wird vorwiegend von Gewebspigmenten absorbiert [146]. Die Hautoberfläche wird ohne wesentlichen Energieverlust durchdrungen, der Laserstrahl dringt 6-10 mm tief in das Gewebe ein [97, 130]. Es erfolgt eine unspezifische Koagulation, histologisch finden sich epidermale und dermale Nekrosen sowie zerstörte Gefäße mit koagulierten Erythrozyten [95]. Aufgrund der hohen Eindringtiefe und unspezifischen Wirkung ist die Nebenwirkungsrate, insbesondere Narbenbildungen, erhöht [97]. Die gütegeschalteten bzw. langgepulsten Systeme arbeiten dagegen wieder nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse, die Nebenwirkungsrate fällt entsprechend gering aus.

Indikationen

Feuermale

Der kontinuierlich arbeitende Nd:YAG-Laser ist besonders geeignet für Feuermale mit nodulärer Oberfläche und für sehr dunkel-livide Nävi flammei, deren dilatierte Gefäße tief in der Dermis liegen [21, 97]. Eine oberflächliche Karbonisierung kann durch Laserung durch einen transparenten Eiswürfel hindurch vermieden werden. Gleichzeitig ist durch dieses Verfahren ein tieferes Eindringen des Laserstrahls möglich, exophytische Knoten in Feuermalen können leicht komprimiert werden. Durch die unspezifische Gewebereaktion muß allerdings eine erhöhte Gefahr der Narbenbildung in Kauf genommen werden.

Hämangiome

Voluminöse, tiefliegende Hämangiome sind mit dem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser mittels Koagulation gut zu therapieren. Um Haut- oder Schleimhautoberfläche zu schonen, wird der Laserstrahl durch einen Eiswürfel geleitet, mit dessen Hilfe auch gleichzeitig eine Kompression des Hämangioms möglich ist. Sehr tiefliegende Hämangiome werden mittels sonographisch kontrollierter interstitieller cw-Nd:YAG-Lasertherapie behandelt [147].

Tätowierungen

In der Therapie von Laien- und Profitätowierungen, aber auch bei akzidentellen Schmutztätowierungen, werden mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser gute Ergebnisse erzielt. Die gütegeschalteten Systeme haben den gleichen Wirkmechanismus wie der gütegeschaltete Alexandrit- und gütegeschaltete Rubinlaser. Pigmente werden dabei in kleinste Teilchen zersprengt, die teils über die Lymphbahnen, teils transepidermal eliminiert werden. Eine genauere Beschreibung findet sich beim gütegeschalteten Rubinlaser.



Abb. 4 Schmutztätowierung eines 35jährigen Mannes nach Autounfall 1978



Abb. 5 Vollständige Entfernung nach 4 Behandlungen mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (1064 nm)

Schwarzes und blauschwarzes Pigment kann durch den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 1064 nm entfernt werden (Abb. 4 und 5), während sich der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 532 nm besonders gut für gelbes, oranges und rotes Pigment eignet [60, 89, 115]. Zur Tätowierungsentfernung sind mehrere Sitzungen in monatlichen Abständen notwendig [118]. Das Narbenbildungsrisiko ist gering, transiente Hypopigmentierungen treten in bis zu 50% der Fälle auf. Hyperpigmentierungen sind seltener und meist an der Unterarm-Innenseite lokalisiert [89, 118]. Weitere Therapiemöglichkeiten Die Entfernung von Kaposi-Sarkomen durch den cw-Nd:YAG-Laser wurde beschrieben [93]. Über die Entfernung epithelialer Tumoren mit dem cwNd:YAG-Laser wurde ebenfalls berichtet - diese Therapieform sollte wegen fehlender Langzeitergebnisse und in jedem Fall erst nach histologischer Sicherung Ausnahmefällen vorbehalten sein [26]. Epidermale pigmentierte Läsionen wie der Café-au-lait-Fleck, benigne Lentigines und Becker-Nävus sowie auch der Nävus Ota können durch den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 1064 nm entfernt werden [91, 141]. Eine aktuelle Neuentwicklung stellt der frequenzgedoppelte und langgepulste Nd:YAG-Laser der Wellenlänge 532 nm dar. Mit einer Impulsdauer von bis zu 50 ms kann er zur Entfernung von Besenreiservarizen, Teleangiektasien und Feuermalen eingesetzt werden (Abb. 6, 7). Pulslängen zwischen 1 ms und 10 ms werden als besonders geeignet für die Zerstörung von Blutgefäßen angesehen [31]. Der langgepulste Nd:YAG-Laser führt zu selektiver Zerstörung von Blutgefäßen über Thrombosierung, Wandnekrose und perivaskulären Kollagenuntergang. Thermische Effekte auf Epidermis und Dermis sind dagegen gering ausgeprägt [31, 51]. Durch eine kontinuierliche oberflächliche Kühlung der Epidermis während des Laservorgangs werden thermische Schäden weiter minimiert. Im Gesicht treten nach der Behandlung vorübergehende Schwellungen, aber selten purpurische Makulae auf. An den Beinen werden wie beim gepulsten Farbstofflaser vorübergehende purpurische Makulae erzeugt, die allerdings schneller abheilen. Bislang kann noch nicht über Erfolge und Langzeitergebnisse berichtet werden. Erste Erfahrungen in der Therapie von Feuermalen liegen bereits vor [63].

Gütegeschalteter Rubinlaser (694 nm)

Der gütegeschaltete Rubinlaser der Wellenlänge 694 nm (Impulsdauer 25 ns oder 40 ns) eignet sich zur Entfernung von Laien- und Profitätowierungen, Permanent Make-Up, akzidentellen Schmutzeinsprengungen sowie benignen pigmentierten Hautveränderungen. Mit einer langgepulsten Variante des Rubinlasers (270 ns) wurden Versuche der Haarentfernung bei Hypertrichose unternommen [64]. Da die Pulslänge des verwendeten Rubinlasers weit unter der theoretisch zu fordernden Impulsdauer von 10-50 ms lag, wurde eine thermisch bedingte Follikelzerstörung angenommen. Wirkung und Nebenwirkungen Primäre Zielstruktur bei der Entfernung dunkel pigmentierter benigner Hautveränderungen durch den gütegeschalteten Rubinlaser sind die Melanosomen [34, 81, 106, 112]. Es kommt zu mechanisch bedingter Ruptur der Melanosomen, die durch photoakustische Schockwellen und morphologische Zellveränderungen die Auflösung der melanosom-enthaltenden Zellen nach sich zieht [9, 81, 112]. Elektronenmikroskopisch betrachtet kommt es bei Energiedichten über 5 J/cm² zur Ruptur des Zellkerns und zur Entstehung großer intrazytoplasmatischer Vakuolen. Letztendlich führt dies zur Auflösung des Melanozyten bzw. pigmentierten Keratinozyten [34, 81, 112]. Die Nekrose einer großen Anzahl pigmentierter Keratinozyten zieht eine epidermale Nekrose nach sich, die klinisch als Krustenbildung imponiert [81]. Bei der Entfernung von Farbpigmenten und Schmutzpartikeln durch den Rubinlaser kommt es zur Zersprengung in sehr kleine Partikel, die zum großen Teil durch Phagozytose, zum kleineren Teil transepidermal über die Krustenbildung eliminiert werden [18, 138]. Aufgrund dieser selektiven Mechanismen ist das Narbenbildungsrisiko sehr gering. Hypopigmentierungen entstehen in bis zu 50%, sind aber in den meisten Fällen vorübergehend. Hyperpigmentierungen treten eher selten, besonders nach Applikation hoher Energiedichten, auf. Bevorzugt sind dabei die Innenseiten der Unterarme betroffen [2, 46, 90]. Besonders anfällig für nachfolgende Pigmentstörungen sind dunkler pigmentierte Patienten. Indikationen Tätowierungen Durch den gütegeschalteten Rubinlaser werden sehr gute Ergebnisse in der Therapie von schwarzen, schwarz-blauen, blauen und oft auch grünen Tätowierungen erzielt [70, 74, 103, 115, 138]. Laientätowierungen sprechen meist erheblich schneller auf die Lasertherapie an als Profitätowierungen, bei denen andere Pigmente verwendet werden und die Pigmentdichte sehr viel höher ist (Abb. 8, 9). Profitätowierungen benötigen wegen der Farbenvielfalt oft den parallelen Einsatz mehrerer Lasertypen.

Gütegeschalteter Rubinlaser und gütegeschalteter Nd:YAG mit 532 nm können sehr gut nebeneinander eingesetzt werden. Auch Permanent Make-up ist mit dem Rubinlaser zu entfernen. Wegen der Gefahr des Farbumschlags des verwendeten Pigments (oft von Rot nach Grün bei Lippenumrandungen) sollte unbedingt eine Probelasierung erfolgen [10].



Abb. 6 Essentielle Teleangiektasien am Rücken einer 24-jährigen Patientin



Abb. 7 Vollständige Entfernung nach 3 Behandlungen mit dem langgepulsten Nd:YAG-Laser (Versa Pulse(r))

Schmutzeinsprengungen

Akzidentelle Schmutztätowierungen durch Pulver- und Schmaucheinsprengungen, Asphalt-, Holzpartikel und Sand, die nicht oder nur unvollständig nach dem Unfall ausgebürstet wurden, können mit dem gütegeschalteten Rubinlaser behandelt werden [2, 70]. Auch durch Minocyclineinnahme ausgelöste persistierende Hyperpigmentierungen sind mit dem Rubinlaser zu entfernen [92]. In den meisten Fällen wird ein kosmetisch sehr zufriedenstellendes Resultat erzielt.

Benigne pigmentierte Hautveränderungen

Eindeutig benigne pigmentierte Hautveränderungen wie Lentigo simplex, Lentigo senilis, Lippenmelanosis, penile Melanosis, Café-au-lait-Fleck, Becker-Nävus und seborrhoische Keratosen sind mit dem Rubinlaser in vielen Fällen gut zu entfernen. Strukturveränderungen der Haut treten nahezu nie auf, während für Pigmentstörungen ein geringes Risiko besteht [17, 46, 58, 66, 148]. Café-au-lait-Flecken sprechen nicht immer auf die Lasertherapie an. Die besten Erfolge werden im Gesicht erzielt. Auch nach vollständiger Entfernung besteht die Gefahr eines Rezidivs [57]. Dies gilt auch für den Becker-Nävus [58]. In der Therapie des Nävus Ota werden mit dem Rubinlaser gute Ergebnisse erzielt [52, 104, 139, 145]. Pigmentstörungen, meist im Sinne einer Hypopigmentierung, sind nahezu immer transient. Dunkel pigmentierte epidermale Nävi können nach histologischer Sicherung ebenfalls mittels Rubinlaser entfernt werden [19]. Die Behandlung von oberflächlichen Nävuszellnävi und kongenitalen Nävuszellnävi ist mit dem Rubinlaser zwar prinzipiell möglich, sollte aber wegen möglicher pseudomelanomähnlicher Rezidive und fehlenden Langzeiterfahrungen Einzelfällen vorbehalten sein. Bei kongenitalen Nävi wird der Rubinlaser als therapeutische Alternative zu Exzision oder Dermabrasion bereits diskutiert [59, 144]. Unter Studienbedingungen wurden bei kleineren kongenitalen Nävi unter 5 cm Durchmesser gute Erfolge erzielt. Mit partiellen Repigmentierungen muß allerdings gerechnet werden [144].

Hyperpigmentierte Narben

Hyperpigmentierte Verbrennungsnarben werden mit dem gütegeschalteten Rubinlaser erfolgreich behandelt [117].



Abb. 8 Laintätowierung eines 56jährigen Patienten



Abb. 9 Narbenfreie Entfernung nach 6 Sitzungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser

Alexandritlaser (755 nm)

Ein weiterer Festkörperlaser, mit dem sowohl Tätowierungen als auch benigne pigmentierte Hautveränderungen entfernt werden können, ist der gütegeschaltete Alexandritlaser der Wellenlänge 755 nm (Pulsdauer 100 ns). Wirkungsweise und Nebenwirkungsrate entsprechen weitgehend der des gütegeschalteten Rubinlasers. Vorübergehende Hypopigmentierungen treten in etwa 50% auf, Texturänderungen der Haut oder Narben in weniger als 4% [7].

Indikationen

Benigne pigmentierte Läsionen Epidermale Läsionen wie benigne Lentigines und Caffé-auf-lait-Flecken sprechen gut auf den gütegeschalteten Alexandritlaser an [132]. Die Ergebnisse beim Nävus Ota sind denen des Rubinlasers vergleichbar [7], wobei dem Alexandritlaser bei diesen Indikationen gute Ergebnisse, dem Rubinlaser eher sehr gute Ergebnisse bescheinigt werden [33].

Tätowierungen

Im Tierexperiment zeigt der gütegeschaltete Alexandritlaser eine ähnliche gute Entfernung von Tätowierungspigmenten in Meerschweinchenhaut [43]. In menschlicher Haut bewirkt er histologisch sehr ähnliche Veränderungen wie der Rubinlaser [41]. Klinisch allerdings ist der Alexandritlaser in der

Entfernung dunkler Pigmente etwas weniger effektiv als der Rubinlaser oder Nd:YAG-Laser [7, 131]. Der Alexandritlaser ist von allen drei Lasersystemen am besten zur Entfernung grünen Tätowierungspigments geeignet [132]. Ein Alexandritlaser im langgepulsten Modus (20 ms) wird seit Neuestem zur Haarentfernung eingesetzt.

CO₂-Laser (10600 nm)

Der CO₂-Laser eignet sich bei defokussierter Anwendung zur superfiziellen Vaporisation, bei fokussiertem Strahl und hohen Leistungsdichten als sog. Lichtskalpell zum blutarmen chirurgischen Arbeiten. Durch das Vorschalten von Scannern oder Verwendung von Lasern im Superpuls- und Ultrapulsmodus ist es möglich geworden, sehr dünne Hautschichten flächenhaft und narbenfrei abzutragen. Folgende moderne gepulste CO₂-Lasersysteme werden dabei verwendet: Der SilkTouch FlashScan(r) ist ein Dauerstrich CO₂-Laser, dessen Strahl eine schnelle spiralförmige Bewegung ausführt [73]. Problematisch ist bei diesem System die nicht ganz gleichmäßige Hautablation sowie ungewollte Überlappungen während der Behandlung [98]. Der ClearPulse(r) Laser, ein gepulster CO₂-Laser, arbeitet mit Impulsen von 6 ms Dauer. Trotz der relativ langen Impulsdauer sollen thermisch bedingte Schädigungen des Gewebes kaum auftreten [129]. Der Sharplan 150XJ SurgiPulse(r), ebenfalls ein gepulster CO₂-Laser, emittiert gedoppelte Impulse, die zusammen eine Energie bis zu 500 mJ erreichen. Durch die Addition zweier Einzelimpulse wird die Impulsdauer etwa doppelt so lang wie die Impulsdauer des UltraPulse(r) Lasers [129]. Im folgenden wird auf den UltraPulse 5000 C(r), einen ultragepulsten CO₂-Laser mit Impulslängen zwischen 0,6 ms und 0,9 ms, näher eingegangen. Haupteinsatzgebiete dieses Lasers sind die Glättung feiner Gesichtsfalten und Aknenarben im Rahmen des sog. Skin Resurfacing. Des Weiteren können benigne dermale Tumoren, Virusakanthome, seborrhoische Keratosen, aktinische Präkanzerosen, aktinische Cheilitis, Xanthelasmen und Syringome entfernt werden [40].

Wirkung und Nebenwirkungen

Die Strahlung des CO₂-Lasers wird von Gewebsflüssigkeit absorbiert, wodurch eine tiefere Penetration in die Haut verhindert wird [86]. Es erfolgt eine unspezifische Koagulation und Vaporisation des Gewebes durch Erhitzen und Verdampfen intrazellulärer Flüssigkeiten. Pigmentierung und Vaskularisierung spielen dabei im Gegensatz zu anderen gepulsten bzw. gütegeschalteten Lasersystemen keine Rolle [40, 42, 86]. Um eine maximale Vaporisation bei gleichzeitiger minimaler thermischer Schädigung des Gewebes zu erreichen, muß die Vaporisation möglichst mit einem einzigen Impuls erfolgen. Diese Anforderungen werden von den modernen gepulsten CO₂-Lasersystemen weitgehend erfüllt [82]. Die Tiefe der Vaporisationszone ist dabei der Pulsenergie direkt proportional. Die Tiefe der thermisch bedingten Nekrosezone beträgt das 2-4fache der sichtbaren Eindringtiefe des Lasers [82, 153]. In menschlicher Haut hinterläßt der ultragepulste CO₂-Laser UltraPulse 5000 C® bei mittlerer Pulsenergie beim ersten Durchgang eine Schädigungszone von 20 ^am, beim zweiten Durchgang von 40 ^am und beim dritten Durchgang von 70 ^am [88]. Außer der mechanischen Abtragung ist eine weitere Wirkung des ultragepulsten CO₂-Lasers wichtig für den kosmetischen Erfolg der Therapie: das sog. Kollagen-Shrinking, bei dem es zur hitzebedingten Kontraktion der Kollagenfibrillen und damit zur Hautstraffung kommt [44]. Nach Abheilen der Krusten kommt es beim ultragepulsten CO₂-Laser zu einem mindestens 6 Wochen lang anhaltendem Erythem, das in manchen Fällen auch länger als 4 Monate anhalten kann [44]. Die Gefahr der Narbenbildung durch thermische Schäden ist durch die extrem kurze Impulsdauer des ultragepulsten CO₂-Lasers, die unter der thermischen Relaxationszeit der Haut liegt, sehr gering [40, 44, 143]. Vereinzelt wird über hypertrophe Narbenbildung berichtet - so in einem Fall über eine kleine hypertrophe Narbe an der Oberlippe sowie in einem anderen Fall über eine Verhärtung am Lippenrottrand nach perioralem Skin Resurfacing [44]. Das Narbenbildungsrisiko hängt scheinbar von der Tiefe der Laserabtragung sowie der anatomischen Lokalisation ab - mehrere aufeinanderfolgende Durchgänge beim Skin Resurfacing, insbesondere perioral, erhöhen diese Gefahr [44, 149]. Eine häufigere Nebenwirkung ist die postinflammatorische Hyperpigmentierung, die besonders bei dunklen Hauttypen und Sonnenexposition in

bis zu 30% auftritt [102, 143, 149]. Die Hyperpigmentierungen sind fast immer transient, wobei eine schnellere Besserung durch Lokalthherapie mit Hydrochinon, auch in Verbindung mit Glycolsäure, Vitamin-A-Säure, Azelainsäure und Hydrocortison beschrieben wird [143, 149]. Von bleibenden Hypopigmentierungen wird in letzter Zeit v. a. bei Patienten mit Hauttyp III nach Fitzpatrick vermehrt berichtet [23], wobei der Grund in einer zu tiefreichenden Ablation der Haut zu suchen ist. Bleibende Hypopigmentierungen wurden bisher nicht beschrieben, während Bernstein [23] über persistierende Hypopigmentierungen nach Skin Resurfacing mittels gepulsten CO₂-Lasers in 16,3% berichtet, die erst 3-10 Monate postoperativ auftraten. Die Nebenwirkungen der CO₂-Lasertherapie entsprechen in diesen Fällen denen des tiefen chemischen Peelings. Bei vorsichtiger Arbeitsweise dagegen treten persistierende Hypopigmentierungen weit weniger häufig auf als nach Dermabrasion oder tiefem chemischen Peeling [82]. Dem posttherapeutischen Ausbrechen eines Herpes labialis kann durch prä- und perioperative Gabe von Aciclovir begegnet werden.

Indikationen

Gesichtsfalten

Feine Gesichtsfältchen, besonders perioral und periorbital, können mit dem ultragepulsten CO₂-Laser gut behandelt werden (Abb. 10, 11) [39, 44, 54, 85]. Tiefe Falten wie Mimikfalten an der Stirn oder Nasolabialfalten sind dagegen weniger gut therapierbar [82, 113]. Kleinere Areale können manchmal nach systemischer Gabe eines mittelstark wirksamen Analgetikums ohne Lokalanästhesie therapiert werden. Bei Behandlung größerer Areale empfiehlt sich eine Analgosedierung durch einen Anästhesisten oder Nervenblockaden [6, 44, 82]. Peri- und postoperativ wird eine Herpes-Prophylaxe mit Aciclovir sowie von manchen Autoren eine systemische Antibiose empfohlen [102]. Eine lokale Therapie mit Aureomycin-Salbe kann ebenfalls durchgeführt werden [113]. In der postoperativen Phase wird außerdem die Anwendung östrogen- und tretinoinhaltiger Externa empfohlen [113]. Ebenfalls verwendet werden Gesichtsmasken auf Hydrokolloidbasis, die mehrere Tage nach dem Eingriff als Verband benutzt werden. Offen bleibt zunächst noch die Frage, wie lange der Erfolg des Skin Resurfacing anhält. Langzeitergebnisse stehen noch aus. Ferner ist noch zu klären, welche Rolle das Kollagen-Shrinking für den Erfolg der Behandlung spielt und ob die dosierte thermische Schädigung oder die Abtragung der Hautschichten die entscheidende Rolle spielt. Weitere Indikationen Aknenarben können alternativ zur Dermabrasion mit dem ultragepulsten CO₂-Laser therapiert werden. Auch kraterförmige Varizellenarben lassen sich so bessern. Erfolgt die Laserbehandlung innerhalb von 6-10 Wochen nach der Varizelleninfektion, sind die Ergebnisse besser als zu einem späteren Zeitpunkt [82]. Postoperative und traumatisch entstandene Narben sind ebenfalls in möglichst frischen Stadien mit dem ultragepulsten CO₂-Laser erfolgreich zu behandeln [80]. Bei tief eingesunkenen oder stark hypertrophen Narben sind mehrere Sitzungen erforderlich. Als weitere Indikation gilt die aktinische Cheilitis, bei der meist ein Durchgang mit dem ultragepulsten CO₂-Laser genügt [80, 82]. Die Abheilung erfolgt in etwa 10 Tagen, während nach konventioneller CO₂-Laserung der Heilungsprozeß meist 4 Wochen benötigt [30]. Gut behandelbar sind außerdem aktinische Keratosen, epidermale Nävi, Syringome und Xanthelasma [82].

Erbium-YAG-Laser (2940 nm)

Ein weiterer gewebeabtragender Laser ist der gepulste Erbium-YAG-Laser, der im mittleren Infrarotbereich arbeitet. Sein Indikationsspektrum ist ähnlich wie das des ultragepulsten CO₂-Lasers. Besonders geeignet ist er für die vorsichtige Entfernung sehr oberflächlicher Läsionen und Hautveränderungen in besonders schwieriger Lokalisation, z. B. Syringome der Augenlider [87].

Wirkung und Nebenwirkungen

Eine extrem kurze Impulsdauer von 0,2 ms und hohe Impulsenergien bis 1700 mJ erlauben eine explosive Gewebeabtragung mit minimalen thermischen Schäden [72, 87]. Mit dem gepulsten Erbium-YAG-Laser werden feinste Hautschichten von 5-15 μ m abgetragen [82], wobei allerdings der thermische Effekt so

gering ist, daß keine Blutstillung erreicht werden kann. Tritt erst einmal eine Blutung auf, ist eine weitere Abtragung mit dem Erbium-YAG-Laser nicht mehr möglich, da die Energie vollständig vom Blut absorbiert wird [82]. Nachteilig ist bei der Behandlung von Fältchen das Fehlen des hitzebedingten Kollagen-Shrinkings. Durch die sog. kalte Ablation wird neben der kontrollierten, feinsten Abtragung von Hautschichten auch das Narbenrisiko und die Schmerzhaftigkeit gesenkt [72, 87]. Der Erbium-YAG-Laser ist ideal zur Narbenbehandlung, da die laserbedingten Schäden schneller abheilen und die Behandlung weniger schmerzhaft also beim CO2-Laser ist.



Abb. 10 54jährige Patientin mit perioraler Faltenbildung



Abb11 ...nach einmaliger Behandlung mit dem Ultrapuls-CO2-Laser

Hochenergetische gepulste Blitzlampe

Der Vollständigkeit halber sollen noch das Photoderm VL(r) bzw. Epilight(r) kurz angesprochen werden, obwohl es sich bei diesen Geräten nicht um Laser handelt. Photoderm VL(r) und Epilight(r) sind hochenergetische gepulste Lichtsysteme mit nichtkohärentem Licht und breitem Wellenlängenspektrum. Das Photoderm VL(r) ist zur Behandlung benigner vaskulärer Läsionen unterschiedlicher Tiefe und Ausdehnung geeignet [116]. Es kann versucht werden, Feuermale, die auf verschiedene Lasersysteme nicht angesprochen haben, mit diesem Gerät zu therapieren [114]. Weiterhin sind gute Ergebnisse in der Behandlung von essentiellen Teleangiektasien im Gesicht und am Stamm beschrieben [71]. Beim Photoderm VL(r) entstehen weniger purpurische Makulae als beim gepulsten Farbstofflaser, was gerade bei rein kosmetischen Indikationen auf größere Akzeptanz stößt. Das Wirkprinzip der hochenergetischen Blitzlampe entspricht dem der gepulsten Laser (selektive Photothermolyse). Oberflächliche, kleine Blutgefäße werden mit kurzen Impulsen und kürzeren Wellenlängen behandelt, während für dickere, tiefliegendere Gefäße längere Impulse und höhere Wellenlängen benötigt werden [120]. Aufgrund unterschiedlichster möglicher Parameterwahl gestaltet sich die Handhabung der hochenergetischen Blitzlampen als sehr anspruchsvoll. Bei unsachgemäßer Handhabung und fehlender Erfahrung des Anwenders kann es zu erheblichen Nebenwirkungen wie Krusten- und Blasenbildung, Erosionen und Verbrennungen mit nachfolgender narbiger Abheilung kommen. Hyperpigmentierungen sind meist die Folge zu hoher Energiedichten, während Hypopigmentierungen besonders bei dunkler pigmentierten Patienten auftreten [116]. Eine weitere Therapiemöglichkeit des Photoderm VL(r) ist die Haarentfernung bei Hypertrichose [119]. Als Weiterentwicklung ist das speziell für die Epilation konzipierte Epilight(r) zu nennen. Über Ergebnisse und Langzeiterfolge sind prospektive Studien in Vorbereitung.

Schlußfolgerungen

Durch die zunehmende Weiterentwicklung der Lasertechnologie in der Dermatologie sind bei vielen Indikationen erhebliche Verbesserungen der therapeutischen Möglichkeiten erreicht worden. Mit Hilfe moderner Lasersysteme ist die Therapie - korrekte Indikationsstellung und Behandlung vorausgesetzt - mit wenig Nebenwirkungen verbunden. Von Feuermalen abgesehen, deren erfolgreiche Behandlung durch die Lasertechnik erst möglich geworden ist, gibt es für sehr viele Indikationen der Lasertherapie auch Alternativmethoden, die sorgfältig erwogen werden sollten. Dies gilt nicht zuletzt auch in Bezug auf Wirtschaftlichkeit. Trotz aller Erfolge in der Lasertherapie sollte immer auch die Warnung eines Pioniers der Lasertherapie, Leon Goldman, bedacht werden: "If you don't need a laser, don't use one".

(Literatur beim Verfasser)

Copyright (c) 1997-2002 PD Dr. med. Christian Raulin. Alle Rechte vorbehalten.
Fragen, Anregungen und Kritik bitte an den [Webmaster](#).

Letzte Änderung: Freitag, 07. Juli 2000
[Webdesign und Pflege by ISD](#)

[Homepage](#)

[Seitenanfang](#)