

Gepulster Farbstofflaser – Einsatzgebiete in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin

Susanne Roos, S. Karsai, S. Hammes, P. Boixeda, C. Raulin

Einleitung

Seit fast 20 Jahren wird der gepulste Farbstofflaser in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin mit großem Erfolg eingesetzt und gilt für viele Indikationen (Feuermale, initiale Hämangiome, essenzielle Teleangiectasien) als Therapiestandard (1).

Für zahlreiche andere Indikationen wird er zwar mit zum Teil großem Erfolg, nicht aber als Methode der Wahl eingesetzt. Es existieren vielfach nur Fallberichte. Hier muss die Wirksamkeit erst noch an größeren Fallzahlen genauer evaluiert oder publik gemacht werden.

Ziel der Arbeit ist es, eine Übersicht aktueller Erkenntnisse bei den etablierten Indikationen zu geben sowie andere Indikationen (vaskuläre und virale Erkrankungen, entzündliche Dermatosen, Erkrankungen des Bindegewebes, kosmetische Einsatzgebiete) hinsichtlich ihrer Eignung zur Behandlung mit dem Farbstofflaser zu diskutieren und zu bewerten.

Dies geschieht aus didaktischen Gründen durch eine Aufteilung in vaskuläre und nicht-vaskuläre Hautveränderungen

Wirkprinzip

Das Wirkprinzip des gepulsten Farbstofflasers beruht einerseits auf dem Prinzip der selektiven Photothermolyse (2), das heißt einer gezielten Schädigung von bestimmten, in der Haut gelegenen Strukturen ohne Schädigung



Abb. 1a und b: a) Initiales Hämangiom – Ausgangsbefund. b) Zustand nach einer Sitzung

der darüber liegenden Hautschichten. Andererseits basiert der Effekt auch auf derzeit noch nicht geklärten, zum Beispiel immunmodulierenden Mechanismen.

Die Parameter des Lasers können variiert und in gewissen Grenzen der Zielstruktur angepasst werden. Die Impulsdauer reicht von 0,35–40 ms. Es kommen Sondengrößen bis 12 mm Ø zum Einsatz. Durch protektive Kühlsysteme konnte in den vergangenen Jahren die Energiedichte und damit die

Effektivität bei gleichzeitig reduzierten Begleitreaktionen gesteigert werden.

Am häufigsten werden derzeit Farbstofflaser der Wellenlängen 585 nm und 595 nm therapeutisch genutzt. Leider sind die Einsatzmöglichkeiten durch die relativ geringe Eindringtiefe dieser Wellenlängen von maximal 1,5 mm auf oberflächliche Strukturen beschränkt (3).

Als Begleitreaktionen bei der Therapie mit Farbstofflasern treten abhängig

von Lokalisation, Energiedichte, Hauttyp und Pulszeit Erytheme, Ödeme, Purpura, Krusten, Blasen, Hyper- oder Hypopigmentierungen auf.

Vaskuläre Indikationen

Indikationen, für die der gepulste Farbstofflaser als Goldstandard gilt

Die Therapie von Feuermalen, initialen Hämangiomen (Abb. 1a u. b), sowie essenziellen Teleangiektasien mit dem Farbstofflaser wurde in der Literatur ausgiebig beschrieben und wird aus diesem Grund nur hinsichtlich aktueller, neuer Ergebnisse bewertet.

Essenzielle Teleangiektasien des Gesichts

Die Behandlung von essenziellen Teleangiektasien und Spider naevi (Abb. 2a–c) mit dem Farbstofflaser gilt seit langem als einfache und sichere Methode. Auch beim Ulerythema ophryogenes lassen sich durch den Farbstofflaser deutliche Verbesserungen der Ruberosis (Abb. 3a u. b) erreichen.

Da als Begleitreaktion je nach Stärke der Behandlung eine für den Patienten, der sich meist aus kosmetischen Gründen behandeln lässt, teilweise lästige Purpura auftritt, wird in der Literatur zunehmend die Effektivität der Behandlung ohne Purpura diskutiert. Alam et al. behandelten 11 Patienten in je einem Areal $1,0 \text{ J/cm}^2$ unter und $0,5 \text{ J/m}^2$ oberhalb der individuellen Purpuraschwelle ($8,5\text{--}10 \text{ J/m}^2$, 595 nm , 10 ms , Cryogen-Kühlung). Die Autoren konnten eine Clearance bei beiden Einstellungen feststellen, wobei diese vor allem bei größeren Teleangiektasien oberhalb der Purpuragrenze besser war (4).

Bei der Behandlung mit dem gepulsten Farbstofflaser hat sich der Einsatz von Kühlmethode etabliert. Wir behandelten je drei Areale (1: ohne Kühlung, 2: Luftkühlung bis 20°C Hauttemperatur, 3: Luftkühlung bei 17°C Hauttemperatur) bei 17 Patienten einmalig mit $3,5 \text{ J/m}^2$ (585 nm , $0,45 \text{ ms}$, 10 mm). Es



Abb. 2a–c: Spider naevus – Ausgangsbefund. b) Zustand direkt nach Therapie. c) Zustand drei Wochen nach einer Sitzung



Abb. 3a und b: a) *Ulerythema ophryogenes* – Ausgangsbefund. b) Zustand ein Jahr nach Therapie (2 Sitzungen)

zeigte sich, dass durch die Luftkühlung eine signifikante Reduktion von Purpura und Schmerz bei leicht herabgesetzter Clearance erreicht werden konnte. Aus diesem Grund empfehlen wir für die Behandlung mit Luftkühlung 20 °C als optimale Einstellung (5).

Insgesamt erfordern die Gefäße variable Einstellungen je nach Lumen, wobei längere Impulszeiten bessere Effekte bei dickeren Gefäßen zeigen.

Hämangiome

Batta et al. untersuchten anhand von 121 so genannten unkomplizierten kindlichen Hämangiomen den Effekt von früher Farbstofflaserbehandlung im Gegensatz zur »wait and see«-Strategie. Die Behandlung erfolgte bei 60 Kindern mit dem Farbstofflaser und einem Nachbeobachtungszeitraum von einem Jahr. Zum Einsatz kamen Energiedichten von 6–7,5 J/cm² und Impulszeiten von 0,45 ms (585 nm, 3–5 mm). Es wurde in zwei- bis vierwöchigen Abständen behandelt bis die Hämangiome verschwunden waren beziehungsweise bis ein Wachstumsstillstand erreicht wurde. Mit dem Laser behandelte Kinder zeigten mehr Hautatrophie und Hypopigmentierungen als unbe-

handelte Kinder. Nur die Rötung der Hämangiome konnte positiv durch den Laser beeinflusst werden. In der Clearance, der Komplikationsrate und den Regressionszeichen zeigte sich in beiden Gruppen kein Unterschied (6). Diese Ergebnisse lösten zum Teil heftige Diskussionen aus. *Hohenleutner* et al. befürworten weiterhin die möglichst frühe Behandlung initialer Hämangiome mit Kryo- beziehungsweise Lasertherapie als einfache und minimal-invasive Methode. Sie kommen zu wesentlich geringeren Prozentangaben für Hyperpigmentierung und Narben (7% und 4% im Gegensatz zu 45% und 28% bei Batta et al.) (7). Auch *Maier* und *Donath* kommen zu anderen Ergebnissen. Sie berichten davon, dass nur in Ausnahmefällen mehr als drei Behandlungen nötig sind beziehungsweise durchgeführt werden und vermuten, dass der hohe Anteil an Begleitreaktionen im Wesentlichen auf die Häufigkeit der Sitzungen zurück zu führen ist. Die Autoren sind der Meinung, dass auch ein Prozentsatz von 30% an kompletter Clearance eine Lasertherapie rechtfertigt (8). *Kolde* bemängelt, dass der Aspekt des richtigen Zeitpunkts bezüglich der Gefäßdicke in der Studie von *Batta* nicht berücksichtigt wurde (9).

Hohenleutner et al. konnten bei ihrer Studie an 617 Hämangiomen (548 Kinder) einen Wachstumsstopp in 97% der Fälle erreichen. In insgesamt 14% kam es zu kompletter Remission, mit hoher Regressionsrate für kleine oberflächliche (43%) und oberflächliche (19%) Hämangiome. Es wurde mit Energiedichten zwischen 5 und 10 J/cm² (585 nm, 0,45 ms, 5 und 7 mm) mit durchschnittlich 2,5 Sitzungen behandelt (1–12 Sitzungen) (10).

225 Hämangiome von 165 Kindern wurden von *Poetke* et al. mit dem Farbstofflaser behandelt (585 nm, 0,3 ms, 5–7 J/cm², 5 mm). Hierbei wurde in drei Gruppen unterteilt: 1. kutane Hämangiome, 2. gemischt kutan-subkutane Hämangiome, 3. kutane Residuen ausgedehnter Hämangiome in der Regressionsphase. Bei 34% der ersten Gruppe konnte eine vollständige Remission erreicht werden. In 21% der Fälle konnte allerdings die Entwicklung eines subkutanen Anteils nicht verhindert werden. Die gemischten Hämangiome ließen sich nicht vollständig rückbilden. Bei 61% wuchs der subkutane Anteil weiter. Bei den restlichen 39% der Fälle blaste der kutane Anteil ohne Veränderung des subkutanen Anteils ab. Es wurde bei 61% der gemischten Hämangiome die Therapie wegen Wachstums abgebrochen und mit dem Nd:YAG-Laser weiterbehandelt. Die besten Ergebnisse zeigten die Hämangiome der 3. Gruppe. Hier kam es bei 67% zu einer vollständigen Abblassung. Als Begleitreaktion traten Krustenbildung, teils kleine Bläschen und transiente Hypo- beziehungsweise Hyperpigmentierung (4 bzw. 1%) auf (11).

Chang et al. verglichen in ihrer Studie bei 164 Patienten über einen Zeitraum von 8 Jahren den Lasereinsatz mit Cryogen-Spray-Kühlung im Gegensatz zur Lasertherapie ohne Kühlung. Es konnten mit Kühlung höhere Energiedichten (9–10 J/cm² statt 5,5–8 J/cm²; 585 nm, 0,45 ms) eingesetzt werden, woraus sich eine deutliche Reduktion der Dicke ergab. Außerdem waren weniger Sitzungen nötig (12).

Wir untersuchten den Effekt des Farbstofflasers (585 nm, 0,3–0,45 ms, 5,3–6,8 J/cm², 7 mm) gegenüber dem frequenzgedoppelten Nd:YAG-Laser (532 nm, 50 ms, 20 J/cm², 5 mm) bei 50 Kindern mit 62 superfiziellen Hämangiomen. Bei einer Wachstumshemmung nach durchschnittlich drei Sitzungen von 93% (Farbstofflaser) gegenüber 70% (Nd:YAG-Laser) zeigte sich eine signifikant bessere Effektivität des Farbstofflasers (13).

Unserer Erfahrung und der der meisten Kollegen nach, ist der Farbstofflaser zur Behandlung von initialen oberflächlichen Hämangiomen als einfache, sichere und schmerzarme Therapie sehr gut geeignet. Bei gemischten Hämangiomen bevorzugen wir die Kontaktkryotherapie. Sollte bei ausgedehnten Hämangiomen mit tiefem Anteil eine Therapie nötig sein, kann mit dem Nd:YAG-Laser intraläsional behandelt werden.

Naevus flammeus

Der Einsatz des Farbstofflasers (585 oder 595 nm, 0,45–10 ms) gilt für Feuermale als Methode der Wahl (14).

Wir untersuchten bei 15 Patienten die Effektivität drei verschiedener Lasereinstellungen: (1) 585 nm, 0,5 ms, 5,5 J/cm²; (2) 595 nm, 0,5 ms, 5,5 J/cm²; (3) 595 nm, 20 ms, 13 J/cm². Nach einmaliger Behandlung der vorher unbehandelten Feuermale kam es zu einer signifikant besseren Clearance für die Einstellung mit 585 nm gegenüber 595 nm, allerdings waren auch die Begleitreaktionen erhöht. Es zeigte sich eine positive Korrelation zwischen Stärke der Begleitreaktion und Verbesserung der Hautveränderung (15).

Lanigan und *Taibjee* attestierten der zweiten Generation des gepulsten Farbstofflasers mehr Möglichkeiten der effektiven Behandlung, zum Beispiel auch therapieresistenter Feuermale (16). Es kommen längere Wellenlängen, längere Impulszeiten und höhere Energiedichten zum Einsatz. Darüber hinaus werden verschiedenste Kühlmethoden angewandt, um höhere Energiedichten mit geringeren Begleitreak-

tionen zu erreichen (17–20). Auch scheint der Einsatz von mehrfachen Durchgängen mitunter Vorteile zu bringen (21).

Trotz fortentwickelter Technik gibt es leider weiterhin therapieresistente Feuermale. Ein prognostischer Faktor, um vorher abschätzen zu können, wie gut der Naevus flammeus auf eine Behandlung anspricht beziehungsweise welche Parameter sinnvoll wären, gibt es derzeit nicht. Anatomische Lokalisation, Farbe, Größe, Dicke und Alter scheinen eine Rolle zu spielen (22, 23). *Selim* et al. konnten in einer mikroskopischen Studie einen Zusammenhang zwischen Blutgefäßdicke und Ansprechen auf die Lasertherapie aufzeigen (24). Weil kleine Gefäße schlechter als größere ansprechen, versuchten *Svaasand* et al. durch eine Durchblutungssteigerung mittels Blutdruckmanschette das Lumen der Gefäße von Feuermalen am Unterarm (bei 4 Patienten) zu erhöhen. Hierbei resultierte eine Verstärkung der Purpura bei Einsatz der Blutdruckmanschette beziehungsweise ein Auftreten der Purpura bei niedrigeren Energiedichten und eine Verbesserung der Clearance (25).

Weitere vaskuläre Indikationen

Angiofibrome

In einer Studie von *Hoffmann* et al. wurde ein Patient mit 7 J/cm² (0,45 ms, 585 nm, 5 mm) therapiert. Nach der zweiten Behandlung war die Läsion vollständig abgeheilt (26). Die Autoren berichten über weitere, derzeit nicht veröffentlichte, erfolgreiche Behandlungen von drei anderen Patienten.

Papadavid et al. verglichen anhand von 29 Patienten mit Angiofibromen bei tuberöser Sklerose die Effektivität von CO₂- und Farbstofflaser. Es zeigten sich gute Ergebnisse nach ein bis zwei Sitzungen, manche Patienten benötigten allerdings bis zu sechs Sitzungen (6,5–8,5 J/cm², 0,45 ms, 5–7 mm). Als Begleitreaktion trat hier lediglich ein Erythem auf. Besonders gute Ergebnisse lieferte die Kombination von CO₂- und Farbstofflaser (27).

Für die erythematöse Komponente bei Angiofibromen oder auch für initiale Tumoren ist der gepulste Farbstofflaser sicher eine geeignete Methode. Vorteil gegenüber der CO₂-Laserbehandlung sind die geringeren Begleitreaktionen. Ansonsten sollte von Fall zu Fall entschieden werden, welche Methode, beziehungsweise ob eine Kombination sinnvoll ist.

Besenreiser

Bei der Laserbehandlung von Besenreisern ist prinzipiell eine Wellenlänge notwendig, bei der die Eindringtiefe ausreichend und gleichzeitig eine hohe Absorption des Hämoglobins gegeben ist, um mit genügend hoher Energie eine Koagulation im Gefäß ohne Schädigung der umliegenden Strukturen oder der Haut zu erreichen (28). Bei folgenden Studien wurde mit einer Wellenlänge von 595 nm behandelt:

Kono et al. zeigte anhand von 14 Patienten mit 38 Arealen eine Clearance von 100% (Besenreisern < 0,2 mm). Bei einem Durchmesser von 0,2–1 mm lag die komplette Verbesserungsrate nur bei 13%, die partielle bei 78% und bei 1,1–2 mm (partielle Clearance) bei 22%. Es gab keine Besenreiser, die überhaupt nicht ansprachen. Behandelt wurde mit Energiedichten von 10–20 J/cm² und Impulszeiten von 1,5–20 ms je nach Gefäßdurchmesser. Als Begleitreaktion traten transiente, aber teilweise Monate anhaltende Hyperpigmentierungen auf (29).

Hsia et al. verglichen bei der Impulsdauer von 1,5 ms (2 x 7 mm Handstück, Gelfolienkühlung) die Energiedichten 15 und 18 J/cm². Es konnte eine Clearance von > 50% in 53% (15 J/cm²) beziehungsweise 64% (18 J/cm²) erzielt werden. Behandelt wurden 20 Patienten mit Gefäßdurchmessern von 0,6–1,0 mm (30).

Bei gleicher Impulsdauer von 1,5 ms zeigte die Studie von *Bernstein* et al. anhand von 10 Patienten bei Vergleich der Energiedichten 15 und 20 J/cm² eine Clearance von 90% für 20 J/cm² im Gegensatz zu 76% für 15 J/cm² (31).

40 Patienten wurden von *Alora et al.* mit Energiedichten von 16 und 20 J/cm² bei 4 ms und 14–16 J/cm² und 1,5 ms behandelt. Es kam zu »wenig bis keiner Verbesserung« in 33–50% der Fälle. Auch bei Vergleich der verschiedenen verwendeten Handstücke (2 x 7 mm, 3 x 5 mm und 5 mm) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (32).

Ebenfalls 40 Patienten wurden von *Tanghetti et al.* mit Energiedichten < 16 J/cm² (unterhalb Purpuraschwelle), 40 ms und Luftkühlung behandelt. Eine Verbesserung von 75% erreichten 80% der Patienten, nach der zweiten Sitzung erzielten 70% eine Clearance von 75–100%. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass eine subpurpurische Behandlung keine akzeptable Einzelsitzungserfolgschance erbringt, sondern mehrere Sitzungen nötig sind (33).

Die Studie mit dem größten Patientenkontinuum wurde von *Hohenleutner et al.* vorgestellt. Es wurden 75 Patienten mit 232 Läsionen einmalig bei einer Wellenlänge von 595 und 600 nm behandelt, wobei sich 595 nm als die effektivste erwies. Es wurden Energiedichten von 13–18 J/cm² (1,5 ms) und ein 2 x 7 mm Handstück mit Gelfolienkühlung eingesetzt. Die Clearance lag bei Besenreisern < 0,5 mm bei 74% und bei 0,5–1 mm großen Gefäßen bei 33%. Als Begleitreaktionen traten Purpura, Ödem für zwei Tage und Krustenbildung mit Abheilungsdauer von zwei bis drei Wochen auf. Bei dunklen Hauttypen traten eher Blasen und Krusten, bei hellen Hauttypen kam es zu Hypo- und Hyperpigmentierungen (in 30–34% der Fälle). Die Autoren konnten eine positive Korrelation zwischen gutem Ergebnis und stärkerer Hyperpigmentierung herstellen (34).

Die Therapie der Besenreiservarizen mit dem Farbstofflaser stellt sich zusammenfassend weiterhin als schwierig da, da die Begleitreaktionen, vor allem langanhaltende Hypo- und Hyperpigmentierungen, den limitierenden Faktor darstellen. Die Bewertung der Ergebnisse fällt unterschiedlich

aus. Ein Faktor der unterschiedlichen Therapieerfolge könnten Kühlmethoden sein, über deren Einsatz sich leider nur unzureichende Angaben finden. Oberflächliche Besenreiser unter 0,5 mm, oder besser noch unter 0,2 mm, erzielen die besten Ergebnisse. Bei Gefäßen > 1 mm Durchmesser sind Besenreiser für eine Therapie mit dem Farbstofflaser zum momentanen Zeitpunkt nicht geeignet.

Erythrosis interfollicularis colli Geronemus zeigte eine Verbesserung der Rötung um bis zu 95% bei drei Patienten nach vier Sitzungen (585 nm, 0,45 ms, 6–7 J/cm²), wobei als Begleitreaktion Purpura für 7–10 Tage auftrat (35).

Über eine gleichzeitige Verminderung der Gefäße und ungleichmäßigen Pigmentierung nach mehreren Sitzungen berichteten *Wheeland* und *Applebaum*. Es kamen Energiedichten von 5–6 J/cm² (0,35 ms) zum Einsatz, wobei die resultierende Purpura 10 Tage anhielt (36).

Goldman und *Fitzpatrick* konnten wechselnde Erfolge bei der Behandlung mit dem Farbstofflaser feststellen (37). Die Studien beschreiben akzeptable Erfolge, aber auch langanhaltende Begleitreaktionen wie Hyper-/Hypopigmentierungen, fleckigen Hautbefund und gelegentlich Narben.

Aus unserer klinischen Erfahrung empfehlen wir eine Energiedichte von 3,2–3,6 J/cm² bei 0,5 ms (585 nm, 12 mm) und mehrere Durchgänge während einer Sitzung.

Granuloma faciale

In den letzten Jahren wurden fünf Fallstudien veröffentlicht, die die erfolgreiche Behandlung des Granuloma faciale mit dem Farbstofflaser zeigen. So konnten *Chatrath* und *Rohrer* (38) nach drei Sitzungen (595 nm, 9,5–12 J/cm², 3 ms), *Elston* (39) ebenfalls nach drei Sitzungen (595 nm, 6,5–7 J/cm²) und *Ammirati* und *Hruza* (40) nach zwei Sitzungen (585 nm, 8–8,5 J/cm², 0,45 ms) vollständige Remission erzie-

len. *Welsh et al.* erreichten mit Einsatz von zwei Farbstofflasern (8 Sitzungen mit 585 nm, 6,5–7,5, 0,45 ms – danach 1 Sitzung mit 595 nm, 12 J/cm², 1,5 ms) Remission (41).

Wir konnten ebenfalls nach drei Sitzungen (585 nm, 0,45 ms, 6,5 J/cm²) eine komplette Abheilung bei einem Patienten beobachten (42).

Bei allen Fallstudien trat kein Rezidiv für die unterschiedlichen Nachbeobachtungszeiträume von vier Wochen bis zu sechs Jahren auf.

Zusammenfassend ist der gepulste Farbstofflaser eine sinnvolle Indikation zur Behandlung des Granuloma faciale.

Granuloma pyogenicum

Tay et al. konnten bei 20 von 22 Patienten mit ein bis drei Sitzungen eine komplette Remission ihres Granuloma pyogenicum erzielen. Behandelt wurde in zweiwöchigen Abständen mit einer Energiedichte von 6–7 J/cm² (585 nm, 0,45 ms, 5 mm). Bei zwei Patienten konnte auch nach mehreren Sitzungen keine Heilung erreicht werden. Beide Patienten hatten größere Granulomata (0,5 und 1 cm Durchmesser) (43).

Für die Behandlung von kleinen initialen Granulomata pyogenica ist der gepulste Farbstofflaser eine Therapieoption. Allerdings sollte auch angemerkt werden, dass das Granuloma pyogenicum auch als seltene Nebenwirkung der Therapie mit dem Farbstofflaser beschrieben wurde (44).

Rosazea

Berg und *Edström* behandelten 10 Patienten mit erythematoteleangiektatischer und papulopustulöser Rosazea. Es wurde halbseitig mit durchschnittlich 6,5 J/cm² (585 nm, 0,45 ms) in einer bis vier Sitzungen therapiert. Die papulopustulösen Anteile reagierten deutlich schlechter als die erythematoteleangiektatischen. Zwei Patienten hatten mehr Läsionen im behandelten Areal als vor der Behandlung, bei drei Patienten zeigte sich keine Veränderung, bei je zwei Probanden kam es zu einer leichten

beziehungsweise signifikanten Verbesserung der Papeln und Pusteln. Es wurden nur Patienten therapiert, bei denen äußerliche und innerliche Antibiotikatherapie keinen Erfolg erbracht hatten. Die Autoren kommen zu der Meinung, dass die Ursache der Rosazea nicht nur gefäßbedingt sein kann (45).

Jasim et al. therapierten 12 Patienten mit rein teleangiektatischer Rosazea (ohne papulopustuläre Komponente) einmalig mit subpurpurischen Energiedichten von 7–9 J/cm² (595 nm, 6 ms, Cryogen-Spray-Kühlung). Sie konnten eine Verbesserung von > 75% bei zwei Patienten, von 50–75% bei weiteren zwei und von 25–50% bei fünf Patienten erreichen (46).

In einer Studie von Lohne-Rahm et al. wurden 32 Patienten mit 6–6,75 J/cm² (0,45 ms, 585 nm) einmalig behandelt. 24 Patienten zeigten danach eine deutliche Verbesserung. Nur bei einem Patienten kam es zu keiner Verbesserung des Scores. Die Autoren werteten die Farbstofflasertherapie als effektive Methode (47).

Tan und Tope untersuchten 16 Patienten mit persistierendem Erythem bei Rosazea und Gefäßdurchmessern von < 0,6 mm (9,5–11,5 J/cm², 1,5 ms, 5 mm, Cryogen-Kühlung). Nach drei Sitzungen zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Symptome, des Lebensqualitäts-Scores und der Rötungen in fast allen Arealen (48).

Die Therapie mit dem Farbstofflaser scheint einen besseren Effekt auf die teleangiektatische, als auf entzündliche Komponente zu haben. Es wäre noch zu beurteilen, welchen Einfluss die verschiedenen Kühlmethode auf die Clearance haben.

Nicht-vaskuläre Indikationen

Entzündliche Dermatosen

Akne

Seaton et al. therapierten 41 Patienten einmalig mit 585 nm und 0,35 ms. Die



Abb. 4a und b: a) Angiolymphoide Hyperplasie mit Eosinophilie – Ausgangsbefund. b) Zustand drei Jahre nach Therapie (3 Sitzungen)

eine Gesichtshälfte wurde mit 1,5 J/cm², die andere mit 3 J/cm² therapiert. Es zeigte sich eine Abnahme der Stärke der Akne. Die Anzahl der inflammatorischen Läsionen gingen um etwa 50% zurück. Es ließ sich kein Unterschied der verschiedenen Energiedichten feststellen. Die schnellste Verbesserung ergab sich in den ersten vier Wochen. Danach (8 und 12 Wochen) zeigte sich kaum noch eine weitere Verbesserung (49).

Völlig konträre Ergebnisse hierzu lieferte dagegen die Studie von Orringer et al. bei der eine Behandlung mit Energiedichten um 3 J/cm² (0,35 ms, 585 nm) keinerlei Verbesserung erbrachte. Hier fanden ein bis zwei Sitzungen mit einer Nachbeobachtungszeit von 12 Wochen statt (50).

Weitere Studien werden zeigen müssen, welcher Ansatz sinnvoll ist. Es könnten außerdem versuchsweise höhere Energiedichten und eine Erhöhung der Anzahl der Sitzungen zum Einsatz kommen.

Lichenoide Dermatitis/angiolymphoide Hyperplasie mit Eosinophilie
Wir berichteten 2002 über die Therapie einer medikamenteninduzierten (Roxatidine, H₂-Rezeptorantagonist) lichenoiden Dermatitis. Die Erkrankung zeigte eine Therapieresistenz auf topische Steroide. Durch sechs Sitzungen mit dem Farbstofflaser der Wellenlänge 585 nm (0,3–0,45 ms) und Ener-

giedichten von 5,5–6,0 J/cm² konnte eine komplette Abheilung erreicht werden. In einem Nachbeobachtungszeitraum von 56 Monaten kam es zu keinem Rückfall (51). Auch die angiolymphoide Hyperplasie mit Eosinophilie lässt sich durch den Farbstofflaser effektiv therapieren (585 nm, 1,5 ms, 12 J/cm²) (Abb. 4a u. b).

Bei beiden Indikationen ist der Farbstofflaser eine praktikable und effektive Therapiemethode.

Lupus erythematoses

Anhand von 14 Patienten konnten Baniandres et al. eine Verbesserung von Lupusherden (diskoider und systemischer Lupus) um 60% aufzeigen. Es wurde mit einer Wellenlänge von 585 nm (0,45 ms, 5–7,5 J/cm²) oder 595 nm (1,5–10 ms, 6–13 J/cm²) behandelt. Bei drei Patienten kam es zum Rückfall nach mehr als einem Jahr (52).

Wir veröffentlichten eine Studie mit 12 Patienten, bei der wir mit 585 nm (0,3–0,45 ms, 5–7 mm) Energiedichten von 3–7 J/cm² applizierten. Es zeigte sich eine Clearance von 70% bei neun Patienten. Bei zwei Patienten konnten immerhin Schmerz und Juckreiz gelindert werden, allerdings ohne sichtbare Verbesserung der Hautveränderungen. Ein Patient sprach nicht auf die Therapie an, bei einem anderen kam es nach einem Zeitraum von sechs Monaten zu einem leichten Rezidiv (53).

Der Einsatz des Farbstofflasers stellt eine sichere, einfache und sehr effektive Behandlungsmöglichkeit, insbesondere in der Initialphase dieser Autoimmundermatose, dar (Abb. 5a u. b und Abb. 6a u. b). Rezidive liegen in der Natur der Erkrankung. Dieses Einsatzgebiet des Farbstofflasers sollte unbedingt mehr Beachtung finden.

Psoriasis

Die Psoriasistherapie stellt durch den schubweisen Verlauf, die Hyperkeratosen, die eine Verminderung der Eindringtiefe zur Folge haben, und die Chronizität eine große Herausforderung für die Laserbehandlung dar (54).

Hacker und Rasmusen therapierten 20 Patienten mit 0,45 ms und 5, 7 beziehungsweise 9 J/cm² (5 mm). Bei 11 von 19 Patienten kam es nach einer Sitzung zu einer klinischen Verbesserung im mit 9 J/cm² therapierten Areal, wobei es bei keinem zur vollständigen Heilung kam. Die mit 5 und 7 J/cm² gelasierten Areale zeigten keine Verbesserung (55).

Bei der Studie mit dem größten Patientengut (36 Patienten) konnten Zelickson et al. in zwei bis fünf Sitzungen eine signifikante klinische Verbesserung erreichen. Es wurden die Impulszeiten von 0,45 ms und 1,5 ms bei einer Energiedichte von 7,5–8,5 J/cm² verglichen, wobei sich kein Unterschied zeigte (56).

Mit ähnlichen Parametern (0,45 ms, 7,5–8,5 J/cm²) erreichten Hern et al. bei acht Patienten eine signifikante Abnahme der Epidermisdicke, jedoch keine vollständige Rückbildung (Biopsie vor und nach Behandlung). Darüber hinaus kam es zu einer Reduzierung der Endotheloberfläche. Es wurde dreimal in zweiwöchigen Abständen behandelt (57).

Eine weitere Studie von Katugampola et al. mit 0,45 ms und 8,5 J/cm² zeigte eine Clearance von 50% bei fünf der acht Patienten. In einem Fall konnte eine komplette Abheilung beobachtet werden (58).

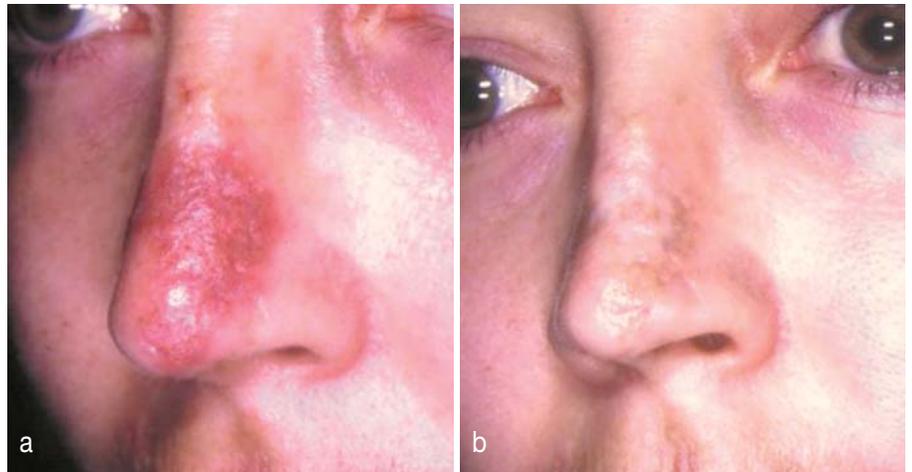


Abb. 5a und b: a) Lupus erythematoses – Ausgangsbefund. b) Zustand ein Jahr nach Therapie (2 Sitzungen)



Abb. 6a und b: a) Chilblain Lupus – Ausgangsbefund. b) Zustand nach drei Jahren (1 Sitzung)

Ros et al. behandelten mit 0,36–0,45 ms und 6,5–8 J/cm² 10 Patienten. Es kam bei sechs Patienten zu einer Verbesserung des Hautbilds, welche mit der Anzahl der Sitzungen (1–3 Sitzungen) zunahm (59).

Abschließend lässt sich sagen, dass die Behandlung der Psoriasis mit dem Farbstofflaser derzeit lediglich als eine ergänzende Therapieoption zu sehen ist.

Erkrankungen des Bindegewebes

Lichen sclerosus et atrophicus

Rabinowitz berichtete in einer Fallstudie über die erfolgreiche Therapie eines erosiven juckenden genitalen Lichen sclerosus et atrophicus bei einem 7-jährigen Mädchen. Es wurden vier Behandlungen mit 5,75–6,25 J/cm² (585 nm) durchgeführt (60).

Wir veröffentlichten ebenfalls eine Fallstudie, jedoch eines extragenitalen Li-

chen sclerosus et atrophicus. Hier konnten nach vier Sitzungen (5,3–6 J/cm², 0,3–0,45 ms) die Hautveränderungen ohne sichtbare Narbenbildung vollständig entfernt werden (61). Diese positiven Ergebnisse beim extragenitalen Lichen sclerosus konnten von uns zwischenzeitlich mehrfach reproduziert werden. Auch wenn nicht in jedem Fall eine *restitutio ad integrum* erreichbar ist, lässt sich zumindest der begleitende Juckreiz in den meisten Fällen effektiv bekämpfen.

Der gepulste Farbstofflaser stellt hier sicherlich eine ergänzende Behandlungsmethode oder sogar gute Alternative dar.

Retikulohistiozytom

Durch zweimalige Behandlung eines Retikulohistiozytoms mit dem Farbstofflaser erreichten wir eine vollständige Remission (585 nm, 7,8 J/cm², je 3 Impulse) (62). Dies deckt sich mit unseren (derzeit noch unveröffent-

lichten) Erfahrungen in weiteren Fällen.

Narben

Wie auch bei *Striae distensae* scheint das Wirkprinzip des Farbstofflasers bei Narben auf die durch die selektive Photothermolysen erreichte Verminderung von feinen Teleangiectasien zu beruhen. Diese stellen das Substrat der persistierenden Rötung einer Narbe dar (63). Hierdurch findet eine Reduzierung der Zellfunktionen/Zellversorgung in der hypertrophen Narbe statt (64), wodurch mittels Abbau der Kapillargefäße Kollagenabbau herbeigeführt werden kann (63).

Es folgt, wie in unten vorgestellten Studien bestätigt, dass rote, hypertrophe Narben besser mit dem Farbstofflaser zu therapieren sind als atrophe.

Alster und *Williams* behandelten die hypertrophischen Sternotomienarben von 16 Patienten mit 6,5–7,25 J/cm² (585 nm, 0,45 ms) zweimal alle sechs bis acht Wochen. Es kam zu einer Verminderung des Juckreizes, der Rötung, der Narbendicke und des Oberflächenreliefs (65).

Eine weitere Studie von *Alster* mit 22 Probanden und hypertrophen, inflammatorischen Narben verglich den Einsatz des Farbstofflasers (4,5–5,5 J/cm², 10 mm, 1,5 ms) mit und ohne intraläsionaler Kortikoidinjektion. Es zeigte sich hierbei kein Unterschied: in beiden Arealen kam es zu gleichwertigen Ergebnissen wie in der vorgenannten Studie. Als Begleitreaktion wurden milde Purpura und transiente Hyperpigmentierungen beobachtet (66).

Die erythematösen, hypertrophischen und keloidalen Narben von 10 Patienten wurden durch *Manuskiatti* et al. mit drei verschiedenen Energiedichten (3, 5 und 7 J/cm², 0,45 ms, 5 mm) gelasert. Es zeigte sich bei allen Narben eine signifikante Verbesserung in Dicke, Erythem und Geschmeidigkeit. Zwischen den verschiedenen Energiedichten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, wobei ein

positiver Trend in Richtung der reduzierten Energiedichte erkennbar war. Es wurde sechsmal alle vier Wochen behandelt (67).

Kuo et al. konnte eine Verbesserung > 50% bei 26 von 30 Patienten mit Keloiden feststellen. Bei vier Patienten kam es zu keiner Verbesserung. Es wurde alle acht Wochen behandelt (0,45 ms, 10–18 J/cm², 5 mm, 1–11 Sitzungen), wobei die besten Ergebnisse bei mehr als sechs Sitzungen zu verzeichnen waren. Histologisch konnte eine Vermehrung von Kollagen III nachgewiesen werden (68).

Paquet et al. konnte unter Einsatz von 0,45 ms und Energiedichten von 6–6,5 J/cm² (7 mm) bei Keloiden nur eine diskrete Verbesserung der Rötung erreichen. Spektrophotometrische Messungen zeigten keine signifikante Veränderung. Die Behandlungen (1–3 Sitzungen) wurden alle sechs bis acht Wochen durchgeführt (69).

Ein sehr interessanter Ansatz ist die Vorgehensweise bei Operationsnarben nach *Nouri* et al. Hierbei behandelten die Autoren eine Hälfte der Narbe (11 Patienten) direkt nach Entfernung der Fäden und zweimal noch nach jeweils einem Monat. Es zeigte sich eine deutliche Verbesserung aller Narbenparameter nach dem »Vancouver Scar Scale« (VSS) im behandelten Areal (70).

Patel und *Clement* behandelten 10 Patienten mit Aknenarben unterhalb der Erythemschwelle (0,35 ms, 1,9–2,4 J/cm², 5 mm). Die unabhängigen Beobachter konnten bei vier Patienten leichte, bei sechs Patienten moderate Verbesserungen erkennen. Die subjektive Einschätzung wurde in drei Fällen mit »leicht«, in fünf mit »moderat« und in zwei mit »sehr gut« angegeben. Die eingesetzte Profilometrie zeigte eine Verbesserung um 48% (71).

Ebenfalls erfolgreich wurden Aknenarben von *Alster* und *McMeekin* mit dem gepulsten Farbstofflaser bei 22 Patienten behandelt. Hierbei handelte

es sich um hypertrophe und erythematöse Narben. Zum Einsatz kamen Energiedichten von 6–7 J/cm², 0,45 ms und 7 mm. Es resultierte eine durchschnittliche Verbesserung von 67,5% sechs Wochen nach der Lasersitzung (72).

Die Behandlung von Narben mit dem Farbstofflaser stellt sich insgesamt als empfehlenswerte Möglichkeit bei erythematösen und hypertrophen Narben dar (Abb. 7a u. b), ist bei Keloiden jedoch eher unbefriedigend.

Striae distensae

Initiale *Striae* zeigen histopathologisch erweiterte dermale Blutgefäße (73), die als potenzielle Absorber für eine Lasertherapie mit dem gepulsten Farbstofflaser in Frage kommen. Problematisch sind hierbei, vor allem bei dunklen Hauttypen, Hypo- und Hyperpigmentierungen.

McDaniel et al. behandelten 39 Patienten einmalig mit 585 nm und 2–4 J/cm² (7 u. 10 mm Handstück). Bei allen Patienten konnte mit jeder der Einstellungen eine Verbesserung erreicht werden. Als wirksamste Kombination erwies sich 3 J/cm² mit der 10-mm-Sonde (74).

In einer Studie von *Brandt* zeigten alle mit 3–3,5 J/cm² (585 nm, 0,45 ms, 7–10 mm) behandelten *Striae* (4 Patienten) eine Verbesserung. Frische *Striae* sprachen generell besser an, *Striae* im Brustbereich schlechter (75).

Nouri et al. untersuchten vier Patienten mit Hauttyp IV und VI mit dem CO₂- und Farbstofflaser (585 nm, 0,45 ms, 10 mm, 3 J/cm²). Er konnte weder durch den CO₂-, noch durch den Farbstofflaser eine Verbesserung feststellen. Bei beiden Lasern kam es zu Hyperpigmentierungen (76).

In Ermangelung von effektiven Alternativtherapien besteht hier eine gute Möglichkeit des Lasereinsatzes. Die Anwendung des Farbstofflasers bei dieser Indikation scheint jedoch nur bei erythematösen *Striae* sinnvoll.



Abb. 7a und b: a) Verbrennungsnarben – Ausgangsbefund. b) Zustand nach 20 Sitzungen

Skinrejuvenation/Kollagen

Non-ablative Faltenbehandlung des Gesichts

Goldberg et al. therapierten 10 Patienten mit dem Farbstofflaser der Wellenlänge 595 nm und unterteilten sie in zwei Gruppen (Gruppe 1: 1 Durchgang, Gruppe 2: 2 Durchgänge, 1–2 Sitzungen). Eine Seite wurde mit einer Energiedichte von 5–6 J/cm² (7-mm-Handstück) und einer Impulszeit von 1,5 ms behandelt. Die andere Gesichtshälfte wurde mit 8–11 J/cm² und 40 ms behandelt. Die Autoren konnten in 70% eine »milde bis moderate« Ver-

besserung erkennen. Zwischen Gruppe 1 und 2 sowie zwischen rechts und links sahen sie keinen Unterschied. Biopsien wurden vor und sechs Monate nach Behandlung entnommen. Es zeigte sich nach der Behandlung elektronenmikroskopisch eine Kollagen-Typ-I-Vermehrung (77).

Die besten Ergebnisse veröffentlichten Zelickson et al. in einer Studie mit 20 Teilnehmern. Periorale und periorbitale Falten wurden einmalig mit 585 nm, 0,45 ms (Handstück 7–10 mm) und 3–6,5 J/cm² behandelt. Es wurde 90% Verbesserung der »schwachen bis mittel-

starken« Falten und 40% Verbesserung der »mittelstarken bis starken« Falten erreicht. Eine histologische Untersuchung nach sechs und 12 Wochen zeigte ein dermales Kollagenremodelling (78).

In einer Studie von Reynolds et al., bei welcher periorbitale Falten von 26 Patienten halbseitig mit 595 nm (0,5 ms, 7 mm) und 2,5–3 J/cm² behandelt wurden, zeigte sich keine signifikante Verbesserung der Falten (79).

Zum gleichen Ergebnis kommen auch Hohenleutner et al., die mit 2,5 J/cm² und 585 nm (0,45 ms) 12 Patienten behandelten. Biopsien wurden in letztgenannten Studien nicht gewonnen (80).

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse scheint die höhere Energiedichte auf das dermale Kollagenremodelling einen stärkeren Einfluss auszuüben, die klinischen Ergebnisse hingegen werden noch kontrovers diskutiert und müssen durch weitere Studien evaluiert werden.

Virale Indikationen

Mollusca contagiosa

Huhges behandelte 88 Läsionen, von denen 87 nach einer Sitzung mit 6,9–8 J/cm² (585 nm) und 0,45 ms verschwunden waren (81). Ein ähnliches Resultat zeigte unsere Studie von 2001. Es ergab sich eine Clearance von 96% der 172 Läsionen (bei 20 Patienten) nach der ersten und 100% nach der zweiten Sitzung (82).

Die Behandlung von Mollusken stellt sich als wirkungsvoll, schnell und nebenwirkungsarm dar. Ein Nachteil ist die kurzfristige Schmerzhaftigkeit während der Therapie, die allerdings auch bei anderen Therapien (z.B. Exkochleation) gegeben ist.

Verrucae vulgares

Bei allen nachfolgend diskutierten Studien zur Warzentfernung mit dem Farbstofflaser wurden die Wellenlänge 585 nm und eine Impulszeit von 0,45 ms eingesetzt.



Abb. 8a und b: a) Condylome – Ausgangsbefund. b) Zustand nach drei Sitzungen

Huigol et al. konnten bei ihrer Untersuchung an sieben Patienten (6 Plantar-, 1 Periungualwarzen) keine vollständige Abheilung, sondern lediglich eine Abnahme der Dicke bei allen und eine Verkleinerung des Durchmessers der Warzen in zwei Fällen erreichen. Es wurde mit 8,5–9,5 J/cm² alle drei Wochen behandelt (83).

Mit ähnlichen Energiedichten (9–9,5 J/cm²) erreichten Robson et al. dagegen nach vier Sitzungen eine komplette Clearance bei 66% und eine teilweise Verbesserung bei 82% der 40 Patienten mit 194 Läsionen (84). Es zeigte sich eine Lokalisationsabhängigkeit. Verrucae vulgares ließen sich besser als Verrucae plantares und subunguales therapieren. Bei dieser Studie wurde die Lasertherapie einer konventionellen Therapie (Kryotherapie und Cantharidin) gegenübergestellt, wobei die Clearanceraten keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Die Autoren sind ebenso wie Kenton-Smith und Tan (85) der Meinung, dass die Behandlung von kosmetischen Arealen mit dem Laser aufgrund geringerer Narbengefahr empfehlenswert ist.

Letztgenannte Autoren erzielten mit 6–9 J/cm² eine Eradikation in 92% der Fälle bei therapieresistenten und von

75% bei sonstigen Verrucae vulgares (28 Patienten, 123 Warzen), wobei kein Unterschied hinsichtlich der Lokalisation (Hand, Fuß, Gesicht, Arm) auffiel. Vor der Therapie wurde hyperkeratotisches Material abgetragen und danach ein- bis siebenmal in sechs- bis achtwöchigen Abständen behandelt.

Die besten Ergebnisse mit dem größten Patientengut (142 Patienten, 726 Läsionen) zeigte die Studie von Kauvar et al. mit einer Clearance von 99% für Körper- und Anogenitalwarzen, 95% für Verrucae palmares, 84% für Verrucae plantares und 83% für periunguale Warzen. Hierbei wurde alle zwei bis vier Wochen mit 7–9,5 J/cm² behandelt und vorher mittels Skalpell hyperkeratotisches Material abgetragen (86).

Jain et al. erreichten bei 72% von 33 Patienten mit Plantarwarzen (97 Läsionen) eine komplette Abheilung. Insgesamt traten von den 97 Läsionen 14 nach neun Wochen wieder auf. Therapiert wurde hier mit 8,1–8,4 J/cm² (87).

Ross et al. konnten bei ebenfalls 33 Patienten mit 96 Läsionen und einer Energiedichte von 5–10 J/cm² bei 48% eine totale und bei 45% eine teilweise Remission erzielen (88).

Bei einer weiteren Studie mit größerer Patientenzahl (126) erreichte Kopera bei 63% totale und bei 21% partielle Remission. Die Energiedichte lag bei 8 J/cm². Es gibt keine Angabe dazu, ob vor der Behandlung abgetragen wurde (89).

Schellhaas et al. beschreiben in einer aktuellen Studie eine Clearancerate von 89% nach maximal 10 Sitzungen bei Palmar- und Plantarwarzen. Palmarwarzen zeigten schnellere Abheilung als Warzen an den Füßen. Bei drei der 73 Patienten mit insgesamt 366 Läsionen zeigte sich keine Remission. Es kam bei einem Patient zu einem Rückfall nach sechs Monaten. Vor der Behandlung mit Energiedichten von 8–12 J/cm² (585–587 nm, 0,45 ms) wurde mittels Skalpell hyperkeratotisches Material entfernt (90).

Die einzige Studie mit einer längeren Impulsdauer (1,5 ms) und Energiedichten von 16–20 J/cm² bei einer Wellenlänge von 595 nm erreichte nur bei 6,5% der 24 Patienten (33 Läsionen) eine komplette Clearance, bei 12,9% eine Besserung > 75% und in 29% eine Verbesserung < 50%. Wimmershoff et al. behandelten in dieser Studie drei Tage vor der Lasersitzung mit salizylsäurehaltigem Pflaster und trugen vor der Lasersitzung Hyperkeratosen ab (91).

Als Begleitreaktionen traten bei allen Studien ähnliche Symptome auf. Bei der Behandlung und bis zu drei Tage danach kam es zu leichten Schmerzen und einer Graufärbung des Areals. Danach bildeten sich hämorrhagische Krusten, die etwa 10–14 Tage anhielten.

Mit Ausnahme der Studie von Kopera, wo sich hierzu keine Angaben finden, wurde bei allen erwähnten Studien vor der Laserapplikation mittels Skalpell hyperkeratotisches Material abgetragen. Aus der Tiefe der Abtragung scheint der entscheidende Unterschied der Behandlungserfolge zu resultieren. Es ist davon auszugehen, dass nach tiefer Abtragung eine bessere Clearance resultiert.



Abb. 9a und b: a) Verrucae vulgares – Ausgangsbefund. b) Zustand sechs Monate nach Therapie (8 Sitzungen)

Zusammenfassend sind durch Einsatz hoher Energiedichten bei einer Wellenlänge von 585 nm und Impulsdauer von 0,45 ms die besten Ergebnisse zu erzielen. Hierbei muss allerdings die Lokalisation berücksichtigt werden: Warzen am Körper (auch Condylome) (Abb. 8a u. b) scheinen, gefolgt von Palmarwarzen, besser anzusprechen als Plantarwarzen.

Nach unserer Einschätzung reagieren insbesondere periunguale Warzen ganz hervorragend (Abb. 9a u. b). Vor der Laseranwendung sollten jeweils die Hyperkeratosen intensiv abgetragen werden. Außerdem zeigte sich, dass eine Behandlung in kürzeren Abständen zu besseren Ergebnissen führt (alle 1–2 Wochen gegenüber alle 3–4 Wochen).

Die Farbstofflasertherapie hat nicht immer Vorteile gegenüber konventionellen Therapieoptionen, stellt jedoch in ausgewählten Fällen eine sinnvolle Alternative dar.

Sonstige Indikationen

Hydrokystome

Tanzi und Alster behandelten multiple Hydrokystome eines Patienten mit 585 nm, 1,5 ms und 7–7,5 J/cm² alle sechs bis acht Wochen. Nach vier Sitzungen zeigte sich ein fast vollständiges Verschwinden. Im Nachbeobachtungszeitraum von 18 Monaten trat kein Rezidiv auf (92).

Als Substrat für das Ansprechen durch den gepulsten Farbstofflaser sehen wir die Einblutungen in die Hydrokystome,

weshalb nicht eingeblutete Hydrokystome nicht so gut auf eine Farbstofflaser-Therapie ansprechen.

Talgdrüsenhyperplasien

Wir konnten über die vollständiger Remission von multiplen Talgdrüsenhyperplasien bei zwei Patienten (585 nm, 0,45 ms, 6,5–8 J/cm², 5 mm) nach zwei bis drei Sitzungen berichten. Im Nachbeobachtungszeitraum von 13 Monaten zeigte sich kein Rezidiv (93).

Aghassi et al. behandelten 10 Patienten (29 Läsionen) mit drei Impulsen (5 mm Sondendurchmesser) bei 7–7,5 J/cm² (585 nm). Sie erreichten ein komplettes Verschwinden in 28% und eine Abflachung in 93% der Fälle. Allerdings rezidierten 28% nach initialer Involution. Es konnte durch konfokale Lasermikroskopie die vaskuläre Zielstruktur der Talgdrüsenhyperplasie gezeigt werden. Weiterhin ungeklärt ist, ob die Rückbildung durch selektive Zerstörung der Gefäße oder durch thermische Schädigung erfolgt (94).

Gonzales et al. behandelten zwei Läsionen eines Patienten mit ebenfalls 585 nm, 7 J/cm² und 5-mm-Handstück. Im Nachbeobachtungszeitraum von bis zu zwei Monaten konnte ein nichthyperplastischer Epithelgang mit kleinerem Umriss nachgewiesen werden. Klinisch waren die Talgdrüsenhyperplasien nicht mehr zu erkennen (95). Nachteil dieser Therapie ist die vorübergehende Purpura, die von Patienten, die sich aus kosmetischen Gründen einer Laserbehandlung unterziehen, nicht immer toleriert wird.

Xanthelasmen

Wir berichteten in einer Fallstudie über den erfolgreichen Einsatz des gepulsten Farbstofflasers bei Xanthelasma palpebrarum. Nach fünf Sitzungen mit der Energiedosis von 7 J/cm² (0,3–0,45 ms, 585 nm) konnte eine vollständige Remission erreicht werden (96).

Leider scheint diese Methode nur bei oberflächlichen Xanthelasmen geeignet zu sein. In der Praxis hat sich deshalb für uns die Kombination aus CO₂-Laser und unmittelbare Nachbehandlung mit dem Farbstofflaser als optimale Vorgehensweise bei Xanthelasmen bewährt.

Zusammenfassung

Der Farbstofflaser gilt zu Recht für viele Indikationen als Goldstandard. Jahrelange klinische Erfahrung ermöglicht es, gängige Parameter bei bereits bekannten Diagnosen kontinuierlich zu optimieren und gleichzeitig neue Behandlungsfelder zu erschließen.

Wichtige Faktoren, die den Therapieeffekt beeinflussen, sind die eingesetzten Kühlmethode, Vorbehandlungen (z.B. Abtragen vor der Warzenbehandlung), Anzahl der Durchgänge und der zeitlicher Abstand der Sitzungen. Leider finden sich hierzu häufig wenig Angaben in den Veröffentlichungen, sodass ein Vergleich der Publikationen mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen mitunter schwierig ist.

Es können durch den gepulsten Farbstofflaser bei zahlreichen, zum Teil auch noch weniger bekannten Indikationen (z.B. Lupus erythematoses) gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Bei anderen Erkrankungen (z.B. Psoriasis) hat er bislang nur den Stellenwert einer ergänzenden Therapiemethode oder einen experimentellen Charakter. Generell kann jedoch festgestellt werden, dass durch die einfache und sichere Handhabung bei neuen Indikationen oder therapieresistenten Fällen, die prinzipiell vom theoretischen Ansatz den Farbstofflaser geeignet erschei-

nen lassen, eine Behandlung versuchsweise durchgeführt werden sollte. Durch die Vielzahl der neuen Einstellungen (Energiedichte, Impulszeiten etc.) des Farbstofflaser ist für die Zukunft eine weitere Zunahme der Effektivität beziehungsweise Ausweitung des Indikationsspektrums zu erwarten.

Literatur

- Graudenz K, Raulin C (2003): From Einstein's Quantum Theory to modern laser therapy. The history of lasers in dermatology and aesthetic medicine. *Hautarzt* 54, 575–582
- Anderson RR, Parrish JA (1983): Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220, 524–527
- Hohenleutner U, Hilbert M, Wlotzke U, Landthaler M (1995): Epidermal damage and limited coagulation depth with the flashlamp-pumped dye laser: a histochemical study. *J Invest Dermatol* 104, 798–802
- Alam M, Dover JS, Arndt KA (2003): Treatment of facial telangiectasia with variable-pulse high fluence pulsed-dye laser: comparison of efficacy with fluences immediately above and below the purpura threshold. *Dermatol Surg* 29, 681–685
- Hammes S, Raulin C (2005): Evaluation of different temperatures in cold air cooling with pulsed-dye laser treatment of facial telangiectasia. *Lasers Surg Med* 36, 136–140
- Batta K, Goodyear HM, Moss C, Williams HC, Hiller L, Waters R (2002): Randomised controlled study of early pulsed dye laser treatment of uncomplicated childhood haemangiomas: results of a 1-year analysis. *Lancet* 360, 521–527
- Hohenleutner U, Landthaler M (2002): Laser treatment of childhood haemangioma: progress or not? *Lancet* 360, 502–503
- Maier H, Donath P (2003): Early pulsed-dye laser treatment of childhood hemangiomas. *Lancet* 361, 348; author reply 349
- Kolde G (2003): Early pulsed-dye laser treatment of childhood haemangiomas. *Lancet* 361, 348–349; author reply 349
- Hohenleutner S, Badur-Ganter E, Landthaler M, Hohenleutner U (2001): Long-term results in the treatment of childhood haemangioma with the flashlamp-pumped pulsed dye laser: an evaluation of 617 cases. *Lasers Surg Med* 28, 273–277
- Poetke M, Philipp C, Berlien HP (2001): Treatment of hemangiomas in infancy and childhood with the flash lamp-pumped dye laser: cutaneous versus mixed cutaneous-subcutaneous hemangiomas. *Hautarzt* 52, 120–127
- Chang CJ, Kelly KM, Nelson JS (2001): Cryogen spray cooling and pulsed dye laser treatment of cutaneous hemangiomas. *Ann Plast Surg* 46, 577–583
- Raulin C, Greve B (2001): Retrospective clinical comparison of hemangioma treatment by flashlamp-pumped (585 nm) and frequency-doubled Nd:YAG (532 nm) lasers. *Lasers Surg Med* 28, 40–43
- Nelson JS, Milner TE, Anvari B, Tannenbaum BS, Kimel S, Svaasand LO, Jacques SL (1995): Dynamic epidermal cooling during pulsed dye laser treatment of port-wine stain. A new technology with the preliminary clinical evaluation. *Arch Dermatol* 131, 695–700
- Greve B, Raulin C (2004): Prospective study of port wine stain treatment with the dye laser: comparison of two wavelengths (585 nm vs. 595 nm) and two pulse durations (0.5 ms vs. 20 ms). *Lasers Surg Med* 34, 168–173
- Lanigan SW, Taibjee SM (2004): Recent advances in laser treatment of port-wine stains. *Br J Dermatol* 151, 527–533
- Nelson JS, Milner TE, Anvari B (1995): Dynamic epidermal cooling during pulsed dye laser treatment of port wine stains: a new methodology with preliminary clinical evaluation. *Arch Dermatol* 131, 695–700
- Waldorf HA, Alster TS, McMillan K (1997): Effect of dynamic cooling on 585 nm pulsed dye laser treatment of port wine stain birthmarks. *Dermatol Surg* 23, 657–662
- Chang CJ, Nelson JS (1999): Cryogen spray cooling and higher fluence pulsed dye laser treatment improve port wine stain clearance while minimising epidermal damage. *Dermatol Surg* 25, 767–772
- Raulin C, Greve B, Hammes S (2000): Cold air laser therapy: first experiences with a new cooling system. *Lasers Surg Med* 27, 404–410
- Bencini PL (1999): The multilayer technique: a new and fast approach for flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment of port wine stains (preliminary reports). *Dermatol Surg* 25, 786–789
- Nelson JS, Applebaum J (1990): Clinical management of port-wine stain in infants and young children using the flashlamp-pumped dye laser. *Clin Pediatr* 29, 503–508
- Nagore E, Requena C, Sevilá A, Coll J, Costa D, Botella-Estrada R, Sanmartín O, Serraguillén C, Guillén C (2004): Thickness of healthy and affected skin of children with port wine stains: potential repercussions on response to pulsed dye laser treatment. *Dermatol Surg* 30, 1457–1461
- Selim MM, Kelly KM, Nelson JS, Wendelschafer-Crabb G, Kennedy WR, Zelickson BD (2004): Confocal Microscopy Study of Nerves and Blood Vessels in Untreated and Treated Port Wine Stains: Preliminary Observations. *Dermatol Surg* 30, 892–897
- Svaasand LO, Aguilar G, Viator JA, Randeberg LL, Kimel S, Nelson JS (2004): Increase of dermal blood volume fraction reduces the threshold for laser-induced purpura: implications for port wine stain laser treatment. *Lasers Surg Med* 34, 182–188
- Hoffman SJ, Walsh P, Morelli JG (1993): Treatment of angiofibroma with the pulsed tunable dye laser. *J Am Acad Dermatol* 29, 790–791
- Papadavid E, Markey A, Bellaney G, Walker NP (2002): Carbon dioxide and pulsed dye laser treatment of angiofibromas in 29 patients with tuberous sclerosis. *Br J Dermatol* 147 (2), 337–342
- Goldman MP, Eckhouse S (1996): Photothermal sclerosis of leg veins. *Dermatol Surg* 22, 323–330
- Kono T, Yamaki T, Ercocen AR, Fujiwara O, Nozaki M (2004): Treatment of leg veins with the long pulsed dye laser using variable pulse duration and energy fluences. *Laser Surg Med* 35, 62–67
- Hsia J, Lowery JA, Zelickson B (1997): Treatment of leg telangiectasia using a long-pulsed dye laser at 959 nm. *Laser Surg Med* 20, 1–5
- Bernstein EF, Lee J, Lowery J, Brown DB, Geronemus R, Lask G, Hsia J (1998): Treatment of spider veins with the 595 nm pulsed-dye laser. *J Am Acad Dermatol* 39, 746–750
- Alora MB, Stern RS, Arndt KA, Dover JS (1999): Comparison of the 595 nm long-pulse (1.5 msec) and ultralong-pulse (4 msec) lasers in the treatment of leg veins. *Dermatol Surg* 25 (6), 445–449
- Tanghetti E, Sherr E (2003): Treatment of telangiectasia using the multi-pass technique with the extended pulse width, pulsed dye laser (Cynosure V-Star). *J Cosmet Laser Ther* 5 (2), 71–75
- Hohenleutner U, Wenig M, Walther T, Bäuml W, Landthaler M (1998): Treatment of superficial varicosities with a flashlamp-pumped pulsed dye laser with 1,5 ms impulse time. *Hautarzt* 49, 560–565
- Geronemus RG, Kauvar ANB (1999): Successful treatment of poikiloderma of Civatte utilizing the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med (Suppl)* 11, 62
- Wheeland RG, Applebaum J (1990): Flashlamp-pumped dye laser therapy for poikiloderma of Civatte. *J Dermatol Surg Oncol* 16, 12
- Goldman MP, Fitzpatrick RE (1999): Laser treatment of vascular lesions. In: Goldman MP, Fitzpatrick RE (eds): *Cutaneous Laser Surgery*. Mosby, St. Louis, 19–178
- Chatrath V, Rohrer TE (2002): Granuloma faciale successfully treated with long-pulsed tunable dye laser. *Dermatol Surg* 28, 527–529
- Elston DM (2000): Treatment of granuloma faciale with the pulsed dye laser. *Cutis* 65, 97–98
- Ammirati CT, Hruza GJ (1999): Treatment of granuloma faciale with the 585-nm pulsed dye laser. *Arch Dermatol* 135, 903–905
- Welsh JH, Schroeder TL, Levy M (1999): Granuloma faciale in a child successfully treated with the pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* 41, 351–353
- Raulin C, Greve B (2003): Granuloma faciale. In: Raulin C, Greve B (eds): *Laser and IPL technology in dermatologic and aesthetic medicine*. Schattauer, Stuttgart, 84
- Tay YK, Weston WL, Morelli JG (1997): Treatment of pyogenic granuloma in children with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Pediatrics* 99, 368–370
- Wlotzke U, Hohenleutner U, Abd-El-Raheem TA, Baumler W, Landthaler M (1996): Side-effects and complications of flashlamp-pumped pulsed dye laser therapy of port-wine stains. *Br J Dermatol* 134, 475–480
- Berg M, Edström DW (2004): Flashlamp pulsed dye laser (FPDL) did not cure papulopustular rosacea. *Laser Surg Med* 34, 266–268
- Jasim ZF, Woo WK, Handley JM (2004): Long-pulsed (6-ms) pulsed dye laser treatment of rosacea-associated telangiectasia using subpurpuric clinical threshold. *Dermatol Surg* 30, 37–40

47. Lonne-Rahm S, Nordlind K, Edström DW, Ros AM, Berg M (2004): Laser treatment of rosacea. A pathoetiological study. *Arch Dermatol* 140, 1345–1349
48. Tan SR, Tope WD (2004): Pulsed dye laser treatment of rosacea improves erythema, symptomatology, and quality of life. *J Am Acad Dermatol* 51, 592–599
49. Seaton ED, Charakida A, Mouser PE, Grace I, Clement RM, Chu AC (2003): Pulsed-dye laser treatment for inflammatory acne vulgaris: randomised controlled trial. *Lancet* 25, 1347–1352
50. Orringer JS, Kang S, Hamilton T, Schumacher W, Cho S, Hammerberg C, Fisher GJ, Karimipour DJ, Johnson TM, Voorhees J (2004): Treatment of acne vulgaris with a pulsed dye laser: a randomized controlled trial. *JAMA* 291, 2834–2839
51. Greve B, Hartschuh W, Raulin C (2002): Lichenoid Dermatitis-treatment with pulsed dye laser: a case study. *Laser Surg Med* 3, 23–26
52. Baniandres O, Boixeda P, Belmar P, Perez A (2003): Treatment of lupus erythematosus with pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 32, 327–330
53. Raulin C, Schmidt C, Hellwig S (1999): Cutaneous lupus erythematosus-treatment with pulsed dye laser. *Br J Dermatol* 141, 1046–1050
54. Raulin C, Grema H (2003): Psoriasis vulgaris. Indication for laser? *Hautarzt* 54, 242–247
55. Hacker SM, Rasmusen JE (1992): The effect of flash lamp-pulsed dye laser on psoriasis. *Arch Dermatol* 128, 853–855
56. Zelickson BD, Mehregan DA, Wendelschfer-Crebb G, Ruppman D, Cook A, O'Connell P, Kennedy WR (1996): Clinical and histologic evaluation of psoriatic plaques treated with a flashlamp pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* 35, 64–68
57. Hern S, Allen MH, Sousa AR, Harland CC, Barker JN, Levick JR, Mortimer PS (2001): Immunohistochemical evaluation of psoriatic plaques following selective photothermolysis of the superficial capillaries. *Br J Dermatol* 145, 45–53
58. Katugampola GA, Rees AM, Langian SW (1995): Laser treatment of psoriasis. *Br J Dermatol* 133, 909–913
59. Ros AM, Garden JM, Bakus AD, Hedblad MA (1996): Psoriasis response to the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 19, 331–335
60. Rabinowitz LG (1993): Lichen sclerosus et atrophicus treatment with the 585-nm flashlamp pumped pulsed dye laser. *Arch Dermatol* 129, 381–382
61. Greve B, Hartschuh W, Raulin C (1999): Extragenital lichen sclerosus et atrophicus – treatment with pulsed dye laser. *Hautarzt* 50, 805–808
62. Warncke SH, Greve B, Raulin C (2004): Reticulohistiocytoma. Treatment with pulsed-dye laser. *Hautarzt* 55, 471–474
63. Dierickx C, Goldman MP, Fitzpatrick RE (1995): Laser treatment of erythematous/hypertrophic and pigmented scars in 26 patients. *Plast Reconstr Surg* 95, 84–90
64. Goldman MP, Fitzpatrick RE (1995): Laser treatment of scars. *Dermatol Surg* 21, 685–687
65. Alster TS, Williams CM (1995): Treatment of sternotomy scars with the 585 nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *Lancet* 345, 1198–1200
66. Alster TS (2004): Laser scar revision: comparison study of 585-nm pulsed dye laser with and without intralesional corticosteroids. *Dermatol Surg* 29, 25–29
67. Manuskiatti W, Fitzpatrick RE, Goldman MP (2001): Energy density and numbers of treatment affect response of keloidal and hypertrophic sternotomy scars to the 585-nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser. *J Am Acad Dermatol* 45, 557–565
68. Kuo YR, Jeng SF, Wang FS, Chen TH, Huang HC, Chang PR, Yang KD (2004): Flashlamp pulsed dye laser (PDL) suppression of keloid proliferation through down-regulation of TGF-beta1 expression and extracellular matrix expression. *Lasers Surg Med* 34, 104–108
69. Paquet P, Hermanns JF, Pierard GE (2001): Effect of the 585 nm flashlamp-pumped pulsed dye laser for the treatment of keloids. *Dermatol Surg* 27, 171–174
70. Nouri K, Ballard CJ (2005): Re: The use of pulsed dye laser for the prevention and treatment of hypertrophic scars in Chinese persons. *Dermatol Surg* 31, 252; author reply 253
71. Patel N, Clement M (2002): Selective nonablative treatment of acne scarring with 585 nm flashlamp pulsed dye laser. *Dermatol Surg* 28, 942–945; discussion 945
72. Alster TS, McMeekin TO (1996): Improvement of facial acne scars by the 585 nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* 35, 79–81
73. Arem AJ, Kischner CW (1980): Analysis of striae. *Plast Reconstr Surg* 65, 1
74. McDaniel DH, Ash K, Zukowski M (1996): Treatment of stretch marks with the 585 nm flashlamp pumped pulsed dye laser. *Dermatol Surg* 22, 332–337
75. Brandt F (1996): Pulsed dye vascular laser for the treatment of striae distensae. *Clinical Update Vol. 2*
76. Nouri K, Romagosa R, Chartier T, Bowes L, Spencer JM (1999): Comparison of the 585 nm Pulse Dye Laser and the Short Pulsed CO₂ Laser in the Treatment of Striae Distensae in Skin Types IV and VI. *Dermatol Surg* 25, 368–370
77. Goldberg DJ, Sarradet D, Hussain M, Krishitl A, Phelps R (2004): Clinical, histologic, and ultrastructural changes after nonablative treatment with a 595-nm flashlamp-pumped pulsed dye laser: comparison of varying settings. *Dermatol Surg* 30, 979–982
78. Zelickson BD, Kilmer SL, Bernstein E, Chotzen VA, Dock J, Mehregan D, Coles C (1999): Pulsed dye laser therapy for sun damaged skin. *Lasers Surg Med* 25, 229–236
79. Reynolds N, Thomas K, Baker L, Adams C, Kenealy J (2004): Pulsed dye laser and nonablative wrinkle reduction. *Lasers Surg Med* 34, 109–113
80. Hohenleutner S, Hohenleutner U, Landthaler M (2002): Nonablative wrinkle reduction: treatment result with a 585-nm laser. *Arch Dermatol* 138, 1380–1381
81. Hughes PS (1998): Treatment of molluscum contagiosum with the 585-nm pulsed dye laser. *Dermatol Surg* 24, 229–230
82. Hammes S, Greve B, Raulin C (2001): Molluscum contagiosum: treatment with pulsed dye laser. *Hautarzt* 52, 38–42
83. Huigol SC, Barlow RJ, Markey AC (1996): Failure of pulsed dye laser therapy for resistant verrucae. *Clin Exp Dermatol* 21, 93–95
84. Robson KJ, Cunningham NM, Krusan KL, Patel DS, Kreiter CD, O'Donnell MJ, Arpey CJ (2000): Pulsed-dye laser versus conventional therapy in the treatment of warts: a prospective randomized trial. *J Am Acad Dermatol* 43, 275–280
85. Kenton-Smith J, Tan ST (1999): Pulsed dye laser therapy for viral warts. *Br J Plast Surg* 52, 554–558
86. Kauvar AN, McDaniel DH, Geronemus RG (1995): Pulsed dye laser treatment of warts. *Arch Fam Med* 4, 1035–1040
87. Jain A, Storwick GS (1997): Effectiveness of the 585 nm flashlamp-pulsed tunable dye laser (PTDL) for treatment of plantar verrucae. *Lasers Surg Med* 21, 500–505
88. Ross BS, Levine VJ, Nehal K, Tse Y, Ashinoff R (1999): Pulsed dye laser treatment of warts: an update. *Dermatol Surg* 25, 377–380
89. Kopera D (2003): Verrucae vulgares: flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment in 134 patients. *Int J Dermatol* 42, 905–908
90. Schellhaas U, Gerber W, Raulin C, Ockenfels HM (2005): Pulsed dye laser treatment is effective in the treatment of recalcitrant viral warts. *Dermatol Surg*, submitted
91. Wimmershoff MB, Scherer K, Baumler W, Hohenleutner U, Landthaler M (2001): Treatment of therapy-resistant verruca vulgaris with long-pulsed tunable dye laser. *Hautarzt* 52, 701–704
92. Tanzi E, Alster TS (2001): Pulsed dye laser treatment of multiple eccrine hidrocystomas: a novel approach. *Dermatol Surg* 27, 898–900
93. Schönemark MP, Schmidt C, Raulin C (1997): Treatment of sebaceous gland hyperplasia with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 2, 313–316
94. Aghassi D, Gonzalez E, Anderson RR, Rajadhyaksha M, Gonzalez S (2000): Elucidating the pulsed-dye laser treatment of sebaceous hyperplasia in vivo with real-time confocal scanning laser microscopy. *J Am Acad Dermatol* 43, 49–53
95. Gonzalez S, White WM, Rajadhyaksha M, Anderson RR, Gonzalez E (1999): Confocal imaging of sebaceous gland hyperplasia in vivo to assess efficacy and mechanism of pulsed dye laser treatment. *Lasers Surg Med* 25, 8–12
96. Schönemark MP, Raulin C (1996): Treatment of xanthelasma palpebrarum with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 19, 336–339

Anschrift für die Verfasser:

*Prof. Dr. Christian Raulin
Laserklinik Karlsruhe
Kaiserstraße 104
76133 Karlsruhe
E-Mail roos@raulin.de*

