

Der Nd:YAG-Laser im Wandel der (Impuls-) Zeiten - Einsatzgebiete in der Dermatologie

B. Greve , C. Raulin

Praxis für Dermatologie, Phlebologie und Allergologie Dr. med. C. Raulin, Karlsruhe

Zusammenfassung

Der Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat- (Nd:YAG) Laser gehört zu den vielseitigsten und interessantesten Lasern in der dermatologischen Lasermedizin. Kaum ein anderer Laser hat im Laufe der Jahre ein derart breites Anwendungsspektrum erreicht. Je nach Wellenlänge (1064nm, frequenzverdoppelt 532nm) und Betriebsart (kontinuierlich, gütegeschaltet, langgepulst) umfaßt er die Behandlung von benignen pigmentierten (Schmuck- und Schmutztätowierungen, Nävus Ota, Café-au-lait Fleck, Lentigines) und vaskulären (Hämangiome, Nävus flammeus, essentielle Teleangiektasien, Angiome) Hautveränderungen. Daneben wird er auch vereinzelt zur Entfernung von Kaposi-Sarkomen und epithelialen Tumoren eingesetzt.

Schlüsselwörter: Nd:YAG Laser - gütegeschalteter Nd:YAG Laser - interstitielle Nd:YAG Laser Therapie - langgepulster Nd:YAG Laser - Tätowierungen - Hämangiome - Naevi flammei - Teleangiektasien

Summary

The Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat- (Nd:YAG) laser is one of the most versatile and interesting lasers in dermatological laser medicine. Almost no other laser has reached such a wide spectrum of applications. Depending on wavelength (1064nm, frequency-doubled 532nm) and mode (continuous, Q-switched, longpulsed) benign pigmented (tattoos, traumatic tattoos, Naevus of Ota, Cafe-aut-lait-macules, lentigines) and vascular (hemangiomas, portwine stains, essential teleangiectasias, angiomas) lesions can be treated. Additionally it has been sporadically applied for the removal of Kaposi sarkoma and epithelial skin tumors.

Key words: Nd:YAG laser - Q-switched Nd:YAG laser - interstitial Nd:YAG laser therapy - long pulse Nd:YAG laser - tattoos - hemangiomas - portwine stains - teleangiectasias

Einleitung

Der Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat- (Nd:YAG) Laser mit einer Wellenlänge von 1064nm und 532nm (frequenzverdoppelt) ist neben dem Kohlendioxidlaser der vielseitigste Laser in der dermatologischen Lasertherapie. Seit seiner Einführung konnte durch ständige Erweiterung des Betriebsmodus (continuous wave, langgepulst, gütegeschaltet) sein Indikationsspektrum erweitert

werden. Da bisher kein Nd:YAG Laser kommerziell erhältlich ist, der über alle drei Betriebsweisen verfügt, ist für jede einzelne ein separates Gerät notwendig.

Die koagulierende Wirkung der Laserstrahlen im continuous-wave (cw)-Modus machen den Nd:YAG Laser der Wellenlänge 1064nm zu einer geeigneten Methode für die Behandlung von tiefliegenden (subcutanen) Gefäßveränderungen wie Hämangiomen und Malformationen [6, 11, 20, 29-30, 36, 40-42]. Je nach Beschaffenheit der vaskulären Veränderungen werden dabei die Laserstrahlen entweder durch einen Eiswürfel direkt auf die Haut appliziert (perkutane Nd:YAG Lasertherapie) oder transkutan über eine dünne Laserfaser tief in das Gefäßgewebe eingeführt (interstitielle Nd:YAG Lasertherapie).

Der langgepulste Nd:YAG Laser (VersaPulse®) im frequenzverdoppelten Modus mit einer Impulszeit von bis zu 50ms ist die neueste Variante und steht, an der Impulszeit gemessen, zwischen dem continuous-wave und gütegeschaltetem Nd:YAG-Laser. Da das Licht der Wellenlänge 532nm nahe eines der Absorptionsmaxima des oxygenierten Hämoglobins liegt, zerstört es, in Kombination mit einer ausreichend langen Impulszeit, kleine dermale Gefäße. Aus diesem Grund eignet sich dieser Laser besonders für die Behandlung oberflächlicher vaskulärer Hautveränderungen (Nävi flammei, essentielle Teleangiektasien, oberflächliche dünne Besenreiservarizen, Spider Nävi, senile Angiome) [2-3, 8, 15, 22, 24]. Ein speziell entwickeltes Kühlhandstück (sog. chilled tip), welches während des Laservorganges über die Haut geführt wird, schützt, ähnlich wie bei der perkutanen Nd:YAG-Lasertherapie, die Epidermis weitgehend vor thermischen Schädigungen.

Die kürzeste Impulszeit hat der gütegeschaltete Nd:YAG Laser (Wellenlänge 1064 und 532nm) mit einer Impulszeit von 5-10ns. Seit Ende der achtziger Jahre wird dieser mit einer Wellenlänge von 1064nm neben dem gütegeschalteten Rubinlaser für die Entfernung von schwarzen Tätowierungen eingesetzt [4, 9, 16-17, 26-27, 43-44]. Im frequenzverdoppelten Modus ist er die effektivste Methode zur Behandlung roter Tätowierungsfarben [16-17, 26-27, 44]. Neben Tätowierungen eignet sich der frequenzverdoppelte gütegeschaltete Nd:YAG Laser allerdings auch für die Therapie gutartiger pigmentierter Hautveränderungen wie Lentigines, Cafe-au-lait-Flecken, Nävus Ota und postinflammatorischer Hyperpigmentierungen [28, 38].

Continuous-wave (cw) Nd:YAG Laser (Wellenlänge 1064nm)

Das Licht des continuous wave (cw) Nd:YAG- Lasers wird im Gegensatz zum Kohlendioxidlaser nicht vom Gewebewasser, sondern vorwiegend von Gewebspigmenten absorbiert. Aus diesem Grunde passiert der Nd:YAG Laserstrahl ohne wesentlichen Energieverlust die Geweboberfläche und dringt bis zu 1cm tief ins Gewebe ein [36]. Die hohe Eindringtiefe und die damit verbundene Streuung schwächen den Laserstrahl soweit ab, daß das bestrahlte Gewebe nicht verdampft, sondern in erster Linie koaguliert wird. Histologisch findet sich eine unspezifische Koagulation mit epidermalen und dermalen Nekrosen sowie zerstörten Gefäßen mit koagulierten Erythrozyten [29-30]. Aufgrund der hohen Eindringtiefe und unspezifischen Wirkung ist das Risiko von Nebenwirkungen, insbesondere von Narbenbildung, erhöht [29-30].

Der kontinuierlich arbeitende Nd:YAG Laser wird vornehmlich für vaskuläre Hautveränderungen wie Feuermale mit nodulärer Oberfläche, sehr dunkel-livide Nävi flammei und voluminöse,

tiefliegende (subcutane) Hämangiome und venöse Malformationen eingesetzt [11, 20, 29-30, 36, 40-42]. Das wichtigste Einsatzgebiet ist dabei die Behandlung von subcutanen Hämangiomen. Daneben ist vereinzelt auch über die Entfernung von Warzen, Kaposi-Sarkomen und epithelialen Tumoren berichtet worden [30].

Hämangiome treten zunächst in den ersten Lebenstagen und -wochen als kleine rötliche Maculae in Erscheinung und können dann innerhalb weniger Monate dramatisch wachsen und erheblichen Komplikationen (Ulzerationen, Blutung, Infektion, mechanische Kompression wichtiger Nachbarstrukturen, funktionelle Störungen) mit sich bringen [7, 12]. Ca. 80% der Hämangiome gehen zwar in eine langsame totale (50%) oder partielle (30%) Regressionphase über, 20% jedoch zeigen keine Rückbildung. Nach abgeschlossener Regression ab dem 6.-10. Lebensjahr bleiben oft Narben und atrophische Hautbezirke mit Teleangiektasien zurück [21]. Eine abwartende Haltung ist aufgrund der möglichen Komplikationen nur in Einzelfällen gerechtfertigt, zumal es keine Parameter gibt, die eine Spontaninvolution des Hämangioms sicher voraussagen. Einzelfälle umfassen beispielsweise Kinder mit Hämangiomen an wenig exponierten Körperstellen wie dem Rücken und ältere Kinder, d.h. Kinder nach den ersten 12 Lebensmonaten, bei denen die Wachstumstendenz der Hämangiome erfahrungsgemäß nachläßt.

Idealer Behandlungszeitpunkt für Hämangiome ist deshalb die frühe Proliferationsphase, also möglichst kleine, kapilläre Hämangiome. Diese können effektiv und nebenwirkungsarm mit dem gepulsten Farbstofflaser oder der Kontaktkryotherapie behandelt werden [12, 25, 34]. Die Wirksamkeit dieser Methoden wird durch ihre begrenzte Eindringtiefe limitiert. Ist der richtige Behandlungszeitpunkt verpasst oder kommt es trotz Farbstofflaser- bzw. Kryotherapie zum unkontrollierten Wachstum des Hämangioms, sollte eine Therapie mit dem (cw)-Nd:YAG Laser erwogen werden. Vorrangiges Behandlungsziel einer cw-Nd:YAG Lasertherapie ist es dann, einen Wachstumsstillstand zu erreichen und die Rückbildungsphase einzuleiten [20, 29-30, 40-43].

Bei Lokalisation des Hämangioms an der äußeren Haut und gut zugänglichen Bereichen wie z.B. der Mundhöhle wird das Licht des (cw) Nd:YAG im kontaktlosen Betrieb auf die Haut appliziert (perkutane Nd:YAG Lasertherapie) [20, 41-42]. Um umfangreiche unkontrollierte Hitzeschädigungen der Epidermis während des Laservorganges zu verhindern, muß das dem Laserlicht exponierte Gewebe grundsätzlich gekühlt werden. Dies erfolgt unter Anwendung von luftblasenarmen Eiswürfeln, Eispackungen oder Spülungen mit Eiswasser. Die Gewebeeindringtiefe kann durch Kompression der Hautveränderungen mit einem Eiswürfel zusätzlich erhöht werden.



Abb. 1a: 4 Monate alter weiblicher Säugling mit intra- und subcutanem Hämangiom retroauriculär links. Kleine Exulzeration erkennbar. (Prof. Dr. R. Grantzow, München); Abb. 1b: Kind von Abb. 1a im Alter von 18 Monaten nach 2 maliger Nd:YAG-Lasertherapie. Typische Veränderungen nach Hämangiomregression mit Pigmentveränderungen, intracutanen Teleangiektasien und überschüssiger Haut. (Prof. Dr. R. Grantzow, München)

Sind die Hämangiome so tief gelegen, daß das Licht des Nd:YAG Lasers trotz Kompressionstechnik nicht die gewünschte Eindringtiefe erreichen, muß eine transmuköse bzw. transkutane Bestrahlung erfolgen (interstitielle Nd:YAG Lasertherapie, Abb. 1b und b) [11, 20, 40-43]. Mittels einer dünnen Laserfaser, die über einen Punktionskatheter manuell bzw. sonographisch gesteuert im Hämangiom bzw. der venösen Malformation plaziert wird, wird die Laserstrahlung unter gleichzeitiger Kühlung und unter ständigem Rückzug des gesamten Katheters direkt in das Hämangiomgewebe appliziert.

Unmittelbar nach einer (cw)-Nd:YAG Lasertherapie sind die Hämangiome wärmebedingt für 7-10 Tage angeschwollen. Die Häufigkeit der Anwendungen ist von der Ausgangsgröße der Hämangiome abhängig. Die Rückbildungsphase der Hämangiome kann bis zu einem Jahr nach der Laserbehandlung andauern [20].

Weitere Anwendungsbegiete des (cw)-Nd:YAG Lasers sind wie oben erwähnt Kaposi-Sarkome, Warzen und epitheliale Tumoren wie Spinaliome, Morbus Bowen und Basaliome [30]. Im Falle von epithelialen Tumoren ist eine (cw) Nd:YAG Lasertherapie allerdings nur speziellen Ausnahmefällen vorbehalten und in jedem Fall erst nach histologischer Sicherung durchzuführen. Geeignet sind nur Tumoren, die sehr oberflächlich, maximal bis zu 5mm tief ins Gewebe reichen [20]. Nachteile einer Nd-YAG Lasertherapie von epithelialen Tumoren sind die begrenzte Eindringtiefe des Laser sowie das Fehlen von histologischen Untersuchungen und Langzeitergebnissen.

Langepulster Nd:YAG Laser (Wellenlänge 532nm)

Seit Anfang 1997 steht ein langepulster frequenzgedoppelter Nd-YAG-Laser (VersaPulse®, Wellenlänge 532nm, Firma Coherent, Palo Alto, CA) mit Impulslängen bis zu 50ms und Impulsenergien bis zu 40 J/cm² zur Verfügung. Gemessen an seiner Impulszeit steht er zwischen dem continuous-wave und gütegeschalteten Nd:YAG Laser. Mit seiner Wellenlänge von 532nm liegt

der VersaPulse® nahe eines der Absorptionsmaxima des oxygenierten Hämoglobins und zielt deshalb, wie der Farbstofflaser, nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse auf kleine dermale Gefäße.

Die Entwicklung des langgepulsten Nd:YAG Laser basiert auf zwei z.T. theoretisch, z.T. klinisch begründeten Überlegungen. Obwohl der blitzlampengepumpte, gepulste Farbstofflaser (Wellenlänge 585nm, Impulslänge 0.45ms) der am häufigsten angewandte und bisher effektivste Laser in der Behandlung von vaskulären Hautveränderungen ist [24], lassen therapierefraktäre Feuermale oder die unbefriedigenden Ergebnisse in der Therapie der Besenreiservarikosis nach weiteren Therapiemöglichkeiten und den Ursachen für den ausbleibenden Therapieerfolg suchen. Gemert et al. [19] und Fiskerstrand et al. [18] sehen den mangelnden Erfolg einer Farbstofflasertherapie zum großen Teil in der ungenügend großen Impulslänge. Bestätigt wird dies durch Untersuchungen von Dierickx et al. [13-14], die feststellten, daß beispielsweise Gefäße einer Größe von 30-150µm, wie sie histologisch bei Feuermalen gemessen wurden, eine Impulslänge von 1-10ms benötigen. Die zweite Überlegung, die zur Entwicklung eines kühlenden Handstückes (sog. chilled tip) führte, war die Erkenntnis, daß eine Kühlung der Epidermis während des Laservorganges zu einer Verminderung thermisch bedingter Schäden der Epidermis führt und damit Nebenwirkungen wie Pigmentverschiebungen reduziert und zum anderen die Anwendung höherer Energien ermöglicht [1, 10, 31, 39]. Die Wirksamkeit der Laserstrahlen wurde dabei nicht gemindert. Theoretisch besitzt der VersaPulse® also aufgrund seiner variablen Impulsdauer von 1-50ms, der kontinuierlichen Oberflächenkühlung und hoher Impulsenergien, die Möglichkeit zur thermischen Zerstörung von Gefäßen mit unterschiedlichen Gefäßdurchmessern in unterschiedlichen Tiefen.

Histologische Studien von Adrian [2] und Bethge et al [8] konnten eine Gefäßschädigung, aber keine Gefäßruptur nach einer Behandlung mit dem VersaPulse® nachweisen. Dies ist auch der Grund für das Ausbleiben purpurischer Maculae nach dem Laservorgang, eine Nebenwirkung, wie sie für den gepulsten Farbstofflaser typisch ist. Trotz ihres transienten Charakters war diese Nebenwirkung für die Patienten kosmetisch äußerst störend.



Abb. 2a: 35-jähriger Patient mit einem linksseitigen Feuermal im Bereich der Schläfe, des Auges, der Oberlippe und der Wange 3/98.



Abb. 2b: Vollständige Entfernung des Feuermals nach sechs Behandlungen mit dem langgepulsten Nd:YAG Laser (VersaPulse®) 11/98.

Die ersten klinische Ergebnisse mit dem langgepulste Nd:YAG Laser sind ermutigend. Gute Ergebnisse konnten bisher in der Behandlung von Nävi flammei (Abb.2a u. b) [15, 21], facialem essentiellen Teleangiektasien (Abb. 3a u. b) [3] und der Besenreiservarikosis [2, 8] festgestellt werden. Das Auftreten von Nebenwirkungen ist insgesamt sehr niedrig. Vermehrte transiente Hyperpigmentierungen konnten Adrian et al. nur nach Behandlung von Besenreiser der Beine beobachten. Narbenbildungen traten in keinem Fall auf. Schwellung und Rötungen sind häufige postoperative Begleiterscheinung, die bis zu 48 Stunden andauern können [2-3, 8, 22]. Bei Verlust des Kontaktes zwischen Haut und kühlendem Aufsatz, sowie bei sehr hohen Impulslängen und Energien kann es zu Blasen-, Krusten- und Narbenbildung kommen [2-3, 8, 22]. Bemerkenswert ist, daß die Laserimpulse als wenig schmerzhaft empfunden werden: 87% der Probandinnen gaben beispielsweise in einer Studie von Bethge et al. [8] die Schmerzempfindung als gering an.

In Vorbereitung befindet sich von uns eine Studie, die die Therapie von initialen Säuglingshämangiomen mit dem langgepulsten Nd:YAG Laser untersucht. Desweiteren sind direkte Vergleichsstudien sowie Langzeitstudien nötig, die die Effektivität und das Indikationsspektrum dieses interessanten Lasers belegen und erweitern.

Gütegeschalteter Nd:YAG Laser (Wellenlänge 1064nm und 532nm)

Der gütegeschaltete Nd:YAG Laser der Wellenlänge 1064nm und 532nm mit einer Impulszeit von 5-10ns arbeitet nach dem von Anderson und Parrish [5] beschriebene Prinzip der selektiven Photothermolyse. Dieses Prinzip beschreibt die selektive, hochspezifische Zerstörung der jeweiligen Zielstruktur ohne wesentliche Beeinträchtigung des umliegenden Gewebes. Wichtig dabei ist, daß die Impulszeit gleich bzw. unter der thermischen Relaxationszeit (Zeit, die eine Struktur benötigt, um sich auf 50% ihrer maximal erreichten Temperatur abzukühlen) der Zielstruktur und der Epidermiszellen liegt. Primäre Zielstrukturen des gütegeschalteten Nd:YAG Lasers sind pigmenthaltenden Zellen (Melanosomen, melanintragende Zellen) bzw. Farb- und Schmutzpartikel in der Epidermis und Dermis [4].

Die Wirkmechanismen, durch die die Pigmente in der Haut entfernt werden, sind noch nicht vollständig geklärt. Diskutiert wird, daß die kurzen hochenergetischen Impulse des gütegeschalteten Nd:YAG Lasers zu einer schnellen Aufheizung ($>1000^{\circ}\text{C}$) der absorbierenden Zielstrukturen führen und diese im folgenden aufgrund von sog. shock waves bei schneller thermischer Expansion ihre Integrität verlieren [16, 35, 44]. Histologische Studien nach Laserexposition weisen vermehrt freigesetzte, z.T. fragmentierte Pigmente in der Epidermis und Dermis nach, die im Rahmen einer Entzündungsreaktion wahrscheinlich besser phagozytiert und über Lymphbahnen abtransportiert werden können [16, 35, 44]. Ferguson et al. [16] vermutet zusätzlich, daß die oberflächlichsten Pigmente, die auch der höchsten Energie ausgesetzt sind, durch die entstehende Hitze vollständig in den Gaszustand überführt und in das extrazelluläre Gewebe flüchtig werden. Erklärbar ist dadurch auch die weißliche Verfärbung der behandelten Areale nach Nd:YAG Lasertherapie, da eine Anreicherung von Gas im Gewebe zu eine Änderung des Brechungsindex der Haut führt. Tiefer gelegenen Pigmente können dann aufgrund der geringeren Energie nur noch nach oben beschriebenen Prinzip fragmentiert und phagozytiert werden. In diesem Zusammenhang wird auch diskutiert, inwieweit fragmentierte Partikel bzw. durch Lasertherapie chemisch alterierte Fremdpigment ihren Brechungsindex ändern und somit weniger sichtbar werden bzw. zu einer Aufhellung der Tätowierung/Läsion führen (Ferguson, Ross).

Haupteinsatzgebiete des gütegeschalteten Nd:YAG Lasers sind Laien- und Profitätowierungen sowie Schmutztätowierungen [17, 25-26, 31, 43]. Mit z.T. guten Ergebnissen können daneben auch gutartige pigmentierte Läsionen wie Lentigines, hyperpigmentierte Narben, Epheliden, Cafe-au-lait-Flecken, seborrhoische Keratosen, der Nävus Ota und der Becker-Nävus behandelt werden [28, 38].

Im Falle von Laien- und Profitätowierungen wird der gütegeschaltete Nd-YAG Laser mit einer Wellenlänge von 1064nm zur Entfernung von schwarzen und schwarzblauen, im frequenzdoppelten Bereich (Wellenlänge 532nm) von rote Tätowierungsfarben eingesetzt (Abb. 4 a u. b) [9, 17, 26-27, 31, 43]. Die Anzahl der Sitzungen ist davon abhängig, ob es sich um Laien- oder Profitätowierungen handelt. Die oftmals nur mit schwarzer Tusche gestochenen Laintätowierungen können in der Regel in wenigen (ca. 1-6) Sitzungen narbenfrei behandelt werden [26, 31, 43]. Bei Profitätowierungen sind aufgrund der höheren Pigmentdichte und stabileren/vielfältigeren Farbverbindungen im Durchschnitt zwischen 4-8 Sitzungen, in Einzelfällen auch mehr Sitzungen notwendig [26, 31, 43]. Mehrfarbige Tätowierungen erfordern ebenfalls erheblich mehr Sitzungen (bis zu 20 Sitzungen) und den parallelen Einsatz verschiedener Lasersysteme [26, 43]. Wir setzten nebeneinander den gütegeschalteten Nd:YAG, Rubin- und Alexandritlaser ein.

Eine aktuelle Studie von Ross et al. [35] untersuchte im Vergleich die Wirksamkeit von eines gütegeschalteten Picosekunden- und Nanosekunden-Nd:YAG Lasers in der Behandlung von Tätowierungen. Hintergrund dieser Studie ist die theoretische Annahme, daß Pigmentpartikel von 40nm Größe, eine thermische Relaxationszeit von gerade einer Nanosekunde besitzen. Die Tendenz zeigte tatsächlich ein besseres Ansprechen der Tätowierungen auf Nanosekunden-Impulse. Bisher fehlen jedoch die technischen Möglichkeiten, um Nd:YAG-Laser im Picosekundenbereich serienmäßig herzustellen.

Für akzidentelle Schmutzeinsprengungen und Schmutztätowierungen stellt der gütegeschaltete Nd:YAG Laser ebenso wie der gütegeschaltete Rubinlaser eine elegante Behandlungsmöglichkeit dar [33,

37]. In einer aktuellen Studie von Troilius ist der Erfolg einer Lasertherapie von Schmutztätowierungen mit dem Nd:YAG Laser vom Alter, sowie der Tiefe und der Konsistenz der Tätowierungen abhängig. Im Durchschnitt sind zwischen 2-11 Behandlungen notwendig [37]. Vorteilhaft sind ältere, weiche und oberflächliche Einsprengungen. Beschrieben ist auch die erfolgreiche Entfernung minozyklin-induzierter Hyperpigmentierungen mit dem gütegeschalteten Nd:YAG Laser [23].

Aufgrund der kontinuierlich abnehmende Absorption von Melanin zu langen Wellenlängen hin, wird zur Behandlung von benignen pigmentierte Hauteränderungen der gütegeschaltete Nd:YAG Laser im frequenzverdoppelten Modus eingesetzt [28, 38]. Die besten Ergebnisse lassen sich bei Lentiginos und Epheliden und seborrhoischen Keratosen erreichen [28, 38]. Meist langt eine einzige Sitzung aus, um diese Hautveränderungen vollständig zu entfernen. Die Therapie von Cafe-*au-lait*-Flecken, Nävus Ota, postinflammatorischen Hyperpigmentierungen und Becker-Nävi gestaltete sich aus mehreren Gründen schwierig [28]. Entweder sprechen die Läsionen garnicht oder nur schlecht auf eine Lasertherapie an und benötigen eine hohe Anzahl von Sitzungen. Aus ungeklärter Ursache kann es aber auch nach erfolgreicher Aufhellung wieder zu Rezidiven der Hautveränderungen kommen [28].

Aufgrund der Wellenlänge von 1064nm (geringe Absorption von Melanin) führt der gütegeschaltete Nd:YAG Laser seltener zu Hypopigmentierungen als der gütegeschaltete Rubinlaser (Wellenlänge 694nm) [17, 26-27, 31, 43]. Im frequenzverdoppelten Modus allerdings treten Hypopigmentierungen sowie postoperative punktförmige Blutungen und postinflammatorische Hyperpigmentierungen, aufgrund höherer Absorption der Laserstrahlen von Melanin und Hämoglobin, in einem höheren Prozentsatz auf [26, 43]. Bei Applikation von hohen Energiedosen (ab ca. 5J/cm²) ist das Auftreten von punktförmigen Blutungen beim gütegeschalteten Nd:YAG Laser allerdings als obligat anzusehen [43].

Zusammenfassung

Der Nd:YAG Laser hat sich im Laufe der Jahre zu einem der interessantesten dermatologischen Laser entwickelt. Mit keinem anderen Laser ist die Behandlung sowohl von pigmentierten als auch vaskulären Hautveränderungen in der dargestellten Variationsbreite möglich. Bei gleichbleibenden Wellenlänge (1064 und 532nm) bestimmt letztendlich die Impulslänge welche Hautveränderung, pigmentiert oder vaskulär, und z.T. auch in welcher Tiefe behandelt werden kann.

Zusammenfassend kommt dem continuous-wave (cw)-Nd:YAG Laser für die Behandlung von voluminösen, subcutanen Hämangiomen und Malformationen (percutane/ interstitielle Nd:YAG Lasertherapie) die größte Bedeutung zu. Der langgepulste Nd:YAG Laser ist als hoffnungsvolle Alternative für die Behandlung von Feuermalen, oberflächlichen Hämangiomen, essentiellen Teleangiektasien und Angiomen anzusehen. Allerdings fehlt es für diese Betriebsart noch an umfangreichen wissenschaftlichen Studien und Langzeitergebnissen. Im gütegeschalteten Modus steht die Behandlung von Schmuck- sowie Schmutztätowierungen im Vordergrund. Gutartige pigmentierte Läsionen reagieren mit unterschiedlichen Erfolgen auf eine gütegeschaltete Nd:YAG - Lasertherapie.

Danksagung

Wir möchten Herrn Prof. Dr. R. Grantzow aus dem Dr. von Haunerschen Kinderspital München herzlich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die freundliche Überlassung von klinischen Bildern zur interstitiellen Nd:YAG-Lasertherapie danken.

(Literatur bei den Verfassern)

Copyright (c) 1997-2007 Prof. Dr. med. Christian Raulin. Alle Rechte vorbehalten.