
Holmium-Laser

Der Einsatz von Holmium-Lasern mittlerer Leistung in der Endourologie

Vortrag auf dem Seminar „Exchange of Experience“, 20. September 2002, Genua

J. Rassweiler, T. Frede, O. Seemann, M. Schulze

Abteilung für Urologie, SLK Kliniken Heilbronn, Universität Heidelberg, Deutschland

Einleitung

Als erster Laser für endourologische Anwendungen wurde der Nd:YAG-Laser zu Beginn der achtziger Jahre eingeführt. Zu dieser Zeit gab es nur den Nd:YAG-Laser, dessen Leistungsdaten für chirurgische Anwendungen ausreichten und dessen Wellenlänge von 1064 nm über hoch flexible Quarzfasern übertragen werden konnte – eine Grundvoraussetzung für den endoskopischen Einsatz.

Anfangs wurde dieser Laser für verschiedenste Anwendungen eingesetzt, mit zunehmender Erfahrung zeigte es sich jedoch, dass er sich hauptsächlich für die Koagulation von großvolumigen Tumoren oder Kondylomen optimal eignete. Mit zusätzlichen Tricks (Schwärzen der Faserspitze, elektrooptisches Feedbacksystem „Fibertom“) kann er auch zum Schneiden von Gewebe (z. B. Strikturen der Urethra) eingesetzt werden. Aber durch seine geringe Gewebeabsorption und der damit verbundenen großen Eindringtiefe zeigt er als Dauerstrichlaser große thermische Nebeneffekte, die sich nicht nur auf die Behandlungsstelle begrenzen, sondern tiefer gehen. Diese Nebeneffekte schränken den Vorteil und Nutzen dieses Lasertyps ein.

Alle Versuche, diesen Laser für die Lithotripsie einsetzbar zu machen, scheiterten, da die Absorption der Steine zu gering oder die Leistungsfähigkeit der Fasern zur Übertragung von gütegeschalteten Impulsen begrenzt ist.

1985 wurde für die Zertrümmerung von Harnkonkrementen der blitzlampengepumpte Farbstofflaser eingeführt. Obwohl dieser Laser sehr effizient in der Zertrümmerung unterschiedlicher Steinarten war, erwies er sich doch sowohl in den Anschaffungskosten als auch den laufenden Unterhaltskosten als teuer, da das Lasermedium, eine gefärbte Flüssigkeit, häufig ausgetauscht werden musste. Um jedoch wettbewerbsfähig zu bleiben, musste eine urologische Klinik mit Schwerpunkt auf der Steinbehandlung beide Lasertypen vorhalten.

Wegen der unzureichenden Lösung bestand seitens der Industrie ein großes Interesse und bei den Kliniken die Hoffnung, dass ein erschwinglicher Laser auf Festkörperbasis entwickelt werden würde, der für eine größere Anzahl endourologischer Applikationen – **hoch effizient und sicher in der Anwendung** – eingesetzt werden kann.

Der Holmium-Laser

Seit einigen Jahren wird nun der Holmium-Laser für den **endourologischen Einsatz** angeboten. Seine Wellenlänge von 2,1 µm wird sehr gut von Wasser absorbiert. Weil der Hauptbestandteil des Gewebes Wasser ist, kann dieses sehr leicht mit dem Holmium-Laser vaporisiert werden. Als gepulster Laser emittiert er kurze Impulse mit einer Dauer von einigen hundert Mikrosekunden. Bei Verwendung hoher Impulsfrequenzen ist ein Schneideeffekt erzielbar. Bedingt durch seine hohe Gewebeabsorption und kurze Impulsdauer ist die Wirkung des Holmium-Lasers auf den Bereich der Faserspitze begrenzt. Dennoch erzeugt er eine die vaporisierte Stelle umgebende **geringe Koagulationszone**, die für eine ausreichende Hämostase sorgt und in den meisten Fällen Blutungen verhindert.

Darüber hinaus zeigte es sich, dass der Wassergehalt von Harnsteinen ausreichend hoch ist, um genügend Absorption für die Zertrümmerung aller Arten von Steinen zu ermöglichen, unabhängig von deren Farbe, der Zusammensetzung oder Härte.

Die Wirkungsweise der Holmium-Laserstrahlung ist in beiden Fällen gleich:

Ein kleines Wasservolumen wird von dem Laserimpuls bestrahlt und durch diesen extrem schnell auf eine Temperatur von einigen 100 °C aufgeheizt. Das überhitzte Wasser wandelt sich unmittelbar in Wasserdampf von hohem Druck um und expandiert explosionsartig (das Explosionsgeräusch ist als kleiner Knall zu hören). Hierbei werden Stein- und Gewebepartikel mitgerissen, ohne dass diese selbst verdampft werden müssen. Entsprechend ist der Vorgang hoch effizient.

Tatsächlich kann dieser Effekt als quasi athermisch eingestuft werden, da der thermische Effekt auf den verdampften Spot begrenzt ist und das umgebende Gewebe praktisch unbeschädigt bleibt. Dementsprechend wird nicht mehr von einer thermischen Vaporisation wie bei Dauerstrichlasern gesprochen, sondern von einer **athermischen Ablation**.

Darüber hinaus bieten einige moderne Systeme eine **variable Impulsdauer**. Bei Verwendung von kurzen Impulsdauern werden die Lithotripsieeigenschaften verstärkt, bei langen Impulsdauern wird der koagulative Effekt gesteigert. So kann durch die Variation von Energie, Impulsdauer und Repetitionsrate die Laserstrahlung des Holmium-Lasers für verschiedene Anwendungen wie die der Lithotripsie, der Ablation und des Schneidens und sogar für die oberflächliche Koagulation oder die „Laserinduzierte Interstitielle Thermo-Therapie“ (LITT) optimiert werden.

Weil die Faserspitze sich nahe oder in direktem Kontakt mit Stein oder Gewebe befindet, absorbiert das umgebende Spülwasser die reflektierte Strahlung und schützt gleichzeitig die benachbarten Bereiche.

Somit erweist sich der Holmium-Laser als sicheres Instrument bei der **Anwendung unter Sicht**. Er ist sehr vielseitig, weil er sowohl für die Zertrümmerung von Steinen als auch für anderweitige Behandlungsmodalitäten eingesetzt werden kann, die die Ablation, die Inzision der Koagulation von Gewebe erfordert.

Geringe, mittlere oder hohe Leistung – wo sind die Unterschiede?

Generell können die Holmium-Laser in drei Kategorien unterteilt werden:

Holmium-Laser geringer Leistung mit 10 bis 20 W

Ihre Hauptanwendung ist die **Lithotripsie**, mit gewissen Einschränkungen hinsichtlich großer oder sehr harter Steine. Bedingt durch die typisch geringen Impulsfrequenzen (< 12 Hz) und Energien (< 2J) sind die Gewebeanwendungen überwiegend langwierig.

Unter Berücksichtigung der Investitions- und Unterhaltskosten sind Holmium-Laser geringer Leistung als teuer einzustufen und in ihrer Anwendung fast ausschließlich auf die Steinzertrümmerung begrenzt.

Holmium-Laser hoher Leistung von 60 bis 100 W

Diese Laser bieten eine sehr hohe Leistung, die oft über den tatsächlichen Bedarf hinaus geht. Die meisten Anwendungen erfordern jedoch nicht mehr als 30-40 W, allenfalls mit Ausnahme der Enukleation der Prostata.

Was die finanzielle Seite betrifft, können nur wenige medizinische Zentren die Beschaffungskosten aufbringen, weil diese das circa Dreifache gegenüber Lasern geringer Leistung betragen und die Anwendungen die laufenden Kosten kaum decken. In einem Gehäuse sind bis zu vier Laserstrahlquellen untergebracht, die zu einem einzelnen Strahl in einer dünnen Applikationsfaser zusammengeführt werden.

Dieser Prozess erfordert eine hohe Anzahl an Optiken, was wiederum **hohe Unterhaltskosten** bedingt, weil die optischen Komponenten ständig mit höchster Präzision ausgerichtet werden müssen, um die Funktion zu gewährleisten. Zudem erfordert die Spannungsversorgung einen **Hochstromanschluss und mehrphasige Anschlüsse**, die in den OP-Räumen standardmäßig nicht vorhanden sind. Durch den hohen Leistungsbedarf und durch die Umwandlung der gesamten Leistung in Wärme ist auch die Klimaanlage entsprechend zu regulieren, was wiederum einen hohen Kostenaufwand darstellt.

Holmium-Laser mittlerer Leistung von 30 bis 40 W

Laser mittlerer Leistung sind auf Grund der Anschaffungskosten, die nur etwas über denen der Laser geringer Leistung liegen, als auch durch ihre viel größere Bandbreite endourologischer Anwendungsmöglichkeiten eine **interessante Option** zwischen den bereits genannten Lasern geringer beziehungsweise hoher Leistung.

Neben der **Lithotripsie** sind auch **alle Arten von Hart- und Weichgewebeanwendungen** einschließlich der **Enukleation der Prostata** gegeben – vielleicht mit kleinen Einschränkungen hinsichtlich der Behandlungsdauer, so dass dieser Laser oft im Einsatz ist.

Zur Spannungsversorgung genügt eine **Standardwandsteckdose** (230 V/16 A), die in den OP-Räumen vorhanden ist.

Unsere Einjahreserfahrung mit dem Holmium-Laser mittlerer Leistung

Seit Anfang 2002 verwenden wir den Holmium-Laser **AURIGA** (WaveLight Laser Technologie AG, Erlangen, Deutschland). Seine maximale Leistung beträgt **30 W** bei maximalen Wiederholraten von **20 Hz**. Zusätzlich variiert die Impulsdauer von **200–600 µs** in Abhängigkeit des vorgewählten Behandlungsmodus.

So verfügt das Gerät über **alle endourologischen Applikationen** wie der Ablation, der Lithotripsie, dem Schneiden und der (oberflächlichen) Koagulation.

Die Energie wird über Fasern mit einem Kerndurchmesser von **230–800 µm** übertragen. Zusätzlich stehen spezielle Applikatoren wie ein seitlich abstrahlender (**side fire**) Applikator und ein **LITT-Applikator** zur Verfügung. Zudem sind keine speziellen Spannungsanschlüsse erforderlich (**230 V/16 A/eine Phase**).

Auf Grund des geringen Gewichtes und kompakten Designs ist das Gerät leicht zu bewegen, so dass wir es in drei verschiedenen OP-Räumen entsprechend unseren Anforderungen einsetzen.

Ergebnisse

Während eines Zeitraums von zwölf Monaten haben wir das Gerät für folgende Indikationen eingesetzt:

- 52 ureteroskopische Laserlithotripsien (LISL)
- 10 ureteroskopische Tumorbehandlungen
- 18 Laserendopyelotomien (LEP)
- 35 Laserurethrotomien (LUI)
- 10 Blasenhalssinzisionen
- 21 transurethrale Laserenukleationen der Prostata (TULP)

In keinem der Fälle trat ein technischer Defekt auf. Im Vergleich der genannten Erfahrungen mit denen des Nd:YAG-Laser bei der Behandlung von Strikturen und Tumoren erwies sich der Holmium-Laser als überlegen hinsichtlich seiner Eigenschaften bei der Ablation und Inzision. Dies beruht unserer Ansicht nach überwiegend

auf dem nicht-thermischen photoablativen Effekt des Gerätes, der es erlaubt, die Laserurethrotomien unter lokaler Anästhesie (Gel) mit signifikant geringeren Schmerzen im Vergleich zum thermischen Effekt des Nd:YAG-Lasers durchzuführen.

Hinsichtlich der **TULP** ist festzustellen, dass wir in der Lage waren, Prostataadenome bis zu 120 g zu enukleieren. Insbesondere bei großen Adenomen (> 80 g) stellt dies eine technisch herausfordernde Prozedur dar. Weiterhin stellte sich das Morcellieren, auch unter Verwendung verschiedener Morcellatoren, als kaum zufrieden stellend dar. Deshalb kombinieren wir derzeit die Laserenukleation mit einer morcellierenden bipolaren Resektion subtotal enukleierter Lappen. Dies hat den Vorteil, dass eine adäquate ENUKLEATION entsprechend der Technik der Laserenukleation durchgeführt werden kann, aber das Morcellieren mit einem bipolaren Resektoskop durchgeführt wird, unter Verwendung normaler Kochsalzlösung als Spüllösung, und so jeder Influx (d. h. TUR-Syndrom) selbst in Fällen mit langer OP-Zeit (d. h. > 120 Min.) vermieden wird.

Schlussfolgerungen

Das verwendete Holmium-Lasersystem AURIGA mittlerer Leistungsklasse erwies sich bei einer großen Anzahl von endourologischen Indikationen als sehr **effizient** und ergab einen **optimalen Komfort für Patienten**, da die Behandlungen allein unter **lokaler Anästhesie** durchgeführt wurden.

Seit dieses Gerät zur Verfügung steht, wurden die zwei zuvor genutzten Lasergeräte (Nd:YAG, Farbstofflaser) nicht mehr eingesetzt.

In Bezug auf die TULP erscheinen weitere technische Verbesserungen hinsichtlich eines adäquaten Morcellators jedoch erforderlich.

Prof. Jens Rassweiler
Abteilung für Urologie
SLK Kliniken Heilbronn
Universität Heidelberg
jens.rassweiler@slk-kliniken.de