

シンポジウム7：尿路結石治療の坂と雲～新たな時代の幕開け～

結石治療の坂と雲～新たな時代の幕開け：レーザー碎石技術 up date

原泌尿器科病院

藤田雅一郎*

抄録：

尿路結石症に対する内視鏡治療の進化は著しく、手術件数の増加の要因にはレーザーや内視鏡の進化が挙げられる。約20年前から Holmium: yttrium-aluminum-garnet laser (Ho: YAG レーザー) が標準的に使用されており、本邦では未だゴールドスタンダードである。しかし時代と共に、Ho: YAG レーザーも出力の増加、パルス幅の選択、新たなテクノロジーの出現と様々な進化を遂げ、更に Thulium fiber laser (TFL) や Thulium YAG laser (Tm: YAG レーザー) といった新たなレーザーも出現している。

(西日泌尿. 86 : 197-198, 2024)

キーワード：尿路結石, Ho: YAG laser, TFL, Tm: YAG laser

近年の経尿道的尿管碎石術 (Transurethral Lithotripsy; TUL) において軟性尿管鏡とレーザーの進化は多大な影響を及ぼし、特に Ho: YAG レーザーの出現は碎石法に大きな変革をもたらし、全尿路の結石に対する碎石術も可能となった。1990年代から Ho: YAG レーザーを使用した結石碎石手術が行われるようになり、2008年頃から ESWL を超える年間症例数の報告がなされ、現在も更に普及し続けている。

Ho: YAG レーザーの進化は主に出力の増加、パルス幅の選択、新たなテクノロジーの搭載、の3つが上げられる。これらの進化の中で、注目すべきは新たなテクノロジーの搭載である。2016年以降、Moses 機能が搭載された高出力レーザー発生装置が出現した。Moses Technology では1パルスに波形の異なる2発のレーザーを連続で照射する事が出来るようになり、結石の碎石方法は更に変化を遂げた。また、近年では Tm: YAG レーザーや TFL など新たなレーザーが出現し、欧米では広く使用されている。レーザーの進化と共に碎石方法も変化し、結石の部位や大きさなど、各症例に合わせた碎石方法を術者が選択できる時代へと変化してきている。

Ho: YAG レーザーによる碎石方法

Ho: YAG レーザーによる碎石方法の原理には大きく2つあり、photomechanical ablation と photothermal ablation である¹⁾。photomechanical ablation は frag-

mentation に関係し、一方 photothermal ablation は dusting に関係する。photomechanical ablation は Short pulse laser で発生するメカニズムであり、レーザー先端と結石との間で発生する気泡による cavitation を起こす事により発生する shock wave と、その shock wave の収縮の2つの力によって結石を割っている。その際のポイントとして、結石とレーザーの間にある程度の距離が必要となる。

一方、photothermal ablation は Long pulse laser で発生するメカニズムであり、レーザーが結石表面に接するとレーザーの爆発効果が結石の中の気孔まで伝わり、水を気泡化させる事によって一気に結石の中で爆発を起こし、高熱を発生させて結石片が小さな dust となる。この際のポイントとして、レーザーと結石の距離は密接していなければならない。

Ho: YAG レーザーにおける
新たなテクノロジーの出現

通常、レーザーからのエネルギーが直接結石へ伝わるまでに、液体内で多くのエネルギーは吸収され消費してしまう。Moses Technology を用いると、2つの気泡を連続して発生させる事で、1発目の気泡内を2発目のレーザーエネルギーを消費させる事無く標的物に到達させる事が出来る。最初の気泡の収縮する力により結石を引きつける事で retropulsion を低下させ、効率的にレーザーエネルギーを結石へと伝える。Moses Technology には contact mode と distance mode があり、contact mode では結石とレーザー先端との距離が1mmで、distance

* 〒650-0012 兵庫県神戸市中央区北長狭通5丁目7番17号
TEL 078-371-1203, FAX 078-371-6419

mode では結石とレーザーとの距離が2 mm でエネルギーを100% 伝える事ができる²⁾。それぞれの特性を理解し、距離を意識する事で、fragmentation, dusting, pop-corning, pop-dusting などの碎石法を結石の性状にあわせて、最良の選択を行う必要がある。Moses mode を使用する事で、regular mode と比較して有意差を持って retropulsion を抑え、手術時間も短縮される事が報告されている³⁾。

新たなレーザーの出現

近年欧米で広く使用されている TFL は Ho:YAG レーザーと比較して低エネルギーで retropulsion を抑え、より細かい碎石が可能となる⁴⁾。しかし Moses technology を要した High power Ho:YAG レーザーと TFL を比較すると、Ho:YAG レーザーを使用した方が手術時間は長い⁵⁾が Stone Free Rate は同等の結果で、碎石効率も同等であったと報告されている⁵⁾。

文 献

- 1) 井上貴昭：レーザー碎石法の原理とその変遷. Japanese Journal of Endourology and Robotics. **35**: 1-4, 2022.
- 2) Pengbo J. et al.: Comparison of Superpulse Thulium Fiber Laser vs Holmium Laser for Ablation of Renal Calculi in an In Vivo Porcine Model. J Endourology. **37** (3): 335-340, 2023.
- 3) Ahmed Ibrahim. et al.: Double-Blinded Prospective Randomized Clinical Trial Comparing Regular and Moses of Holmium Laser Lithotripsy. J Endurol. **34** (5): 624-628, 2020.
- 4) 藤田雅一郎・他：レーザー新時代の尿路結石症治療. 泌尿器科. **16** (4): 464-467, 2022.
- 5) Abhijit P. et al.: High-Power Holmium with MOSES Technology or Thulium Fiber Laser in MiniPerc with Suction: A New Curiosity. J Endourology **36** (10): 1348-1354, 2022.

THE SLOPES AND CLOUDS OF URINARY STONE TREATMENT ~ THE DAWN OF A NEW ERA: UPDATE ON LASER LITHOTRIPSY TECHNOLOGY

MASAICHIRO FUJITA

Hara Genitourinary Hospital, Hyogo, Japan

Abstract

Endoscopic therapy for urolithiasis has been progressed by the evolution of laser and endoscope technology. The Holmium:yttrium-aluminum-garnet laser (Ho: YAG laser) has been in use for approximately 20 years and is still the current standard of care in Japan. Not only current Ho: YAG laser is enhanced in output and pulse, but also new laser technologies including Thulium fiber laser (TFL) and Thulium YAG laser (Tm: YAG laser) are in practical use. (Nishinoh J. Urol. **86**: 197-198, 2024)

key words: Urolithiasis, Ho: YAG laser, TFL, Tm: YAG laser