

## ÜROLOJİK CERRAHİDE LAZER KULLANIMI | THE USE OF LASER IN UROLOGIC SURGERY

## Ürolitiazis ve Lazer

## Urolithiasis and Laser

Adnan Gücük, Eray Kemahlı

Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi, Üroloji Anabilim Dalı, Bolu

## Özet | Abstract

Son yıllarda fleksibl üreteroskopideki teknolojik ilerlemelerle üst üreter ve böbrek taşlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Özellikle ince kalibreli ve fleksibl cihazlarla güvenli intrakorporeal litotripsideki başarı lazer litotriptörler ile sağlanabilmektedir. Lazer cihazları birbirinden dalga boyu, atım genişliği, atım enerjisi açısından ayrılırlar. Lazerler esas olarak fotoakustik ve fototermal olmak üzere iki mekanizma ile fragmentasyon sağlamaktadır. Pulsed-dye lazer, FREDDY lazer, Aleksandrite lazerler fotoakustik etkili iken Ho:YAG ve Er:YAG lazer fototermal etkilidir. Güncel olarak intrakorporeal litotripside Ho:YAG lazer altın standart olarak kabul edilmektedir. Ho:YAG lazerin tüm taş komponentlerindeki etkinliği, hızlı ve güvenli taş fragmentasyonu, taş retropulsiyonuna en az yol açan litotriptör olması diğer litotriptörlerden üstün olmasını sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Ürolitiazis, lazer, intrakorporeal litotripsi

In recent years, thanks to technological advances in flexible devices, ureteroscopy may be possible to achieve at the upper ureter and kidney stones. Successful and safe intracorporeal lithotripsy using especially fine-caliber and flexible devices has been performed with laser lithotriptors. Laser devices are different from each other in terms of wave length, pulse width and pulse energy. Laser devices basically have two mechanisms of fragmentation which are photoacoustic and photothermal. Pulsed-dye laser, FREDDY laser and Alexandrite lasers produce photoacoustic fragmentation while the effect of Ho: YAG and Er: YAG are photothermal. Currently, Ho: YAG laser is considered the gold standard for intracorporeal lithotripsy. Ho: YAG laser is superior to other lithotriptors because Ho: YAG laser is effective in all stone components, ensures fast and safe stone fragmentation and causes the least stone retropulsion.

**Key words:** Urolithiasis, laser, intracorporeal lithotripsy

## Giriş

Üriner sistem taşlarının cerrahi tedavisinde son 20 yılda çok büyük değişiklikler olmuştur. Bu dramatik değişiklik büyük oranda radyografik aletler, endoürolojik cihazlar ve intrakorporeal litotriptörler sayesinde meydana gelmiştir. Bugün için güncel olarak intrakorporeal litotripside ultrasonik, pnömotik, elektrohidrolik litotriptörler (EHL) ve lazer litotriptörler kullanılmaktadır. Hangi tür litotriptör kullanılacağını büyük oranda taşların yerleşimi, içerikleri, büyüklükleri ve sahip olunan teknolojik alt yapı belirlemektedir.

Günümüzde 2 cm'den büyük böbrek taşlarında perkütan nefrolitotomi (PNL) ilk seçenek tedavi olarak önerilirken ESWL ile kırılmayan daha küçük böbrek ve üreter taşlarında da büyük oranda cerrahi tedavi gerekmektedir. Son zamanlarda fleksibl üreteroskopideki teknolojik ilerlemelerle üst üreter ve her lokalizasyondaki böbrek taşlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Fakat daha küçük kalibredeki bu cihazlarla taş kırma işlemi pnömotik ve ultrasonik litotriptörlerin rijit ve daha kalın çaptaki problemleri ile uygulanamamaktadır. Bu durumlarda küçük kalibreli ve fleksibl olan bu cihazlarla taş kırma başarısına lazer litotriptörler ile ulaşılabilmektedir.

## Litotripside Kullanılan Lazer Türleri ve Etki Mekanizmaları

Günümüzde intrakorporeal taş fragmentasyonunda birkaç çeşit lazer cihazı kullanılmaktadır. Lazer cihazları birbirinden dalga boyu, atım genişliği ve atım enerjisi açısından ayrılırlar.(1) Fotoakustik etkili lazerler Pulsed-dye, Aleksandrite ve FREDDY (frequency-doubled double-pulse neodymium: YAG) lazer iken, fototermal etkili olanlar Ho: YAG (Holmium: YAG) ve Erbium: YAG (Er: YAG) lazerler olarak sayılabilir. Fotoakustik etkili lazerlerde uygulanan yerde sferik plazma kaviteye baloncuğu oluşur. Bu baloncuğun simetrik olarak maksimum boyuta ulaşmasını takiben ani kollapsı şok dalgası oluşumuna yol açar.(1) Şok dalgası oluşumu kaviteye baloncuğunun geometrik şekline bağlıdır. Daha büyük ve daha simetrik kaviteye baloncuğu kollabe olduğunda daha güçlü bir akustik emisyonuna yol açar. Bu mekanizmaya lazerin fotoakustik veya fotomekanik etkisi denilir.(2) Fotoakustik etkili lazerler düzensiz ve sürekli olmayan bir fragmentasyon sağlarken fototermal etkili olanlar düzenli, simetrik ve daha küçük fragmentasyon sağlarlar. Lazer enerjisinin jeneratörden hedefe iletilmesini sağ-

lamak için silikadan yapılmış fiberler kullanılır. Bu fiberler hem ucuz, hem de biyouyumluluğu olan yapılardır.(3, 4) Fotoakustik etkili lazer fiberleri maksimum etki için taş yüzeyinden hafif uzakta olmalıdır, oysa Ho: Yag lazerde fiberler taşa temas etmeli ya da olabildiği kadar yakın olmalıdır.(5) Bu fiberlerin çapı 200-1000 µm arasında değişmektedir. Daha ince fiber daha kolay bükülebilir ancak uçları çok kırılma eğilimindedir.(6)

Üreteral taşların fragmentasyonu amacı ile Pulsed-dye lazer 1986'da kullanılmaya başlanmıştır. Pulsed-dye lazer yeşil kumarin boyasından 5-10 Hz'de 1 µs kısa atımlarla lazer üretir. Lazer etkisi ile çok hızlı sıvı buharlaşması ve sferik plazma baloncukları oluşur, bu simetrik olarak genişler kollaps meydana gelir. Oluşan şok dalgası taşta fragmentasyona yol açar.(6) Pulsed-dye lazer tarafından 504 nm dalga boyunda oluşan enerji taş tarafından absorbe edilirken üreteral duvar tarafından absorbe edilmez.(1) Oluşan bu enerji kısa atımlarla salındığı için minimal ısı oluşumuna yol açar ki bu ısı termal hasara yol açmaz, basket ve kılavuz teli zedelemeyebilir. Oldukça pahalı olması ve sistin taşlarını kırması dezavantajı olarak sayılabilir. Lazer kullanımı sırasında ürolog, anesteziyolojist, hasta ve ameliyathane personelinin koruyucu gözlük kullanması gerekir. Bu lazerle oluşan fragmentasyon başarıları %64-94 olarak bildirilmiştir.(6) Başarısızlık daha çok cihaz arızası ve sistin, kalsiyum oksalat monohidrat taşlarının dirençli olması nedeniyle olmaktadır.(6) Aleksandrite lazer Pulsed-dye lazer gibi fotoakustik etki ile taş fragmentasyonu sağlar. Kendisi pahalı, idamesi ucuz bir lazer cihazıdır. 750 nm dalga boyuna sahip olup üreterde travmatik etkisi yoktur, basket ve kılavuz tele zarar vermez. Bu lazer de görmeyi bozabileceğinden ameliyathane personelinin koruyucu gözlük kullanması gerekir.

Plazma kabarcığı oluşumu ile taşı fragmente eden 532 ve 1064 nm dalga boyunda çalışan FREDDY lazer daha sonra tanımlanmıştır. Bu lazer tipinde çift frekanslı ve çift atımlı Nd: YAG lazer üretilmiştir.(7) İki farklı dalga boyunda aynı zamanda oluşan atımlardan birincisi plazma kabarcığı oluştururken ikincisi plazmanın ısınmasına yol açar. Bu lazerin kalsiyum, ürik asit ve struvit taşlarını 2,5±4,6 dakikada fragmente edebildiği belirtilmiştir.(8) FREDDY lazer ile yapılan çalışmalarda Ho: YAG lazerden daha fazla taş geri çıkışına yol açtığı, ancak taş fragmentasyonunda daha hızlı ve etkin olduğu saptanmıştır.(9) Ancak fragmentasyonun sistin taşlarında etkisizken kalsiyum oksalat monohidrat taşlarında zayıf etkinlikte olduğu belirtilmektedir. FREDDY lazerin maliyet etkinliği açısından nonsistin taşlarında daha iyi olduğu ancak sistin taşlarında, koagülasyon ve insizyonda, doku vaporizasyonunda etkisiz olduğu bildirilmiştir.(10)

### Ho: YAG Lazer

Ho: YAG lazer 2120 nm dalda boyunda suda maksimum absorbe edilen atımlı lazer olup bugün için lazer litotripside en yaygın ve etkin olarak kullanılan lazere aittir. Lazer fragmentasyonu esas itibarıyla fotoakustik ve fototermal etkiler ile

gerçekleşmektedir.(1, 6) Holmiyum lazerin fotoakustik etkisi atım genişliği ile ilişkilidir. Atım aralığı genişlediğinde kavitasyon kabarcığı oluşumu için daha çok enerji salınacaktır ancak bu kabarcığın simetrisinin bozulmasına da neden olmaktadır. (2) Daha uzun atım boyu asimetrik formasyonda balon oluşumuna bu da zayıf şok dalgasına yol açar.(11) Bu nedenle fotoakustik etkininin kısa atımlı lazerlerde daha ön planda olduğu gösterilmiştir.(11, 12) Ho: YAG lazer ağırlıklı olarak fototermal mekanizma ile taş fragmentasyonu sağlar ve lazer fiberinin ucunun taş ile direkt temasını gerektirir. Taş ile lazer fiberi arasında bir enerji köprüsü oluşur ve böylece taşdaki ısı artar, buhar kabarcıkları oluşur ve sıvının genişlemesi ile taşta kimyasal kırılma gerçekleşir.(13, 14) Ho: YAG lazer genelde 5-10 Hz frekansda kullanılır ancak Chawla ve arkadaşları çalışmalarında 20-40 Hz'de denemişler ve bu frekansda yapılan taş kırma işlemini "popcorn effect" olarak tanımlamışlardır. Alt kaliks gibi dar bir alanda lazer sürekli ateşlendiğinde irigasyon etkisi ile hareket eden taşlar lazer ile doğrudan hedeflenmeksizin fragmente olabilirler. Bu etkide taşla direkt temas gerekmemektedir.(15)

Ho: YAG lazerin fototermal mekanizma ile olan etkisi diğer intrakorporal litotriptörlere göre daha üstün olmasını sağlamaktadır. Güçlü şok dalgası olmayışı litotripsi sırasında taş kaçışının minimal olmasını sağlamaktadır.(16) Taşın geri çıkışının lazer fiberinin çapı, atım genişliği ve total enerji çıkışı ile orantılı olduğu düşünülmektedir.(17, 8, 18) Güçlü şok dalgasının olmayışı yaygın olarak EHL de olan üreteral duvar zedelenmesi gibi yakın doku yaralanması ve endoskopik cihazların zedelenmesini önlerken taşın fragmentasyonu için yeterli olmaktadır.(16, 14, 19) Değişik kompozisyonlardaki taşlarda yapılan çalışmalarda Ho: YAG lazerin EHL, atımlı lazerler ve pnömotik litotriptörlerden daha küçük taş fragmentasyonu sağladığı tespit edilmiştir.(14) Daha küçük fragmentasyon sayesinde rezidü taşların alımı için gereken ek müdahaleler basket yada grasper kullanımı, gereksiz girişim ve müdahalelerin getirdiği üreteral yaralanmalar ve stent ihtiyacı azalmaktadır.(20) Ho: YAG lazer fiberi ile ürotelyum arasındaki mesafe 0,5 mm den daha uzakta olduğunda ürotelyal zedelenme gözlenmez. Eğer mukozaya direkt temas var ise yalnızca 0,4 mm derinliğinde mukoza hasarı oluşur ki bu da oldukça güvenilir kabul edilmektedir.(6) Ho: YAG lazer tüm taş kompozisyonları tarafından absorbe edildiğinden sert sistin ve kalsiyum oksalat monohidrat taşlarında da etkin bir şekilde kullanılabilir.(21, 22) Fakat büyük ve sert taşlarda özellikle küçük çaplı fiberler kullanılırken taşta fragmentasyondan ziyade küçük delikler açılması şeklinde taşta yontulma olması zaman kaybettirici olabilmektedir.

Ho: YAG lazerin tek güvenlik zaafiyeti ürik asit taşı fragmentasyonu sırasındadır. Çalışmalar göstermiştir ki ürik asit taşları fototermal mekanizma ile kırılırken siyanid açığa çıkmaktadır. Çıkan siyanid oranında toplam enerji kullanımı ile orantılıdır.(23, 24) Bu nedenle bu siyanidin toksisitesi daha

iyi tanımlanıncaya kadar PNL, travmatik üreteroskopi gibi siyanidin sistemik olarak emilebileceği işlemlerde ürik asit taşı fragmentasyonlarında dikkatli olunmalıdır.(6)

Ho: YAG lazer kullanımı ile ilgili son çalışmalarda taşdan temizlenme oranlarında taşın lokalizasyonu ve üreteral mukozaya impakte olup olmadığının önemli olduğu belirtilmiştir. Distal üreteral taşlarda %100'e varan temizlenme oranları varken proksimal üreterde bu oran %70'lere düşmektedir.(25) Ho: YAG lazer ve EHL ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda toplam komplikasyon oranı %1-2, striktür oranı %0,35-0,72 olarak belirtilmiştir. ESWL'nin uygun olmadığı gebelik ve koagülopati durumlarında da etkin ve güvenilir olduğu belirtilmiştir.(26)

Ho: YAG lazerin taş fragmentasyon başarısı enerji ayarları, frekans ve fiber çapından etkilenmektedir. Küçük çaplı fiberler (200-365 mikron) semirijit ve fleksibl üreteroskoplara üst üriner sistem taşlarının tedavisinde etkin bir şekilde kullanılabilir.(27) 365 mikronluk fiberin üreteral taşların tedavisinde taşa ulaşmada minimal defleksiyonun gerektirdiği yerlerde en etkin olduğu gösterilmiştir. 200 mikron fiber göreceli olarak daha pahalı olduğundan fleksibl üreteroskopi ile maximum defleksiyonun gerektiği intrarenal taşlara saklanması daha akılcı olacaktır.(27) Eğer bu fibere rağmen defleksiyon sınırlaması nedeni ile taş kırmada zorlanıyorsa taşı bulunduğu kaliksdan basket yada grasper yardımı ile üst pol kalikslerine taşıyarak kırmanın daha etkin olacağı belirtilmiştir.(28,29) Ho: YAG lazer ile küçük fiberlerde ideal enerji ve frekans <1,0 J ve 5-10 Hz dir.(27) Büyük çaplı fiberler (550-1000 mikron) defleksiyonun gerekmediği mesane yada böbrek taşlarında kullanışlı olup 2.0J ve 15 HZ de fiber zedelenmesi olmaksızın kullanılabilir.

Er: YAG lazer güncel olarak en çok dış hekimliği, oftalmoloji ve otolaringolojide kullanılmakta olup birkaç önemli özelliği sebebi ile Ho: YAG lazere iyi bir alternatif olabileceğinden üroloji alanında inceleme safhasındadır.(30) Çalışmalar üriner taşların maksimum enerji ablasyonunun 2,9 µm dalga boyunda olduğunu göstermiştir. Er: YAG lazer 2,9-2,94 µm dalga boyundadır bu da Ho: YAG lazerden daha etkili olabileceğini gösterebilir. (31). Er: YAG lazer ile Ho: YAG lazerin karşılaştırıldığı *in vitro* çalışmalarda Er: YAG lazerin 3-5 kat daha hızlı fragmentasyon sağladığı belirtilmiştir. Bu etki kalsiyum okzalat, monohidrat ve sistin taşlarında da geçerli olmuştur.(32) Bu etkinlik oluşan buhar kabarcığı dinamiklerinin benzer olmasına rağmen, buhar kabarcıklarının Ho: YAG lazerde armut şeklinde Er: YAG lazerde ise torpido şeklinde olmasına bağlanmıştır.(33) Er: YAG lazer henüz klinik uygun fiber yokluğu sebebi ile kullanılamamaktadır.

Sonuç olarak intrakorporeal litotripside lazer litotriptörler oldukça etkin ve güvenilir olan cihazlardır. Günümüzde gitikçe yaygınlaşmakta olan retrograd intrarenal cerrahi sırasında fleksibl cihazların etkin kullanılmasını sağlamada en başarılı intrakorporeal litotriptörler lazerlerdir. Bu cerrahinin

yaygınlaşmasıyla da yerini pekiştirecek gibi görünmektedir. Tüm lazer litotriptör cihazları arasında Ho: YAG lazerler gerek tüm taş çeşitlerindeki etkinliği, gereksede daha küçük fragmentasyon oluşturması ve taş retropulsiyonuna yol açmaması nedeni ile litotripside altın standart olarak kabul edilmektedir.

### Kaynaklar

1. Chan KF, Prefer TJ, Teichman JM, Welch AJ. A perspective on laser lithotripsy: the fragmentation processes. J Endourol . 2001;15:257-73.
2. Jansen ED, Asshauer T, Frenz M, Motamedi M, Delacretaz G, Welch AJ. Effect of pulse duration on bubble formation and laser-induced pressure waves during holmium laser ablation. Lasers Surg Med 1996;18:278-93.
3. Knudsen BE, Glickman RD, Stallman KJ, Maswadi S, Chew BH, Beiko DT, et al. Performance and safety of holmium: YAG laser optical fibers. J Endourol 2005;19:1092-7.
4. Griffin S. Fiber optics for destroying kidney Stones. Biophoton Int 2002;11:44-7.
5. Freiha GS, Glickman RD, Teichman JMH. Holmium:YAG laser-induced damage to guidewires: an experimental study. J Endourol 1997;11:331-6.
6. Pierre S, Preminger GM. Holmium laser for stone management World J Urol. 2007;25:235-9.
7. Delvecchio FC, Auge BK, Brizuela RM, Weizer AZ, Zhong P, Preminger GM. In vitro analysis of Stone fragmentation ability of the FREDDY laser. J Endourol 2003;17:177-9.
8. Zorcher T, Hochberger J, Schrott KM, Kühn R, Schafhauser W. In vitro study concerning the efficiency of the frequency-doubled double-pulse Neodymium: YAG laser(FREDDY) for lithotripsy of calculi in the urinary tract. Lasers Surg Med 1999;25:38-42.
9. Marquet CG, Sung JC, Springhart WP, L'Esperance JO, ZhouS, Zhong P, et al. In vitro comparison of Stone retropulsion and fragmentation of the frequency doubled, double pulse Nd:YAG laser and the holmium:YAG laser. J Urol 2005;173:1797-800.
10. Lee J, Gianduzzo TR. Advances in laser technology in urology. Urol Clin North Am 2009;36:189-98.
11. Zhong P, Tong HL, Cocks FH, Pearle MS, Preminger GM. Transient cavitation and acoustic emission produced by different laser lithotripters. J endourol 1998;12:371-8.
12. Vassar GJ, Chan KF, Teichman JM, Glickman RD, Weintraub ST, Prefer TJ, et al. Holmium:YAG lithotripsy: Photothermal mechanism. J Endourol 1999;13:181-90.
13. Chan KF, Vassar GJ, Prefer TJ, Teichman JM, Glickman RD, Weintraub ST, et al. Holmium:YAG laser lithotripsy: A dominant photothermal ablative mechanism with chemical decomposition of urinary calculi. Lasers Surg Med 1999;25:22-37.
14. Teichman JM, Vassar GJ, Bishoff JT, Bellman GC. Holmium:YAG lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed dye laser or electrohydraulic lithotripsy. J Urol 1998;159:17-23.
15. Chawla SN, Chang MF, Chang A, Lenoir J, Bagley DH. Effectiveness of high-frequency holmium:YAG laser Stone fragmentation: the popcorn effect . J Endourol 2008;22:645-50.
16. White MD, Moran ME, Calvano CJ, Borhan-Manesh A, Mehlhaff BA. Evaluation of retropulsion caused by holmium: YAG laser with various power settings and fibers. J Endourol 1998;12:183-6.

17. Finley DS, Petersen J, Abdelshehid C, Ahlering M, Chou D, Borin J, et al. Effect of holmium:YAG laser pulse width on lithotripsy retropulsion in vitro. *J Endourol* 2005;19:1041-4.
18. Lee H, Ryan RT, Teichman JM, Kim J, Choi B, Arakeri NV. Stone retropulsion during holmium:YAG lithotripsy. *J Urol* 2003;169:881-5.
19. Grasso M. Experience with the holmium laser as an endoscopic lithotrite. *Urology* 1996;48:199-206.
20. Byrne RR, Auge BK, Kourambas J, Munver R, Delvecchio F, Preminger GM. Routine ureteral stenting is not necessary after ureteroscopy and ureteropyeloscopy: A randomized trial. *J Endourol*. 2002;16:9-13.
21. Teichman JM, Vassar GJ, Glickman RD. Holmium:yttrium-aluminum-garnet lithotripsy efficiency varies with Stone composition. *Urology* 1998;52:392-7.
22. Grasso M, Chalik Y. Principles and applications of laser lithotripsy: Experience with the holmium laser lithotrite. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16:3-7.
23. Teichman JM, Vassar GJ, Glickman RD, Beserra CM, Cina SJ, Thompson IM. Holmium:YAG lithotripsy: photothermal mechanism converts uric acid calculi to cyanide. *J Urol* 1998;160:320-4.
24. Teichman JM, Champion PC, Wollin TA, Denstedt JD. Holmium:YAG lithotripsy of uric acid calculi. *J Urol*. 1998;160:2130-2.
25. Jiang H, Wu Z, Ding Q, Zhang Y. Ureteroscopic treatment of ureteral calculi with holmium: YAG laser lithotripsy. *J Endourol* 2007;21:151-4.
26. Seitz C, Tanovic E, Kikic, Falkovic H. Impact of stone size, location, composition, impaction and hydronephrosis on the efficacy of holmium:YAG-laser ureterolithotripsy. *Eur Urol* 2007;52:1751-7.
27. Kuo RL, Asian P, Zhong P, Preminger GM. Impact of holmium laser settings and fiber diameter on Stone fragmentation and endoscope deflection. *J Endourol* 1998;12:523-7.
28. Kourambas J, Delvecchio FC, Munver R, Preminger GM. Nitinol Stone retrieval-assisted ureteroscopic management of lower pole renal calculi. *Urology* 2000;56:935-9.
29. Auge BK, Dahm P, Wu NZ, Preminger GM. Ureteroscopic management of lower-pole renal calculi: technique of calculus displacement. *J Endourol* 2001;15:835-8.
30. Marks AJ, Teichman JM. Lasers in clinical urology: state of the art and new horizons. *World J Urol* 2007;25:227-33.
31. Chan KF, Hammer DX, Choi B, Teichman JMH, McGuff HS, Pratisto H, et al. Free electron laser lithotripsy: threshold radiant exposures. *J Endourol* 2000;14:161-7.
32. Teichman JMH, Chan KF, Cecconi PP, Corbin NS, Kamerer ED, Glickman RD, et al. Erbium:Yag versus Holmium:Yag. *J Urol* 2001;165:876-9.
33. Chan KF, Vargas G, Parker PJ, Teichman JMH, Glickman RD, McGuff HS, et al. In vitro erbium:YAG laser lithotripsy. the international society for optical engineering, 2000;3914:198-206.