

Bacak damarlarının GentleYAG™ lazerle etkili tedavisi: kuramsal analiz

Yacov Domankevitz, Kıdemli Blim Adamı Scientist, Candela Corporation

Giriş

Bacak telenjektazisi ve retiküler damarlar toplumun büyük bölümünde meydana gelen ortak kozmetik kaygılardır. Bu anormalliklerde kabul edilen tedavi uzun süredir skleroterapi olmuştur. Skleroterapi kan damarı duvarına hasar veren ve neticede yıkılmasına neden olan kimyasal siklerozan ajanın enjekte edilmesi için bir iğnenin batırılmasını içerir. Skleroterapi bacak damarlarının tedavisinde altın standart olmayı sürdürmesine rağmen güncel çalışmalar farklı lazer türleri kullanıldığında olumlu iyileşmeler sergilemişlerdir.¹

Bu venöz bozuklukların tedavisinde birçok farklı lazer değerlendirilmiştir. Pulsu boya lazeri ve 532 nm yeşil ışık lazerleri vasküler lezyonların tedavisinde seçilen en popüler lazer teknolojileridir. Bu dalga boylarındaki yüksek hemoglobin ve melanin emilim katsayıları orta çaplı damarlardaki tedavi etkinliğini sınırlandırmaktadır (<1 mm).

Yakın dönemde, büyük çaplı lezyonların (>1 mm) lazerle tedavisinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Özellikle Nd:YAG lazer sistemleri mavi venüektazi ve retiküler damarların tedavisinde popülerite kazanmaktadır.

Candela firması 3 milisaniye puls süresi içerisinde 12 mm çapındaki lazer ışınıyla 70 J/cm² varan dozları uygulayabilme kapasitesi nedeniyle tüy dökme tedavisinde etkili olduğu gösterilen GentleYAG Nd:YAG lazeri piyasaya sunmuştur.

Bu makalenin amacı büyük, derin bacak damarlarının tedavisinde GentleYAG'ın bilimsel mantığının tartışılmasıdır.

Selektif Fototermolizis

Vasküler lezyonların lazerle tedavisi selektif fototermolizis prensibine dayanmaktadır.² Lazer sisteminin parametreleri uygun şekilde seçildikten sonra altta yatan epidermis ve komşu dermise minimal hasar verirken deri içerisindeki damarların selektif olarak ısıtılması mümkün olmuştur. Vasküler anormalliklerin tedavisinde selektif fototermolizisin dayandığı temel öğeler aşağıda açıklanmaktadır:

- 1. Selektif Emilim-** lazer enerjisi tercihen kan damarları tarafından soğurulurken altta yatan epidermis ve komşu dermis tarafından emilmelidir.
- 2. Optik penetrasyon derinliği (OPD)-** lazer enerjisi daha geniş ve derinde bulunan damarlara ulaşmak için yeterince derine nüfuz etmelidir.
- 3. Enerji birikimi-** damar bölgesindeki lazer enerjisi damarları hasar verecek sıcaklığa yükseltmeye yeterli olmalıdır.
- 4. Hasarın sağlanması-** lazer enerjisinin uygulanma süresi damarların termal gevşeme süresine eşit veya daha kısa süreli olmalıdır.
- 5. Epidermal soğutma-** bu madde selektif fototermolizisin temel öğesi olmamasına rağmen birçok lazer tedavisindeki zorunlu öğedir.

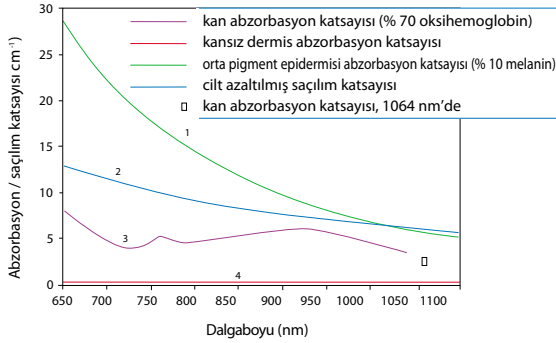
TEMEL ÖĞELER	LAZER PARAMETRELERİ			
	Dlga boyu	Puls süresi	Işın çapı	Çıkış enerjisi
Selektif emilim	X			
OPD	X		X	
Enerji birikimi				X
Hasarın sağlanması		X		

Tablo 1— Seçici fototermolizis temel elementlerinde birincil etkilere sahip lazer parametrelerini belirler. Lazer parametrelerinin seçici fototermolizis için etkili bir şekilde kullanmak üzere uygun şekilde seçilmiş olması gerekir.



Selektif Emilim— Dalgı boyu

GentleYAG 1064 nm dalga boyunda radyasyon sağlayan Nd:YAG lazer sistemidir. Şekil 1 650-1100 nm dalga boyunda kan damarlarının lazer tedavisine iliŐkin olarak kan, dermis, epidermis ve deri yapı taŐlarının optik özelliklerini göstermektedir. Şekil 1'e göre büyük çaplı damarların tedavisinde 1064 nm idealdir; çünkü:



Şekil 1—650-1000 nm aralığında kan, dermis ve epidermin optik özellikleri.

— Daha kısa dalga boylarına nazaran 1064 nm'da melanin emilimi daha düşük olup tedavi esnasında epidermin korunmasını artırır. Düşük melanin emilimi epidermisteki enerji kaybını azaltarak genel verimliliği artırır (Plot 1)

— Dermis içerisindeki saçılım 1064 nm'da daha düşük olup lazer enerjisinin derin damarlara ulaşmasını ve nüfuz etmesini sağlar (Plot 2)

— Çevre dermis dokusuna nazaran damar tarafından daha fazla soğurulması nedeniyle kan damarlarının selektif olarak hedef alınması mümkündür (Plot 3 ve 4)

Şekil 1'de açık şekilde gözükmemesine rağmen, kan emilimi geniş çaplı damar lümeni içerisinde tekdüze ışık dağılımını sağlamaya yetecek kadar düşüktür.

At 1064 nm, the GentleYAG has the optimal wavelength to treat larger, derinlikler leg veins.

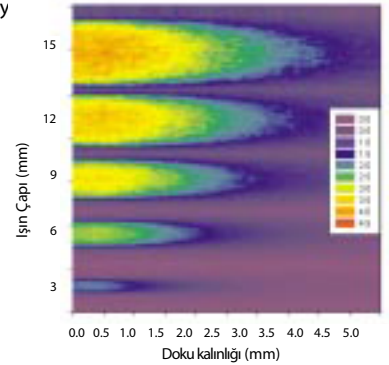
Optik Penetrasyon Derinliği— Dalgı Boyu ve Nokta Ebadı

Diğer Nd:YAG lazer sistemlerinde olduğu gibi GentleYAG büyük, derin kan damarlarının tedavisine için gerekli ideal dalga boyuna sahiptir. Bununla birlikte, lazerin dalga boyu büyük bacak damarlarının lazerle tedavisinin güvenliğini ve etkinliğini belirleyen yegane faktör değildir. Lazerin tüm parametreleri göz önünde bulundurulmalıdır.

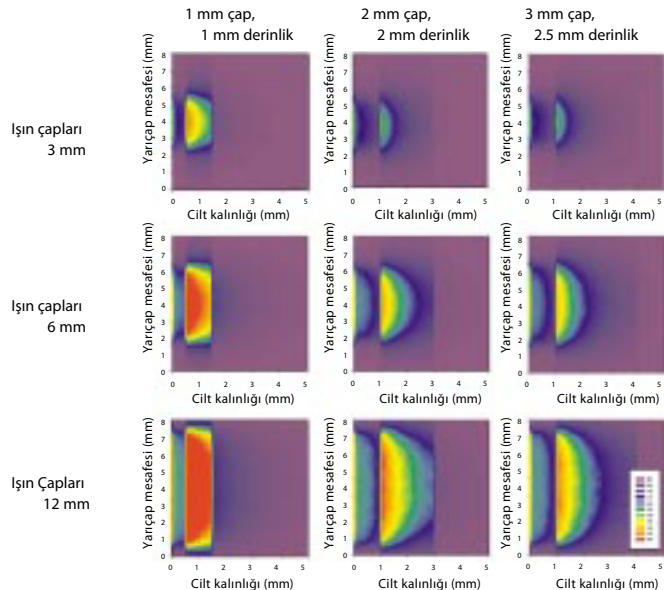
Selektif fototermoliz lazer enerjisinin büyük ve derinde yer alan damarlara ulaşmasına yetecek kadar derine nüfuz etmesini gerektirir. 1064 nm'da optik penetrasyon derinliği dokunun optik özellikleriyle ve anlık lazer ışınının çapıyla belirlenir. Bir J/cm² dozunda 1064 nm dalga boyundaki lazer ile dermis içerisindeki ışık dozunun dağılımı 3,6,12 ve 15 mm çapındaki ışınlar için Montecarlo simülasyonlarıyla hesaplanmıştır ve Şekil 2'de gösterilmektedir. 4,5 Şekil 2 daha geniş ışın çapının küçük çaplı ışınlarla nazaran daha derine nüfuz ettiğini göstermektedir.

Daha derine nüfuz etme özelliği damarın daha iyi ısıtılması anlamına gelmekte olup diğer bir Montecarlo simülasyonunda gösterilmektedir. Şekil 3 1 mm çap/1 mm derinlik, 2 mm çap/2 mm derinlik, 3 mm çap/2,5 mm derinlikteki kan damarları içerisinde üç farklı çaptaki ışının (3,16 ve 12 mm) eşit bir J/cm² dozunda ürettiği yerel volümetrik ısı üretimini göstermektedir. Lazer enerjisinin neden olduğu sıcaklık artışı yerel doz ve emilim katsayısının (μ) ürünü olan yerel volümetrik ısı üretimiyile c ışın çapı arttıkça kan damarında daha y tekdüze ısınma başarılır.

Şekil 2 ve 3 büyük çaplı ışınların geniş ve derin kan damarlarına daha etkili şekilde ulaştığını göstermektedir.



Şekil 2—Dermis içinde 1064 nm'de 3, 6, 9, 12 ve 15 mm'de lazer dağılımı



Şekil 3— 3, 6 ve 12 mm ışın çapları ile üretilen, farklı kan damarlarındaki lokal hacimsel ısı üretimi

Geniş ve derin yerleşimli damarların tedavisi göz önüne alındığında uygun ışın çapı göz önüne alınmalıdır.

12 mm nokta ebadıyla GentleYAG tüm Nd:YAG lazerler içerisinde en geniş nokta ebadına sahiptir. Dolayısıyla, GentleYAG diğer küçük nokta ebatlı Nd:YAG lazerlere nazaran enerjini daha derine gönderebilmektedir.

Enerji Birikimi—Doz

Doz J/cm² birimine göre enerjinin ışın alanına bölünmesi olarak tanımlanır. Lazer sistemleri tek başına dozla tanımlanmayıp belirli bir nokta ebadında elde edilebilen maksimum doza göre karakterize edilirler. Örneğin, her pulsta 80 J üretebilen lazer sistemi 12 mm ışın çapıyla uygulandığında 71 J/cm² dozu üretir. Diğer taraftan puls başına sadece 20 J (4 kat daha zayıf) üretebilen bir lazer sistemi sadece 6 mm ışın çapıyla 71 J/cm² dozunu üretebilir. Geniş ışın çapına sahip lazerler daha derine nüfuz ettiklerinden 12 mm ışın çapıyla elde edilen 70 J/cm² dozu 6 mm çaplı ışınla elde edilen 70 J/cm² dozuna göre büyük ve derin kan damarlarını daha etkili şekilde tedavi edebilirler. Önemli olan unsur deri yüzeyine uygulanan doz olmayıp damar sahasındaki deri içerisinde elde edilen dozdur.

GentleYAG sistemi 12 mm çaplı ışın yoluyla 3 ms puls süresinde 70 J/cm² dozunu uygulayabilen en güçlü medikal Nd:YAG lazer sistemidir.

Hasarın Sağlanması – Puls Süresi

GentleYAG sistemi 3 ms arayla lazer pulsu gönderir. Tüy dökülmesinde 3 ms puls süresi avantajlıdır; çünkü uzun puls süreli Nd:YAG lazerlere nazaran ince ve açık renkli tüylerin daha etkili şekilde tedavi edilmesine olanak sağlar ve vasküler tedavilerde de etkilidir. Diğer Nd:YAG sistemleri daha uzun puls süresi sunarlar ve bir yandan puls süresinin artırılması deri toleransını da arttırırken epidermin korunmasında etkili bir epidermal soğutma yöntemi çok daha kritik bir faktör olmaktadır. Vasküler etkinlik epidermal korunmayla belirlenmezken epidermal hasara neden olmaksızın bacak damarına uygulanan enerjinin miktarıyla belirlenir.

Selektif fototermolizis prensiplerine göre lazer puls süresi damarın termal gevşeme süresinden daha kısa veya eşit olmalıdır. Çünkü:

1. Damarda maksimum lazer enerjisi birikerek prosedürün etkinliğini arttırır.
2. Termal hasar sadece damarla sınırlı olup çevre dokuda istenmeyen hasar oluşumunu en aza indirir.

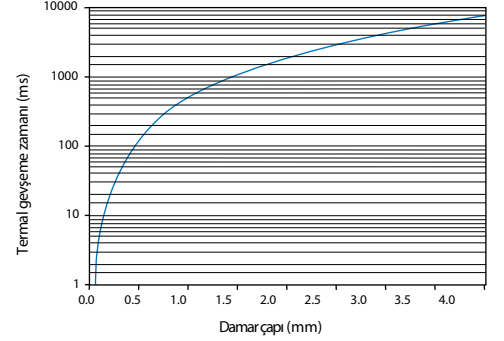
Şekil 4 çapı 10 mikrometre ile 40 mm arasında değişen damarların termal gevşeme sürelerini göstermektedir. Bu şekle göre 80 mikrometre çapındaki damarın termal gevşeme süresi 3 milisaniyedir. Böylelikle, geniş damarların tedavisinde (>1 mm) 3 ms puls süresi selektif fototermolizis gereksinimlerini açık şekilde karşılamaktadır. Büyük kan damarlarının termal gevşeme süreleri (TRT) oldukça uzun olduğundan puls süresinin uzatılması fiili olarak enerji emilimini iyileştirmez ve damar içerisindeki sıcaklık dağılımını düzenlemez. Bu bulgu Şekil 5'te temsil edilen veriyle kanıtlanmaktadır.

Şekil 5 ısı transferi sonlu-fark modellemesinden önce Monte-carlo ışık simülasyonları kullanılarak oluşturulmuştur.

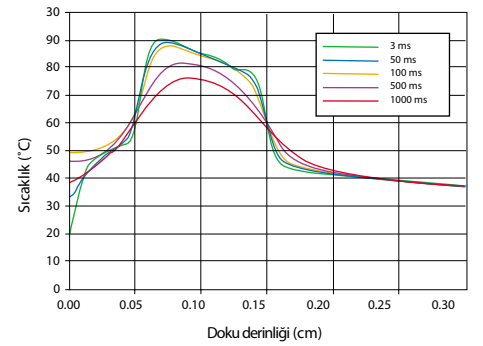
Bu şekil 3-1000 milisaniye puls aralığındaki eşit dozda lazer pulsunun deri içerisindeki 1 mm çap ve 1 mm derinliğe sahip damar içerisindeki sıcaklık dağılımını göstermektedir. 3-100 ms puls sürelerindeki sıcaklık dağılımı birbirlerine oldukça yakındır.

Kan akışının kan damarlarının ısınması ve tedavi etkinliği üzerindeki etkileri hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Büyük damarlar içerisindeki kan akış hızı (birkaç milimetre çapındaki birkaç cm/saniye hızına ulaşabilmektedir). Bu nedenle akan kanın taşıdığı ısı sadece iletken ısı difüzyonuna göre hesaplanan damarların termal gevşeme süresini aktif olarak azaltabilir. Uzun puls süresi ile küçük çaplı ışın kombinasyonu geniş çaplı ışın ile kısa puls süresi kombinasyonuna nazaran kan akışının etkilerine daha duyarlıdır.

3 ms puls süresine sahip GentleYAG sistemi selektif fototermolizis puls süresi gereksinimlerini karşılar. Kan damarı içerisinde lazer enerjisi etkili şekilde depolanarak enerji emilimini ve akabinde damardaki ısınmayı en yüksek düzeye çıkarır.



Şekil 4—10 µm - 4 mm ($k=1.3 \cdot 10^{-3}$ cm²/sec) aralığında damarlar için termal gevşeme zamanları



Şekil 5—3, 50, 100, 500 ve 1000 ms lazer puls süreleri tarafından üretilen, 1 mm çap, 1 mm derinliğe sahip damarda sıcaklık dağılımı

Epidermal Soğutma

Herhangi bir lazer prosedüründe kritik olan unsur derinin lazer enerjisinden nasıl korunduğudur. GentleYAG sistemindeki kriyojen bazlı dinamik soğutma cihazı (Dynamic Cooling Device™ (DCD™)) lazer tedavisi esnasında epidermin korunması yeteneği açısından kendine özgü bir sistemdir. Her lazer pulsundan önce hastanın derisine aynı miktarda kriyojen püskürtüldüğünden bu soğutma yönteminin uygunluğu ve tekrarlanabilirliği özellikle kısa puls süresi kullanıldığında lazer tedavisine hız ve uygunluk katar.

Diğer Nd:YAG lazer sistemleri hava soğutması veya havayla temasa bağlıdır; spesifiteden yoksun olmaları ve operatör tekniğine bağlılık tedavi alanının yetersiz veya fazla ısıtılması suretiyle tedavinin verimliliğini bozabilir.

Özet

Nd:YAG lazer sistemleri bacak telenjektazisi ve retüküler damarların tedavisinde her geçen gün artan şekilde kullanılmaktadır. Kuramsal analiz bu rahatsızlıkların tedavisinde Nd:YAG'ın etkinliğinin selektif emilim, optik penetrasyon derinliği, enerji birikimi, hasarın sağlanması ve uygulanan epidermal soğutma tipine bağlı olduğunu ve derin enerji penetrasyonu için daha büyük nokta ebatları kullanıldığında önemli gelişme sağlandığını ileri sürmektedir.

Candela firmasının büyük 12 mm nokta ebatlı, 3 ms puls süreli, etkili doz aralığı ve DCD tekniğine sahip 1064 dalga boyundaki GentleYAG lazeri geniş ve derin damarların tedavisinde kendine özgü bir kapasiteye sahiptir.

Referanslar

1. Sadick NS. Long-Term Results with a Multiple Synchronized-Pulse 1064 nm Nd:YAG Laser for the Treatment of Leg Venulectasias and Reticular Veins. *Dermatol Surg* 27:365-369, 2001.
2. Anderson RR, Parrish JA. Selective Photothermolysis: Precise micro surgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220:524, 1983.
3. Jacques SL. Skin Optics, Oregon Medical Laser Center News . 1998. (www.OMLC.ogi.edu).
4. Wang LH, Jacques SL, Zheng LQ. MCML—Monte Carlo modeling of photon transport in multi-layered tissues. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* . 1995; 47:131.
5. Skin optical parameters used in the model: $n = 1.37$, $\mu_a = 0.24 \text{ cm}^{-1}$, $\mu_s = 122 \text{ cm}^{-1}$, $g = 0.94$.
6. Witzleb E. Velocity of flow and cross-sectional area. Chapter 20. In: *Human Physiology*, Springer-Verlag 1989:492.

Candela Corporation
530 Boston Post Road
Wayland, MA 01778, USA
Phone: (508) 358-7637
Fax: (508) 358-5569
Toll Free: (800) 821-2013
www.candelalaser.com



CANDELA
BE CONFIDENT