

Retinal Lazer

Retinal Lazer

16 Çağrı İLHAN^a

^aGöz Hastalıkları Kliniği,
Hatay Devlet Hastanesi,
Hatay, TÜRKİYE

Received: 13.01.2018

Accepted: 08.02.2018

Available online: 12.04.2019

Correspondence:

Çağrı İLHAN
Hatay Devlet Hastanesi,
Göz Hastalıkları Kliniği, Hatay,
TÜRKİYE/TURKEY
cagriilhan@yahoo.com

ÖZET Argon lazer fotokoagülasyon, diyabetik retinopati tedavisinde 40 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır ve intravitreal farmakoterapi çağında bile önemli bir tedavi seçeneğidir. Fakat, single-spot argon lazer fotokoagülasyonun bazı önemli yan etki ve kısıtlılıkları bulunmaktadır. Grid lazer gibi düşük parametrelerin uygulandığı bir işlemde sonra bile lazer skarları genişleyerek retinal hasarı artırmaktadır. Eşik altı "diode micropulse lazer" ile lazer maruziyeti mikrosaniyelere düşürülerek retinal hasar azaltılmıştır. Pattern Scan Lazer (PASCAL) (Santa Clara, CA, ABD) ile tek oturumda, ağrısız panretinal fotokoagülasyon uygulanabilmektedir. Navilas (OD-OS, Inc, Almanya) ile arka kutup ve periferin eş zamanlı renkli fundus, floresein anjiyografi ve optik koherens tomografi görüntüleri alınabilmekte, görüntüler birbirine entegre edilerek hastaya özel tedavi planı oluşturulmakta ve mevcut bulgu ve tedaviler dijital ortamda kayıt edilebilmektedir. Lazer cihazlarındaki elektroteknik gelişmeler ile lazer sistemleri mükemmelleştirilmiş, yardımcı ekipmanların eklenmesi ile daha hızlı, daha konforlu ve daha güvenli hâle gelmiş ve oftalmolojideki uygulama alanları genişlemiştir. Bu çalışmada; retinal fotokoagülasyonun fiziksel ve biyolojik temelleri, güncel uygulama yöntemleri ve teknolojinin yakın gelecekteki evrimine dair bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Retinal fotokoagülasyon; diod lazer; pattern lazer; navigasyonlu lazer

ABSTRACT Argon laser photocoagulation is used for over 40 years in treatment of diabetic retinopathy and is an important treatment option even in the era of intravitreal pharmacotherapy. However, single-spot argon laser photocoagulation has important side effects and limitation. Even after performing laser with a low-parameter such as grid laser, laser scars enlarge and the retinal damage increases. Laser exposure was reduced to microseconds by subthreshold diode micropulse laser and retinal damage was decreased. Pattern Scan Lazer (PASCAL) (Santa Clara, CA, USA) provides painless panretinal photocoagulation in a single session. Navilas (OD-OS, Inc, Germany) can simultaneously obtain color fundus photographs of posterior pole and peripheral retina; can capture images of fluorescent angiography, and optical coherence tomography; plan of patient-specific treatment after integration of images; and records current findings or treatments in digital environment. The system has been perfected with the electrotechnical developments in laser devices, it has become faster, more comfortable and safer after the integration of auxiliary equipments, and the fields of application in ophthalmology have expanded. In this study, we aimed to give information about the physical and biological bases of retinal photocoagulation, current application methods and the evolution of the technology in near future.

Keywords: Retinal photocoagulation; diode laser; pattern laser; navigated laser

Güçlü bir ışık kaynağına doğrudan bakmanın göz üzerinde birtakım etkilerinin olabileceği, çok eski zamanlardan beri bilinmekte idi. 1954 yılında, güçlü ışık yayan bir cihazın, bazı göz hastalıklarının tedavisinde kullanılabileceği fikri doğmuş ve bunun ilk uygulaması 2 yıl sonra Dr. Meyer-Schwickerath tarafından geliştirilen ilkel lazer cihazı ile gerçekleştirilmiştir.^{1,2} Modern lazer cihazlarıyla karşılaştırıldığında odaklanma, çok ciddi ağrı ve yoğun hemoraji gibi aşılması gereken birçok temel

sorunu beraberinde getiren bu ilkel lazer cihazı, birçok retinal hastalık ile mücadelede en etkin ve ilk tercih olan lazeri bugünkü konumuna getiren süreci başlatmış olmuştur.

IŞIK-RETİNA ARA YÜZÜ

Retinaya ulaşan ışığın %60'ı, retina pigment epiteli tarafından emilmektedir ve melanozomlar bu emilimde en büyük rolü oynamaktadır.^{3,4} Işık-retina ara yüzündeki etkileşim; ışığın irradyans, dalga boyu, maruziyet süresi ve emilim (absorpsiyon) gibi özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmekte ve bu parametreler üzerinde çalışılarak sistem mükemmelştirilmektedir.⁵ Orta irradyans ve 20 msn'den uzun maruziyet, retinal sıcaklığı 20°C artırmakta ve kritik eşik üzerine çıkarmaktadır.⁶ Bu kritik eşik aşıldığında protein denatürasyonu ve enzim inaktivasyonu ile hücre nekrozu; hücre içi kabarcıkların (mikrobubble) oluşumu ve patlamasıyla da membran hasarı gerçekleşmektedir.^{7,8}

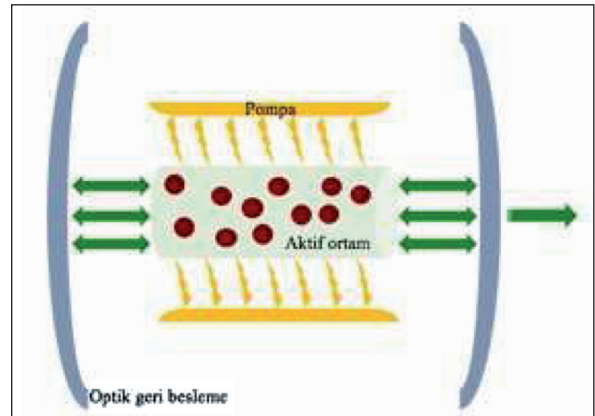
LAZER TEKNOLOJİSİNİN FİZİKSEL TEMELLERİ

Lazer, "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir akronimdir. Klasik bir lazer cihazı birbirini destekleyen üç ana mekanizmadan oluşmaktadır (aktif ortam, pompa ve optik geri besleme). Aktif ortam, kimyasal reaksiyonların merkezi olup; gaz, solit kristalin, yarı iletken veya likit boya temelli olabilmektedir. Oftalmolojide kullanılan birçok lazer cihazı gaz (argon, ksenon vb.) aktif ortamı kullanmaktadır. Foton, yüksek enerji seviyesindeki (yarı kararlı) atomun son yörüngesindeki elektronun çekimine uğradığında, fotokimyasal reaksiyonlar tetiklenmektedir. Bu reaksiyonlar sonunda atom düşük enerji seviyesine (kararlı) geçerken, aktif ortamdaki foton sayısı da artmaktadır. Pompa, aktif ortamdaki bu reaksiyonların kesintisiz devamlılığını sağlamak ve optik, elektrik veya kimyasal yasalara göre çalışmaktadır. Oftalmolojide kullanılan lazer cihazları genellikle optik pompa temelli iken, kimyasal ve elektrik temelli pompalar genellikle endüstriyel amaçla kullanılmaktadır. Oluşan fotonların ortama saçılması ise optik geri besleme ile engellenmekte ve istenilen doğrultuda

yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Kısaca özetlemek gerekirse, pompa sistemi ile ortama verilen fotonun, aktif ortamdaki fotokimyasal tepkimelerle sayısı artırılmakta, tüm bu süreç etrafı %100 yansıtıcı aynalarla kaplı bir oda içinde gerçekleşmekte ve herhangi bir duvardaki yansıtıcılığı düşük alandan fotonun çıkışı sağlanmaktadır. Konvansiyonel ışıkta fotonlar senkronize değildir ve diverjans gösterirken, lazer ışığında fotonlar senkronize ve paralel ilerlemektedir. **Şekil 1**, lazer cihazının çalışma prensibi basitçe açıklanmaktadır (**Şekil 1**).

LAZER PARAMETRELERİ

Atomun merkezinden, en uzak yörüngedeki elektron yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine geçtiğinde açığa çıkan fotonun dalga boyu, lazerin dalga boyu anlamına gelmekte ve bu da aktif ortam ile doğrudan değiştirilebilmektedir. O hâlde ideal dalga boyu ne olmalıdır? Bu sorunun yanıtı lazerin hangi dokuda, ne amaçla kullanılacağına bağlıdır. Kornea; ultraviyole-B (UV-B), UV-C ve bazı kızılötesi ışınları emmektedir. Lens, UV-A ve bazı görünür mavi ışınları emerken, oküler medyadan 400-1.064 nm dalga boyundaki ışınlar geçmekte ve arka segmente ulaşmaktadır. Retinanın iç ve dış pleksiform tabakasındaki ksantofil 420-500 nm dalga boyundaki ışığı, retina pigment epiteli ve koroidal melanositlerdeki melanin 400-1.000 nm dalga boyundaki ışığı, vasküler yapılarıdaki hemoglobün de 450-550 nm dalga boyundaki ışığı emebilmektedir. Dolayısıyla subfoveal koroid neovasküler membrana etki etmesi tasarla-



ŞEKİL 1: Lazer cihazının çalışma prensibi.

nan bir lazerin, ksantofili geçerek melanin ve hemoglobin düzeyinde emilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki 577 nm sarı lazer; yüksek oksihemoglobin/melanin emilim oranı, yüksek dalga boyu, daha az saçılım gibi özellikleriyle vasküler yapılara en etkili lazerdir.⁹ Modern birçok lazer cihazı da 577 nm sarı lazer seçeneği sunmaktadır (Pattern Scan Laser, Optimedica, Santa Clara, CA, ABD; TxCell Scanning Laser Delivery System, Iridex Corp., Mountain View, CA, ABD vs.).

Lazerde dalga boyu dışında önemli birçok değişken bulunmaktadır. Güç (power) birimi J/sn veya W'dır. Gücün iki kat artışı lezyon çapını da iki kat artırmakta ve ağrı oluşturmaktadır. Birim alana düşen güç, güç yoğunluğu (power density) olarak ifade edilmektedir. Güç yoğunluğunun düşük olması yavaş ısınma, yüksek olması ise çabuk ısınma ve buharlaşma etkilerini yaratmaktadır. Güç yoğunluğu spot çapının karesiyle ters orantılıdır (W/cm^2). Spot çapı küçüldükçe saçılım artmakta ve enerji dokuya ulaştığında hızla erimektedir. Makula gibi duyarlı alanlarda spot çapı 50-100 mm olmalı iken, panretinal fotokoagülasyonda 200-500 mm gibi daha yüksek değerlerde olabilmektedir. Retinal fotokoagülasyonda spot çapı ayarlanırken mutlaka göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konu, kullanılan lensin büyütücü etkisidir. Örneğin; Volk Area Centralis lensinde (Volk Optical, OH, ABD) bu oran 1,0, Meinster Wide Field lensinde (Ocular Instruments, WA, ABD) 1,47, SuperQuad lensinde (Volk Optical, OH, ABD) ise 2,0'dır. Bir diğer önemli parametre olan "pulse duration", maruziyet süresi olarak ifade edilebilmektedir. Maruziyet süresinin 10 kat artışı lezyon çapını yaklaşık iki kat artırmakta ve hedef kromoforun termal rahatlama (relaksasyon) zamanına göre belirlenmektedir. Termal rahatlama zamanı, ısınan dokunun soğuması için gerekli süre olarak tarif edilebilmektedir. Maruziyet süresi termal rahatlama zamanından kısa ise ısı ve hasar hedef doku ile sınırlı kalmakta, aksine maruziyet süresi daha uzun ise ısı ve hasar yüzeysel dokulara yayılmaktadır.

Uygun parametrelerin ayarlanması, tamamen lazerin hangi dokuya ne amaçla uygulanacağına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; diyabetik ma-

kuler ödemde fokal lazer uygulaması foveola merkezli 3.000 mm çaplı alandaki sızdıran mikroanevrizma üzerine, 50-100 mm spot çapı kullanılarak, 0,1 saniye maruziyet süresinde yapılmaktadır. Grid lazer ise diffüz sızıntı alanlarına 50-200 mm spot çapı ile benzer süredeki uygulama ile gerçekleştirilmektedir.¹⁰ Yüksek riskli proliferatif diyabetik retinopatili hastada uygulanacak panretinal lazer ise 500 mm spot çapı, 0,1-0,2 saniye, spotlar arasında ½-1 spot çapı boşluk olacak, hafif retinal beyazlama görülecek ve 1.200-1.500 yanık oluşturulacak şekilde gerçekleştirilmektedir.

LAZERİN HÜCRE/DOKU DÜZEYİNDE ETKİLERİ

Tavşanlarda yapılan bir histopatolojik çalışma, argon lazer sonrası 3. günde fotoreseptör dış segmentinde harabiyet gerçekleştiğini ve koagüle hücrelerin fagositlerce yok edildiğini göstermiştir. Fagosit edilen fotoreseptör dış segmenti bölgesinde oluşan boşluğu doldurmak için, zamanla retina pigment epitel hücrelerinde migrasyon ve proliferasyon gerçekleşmiştir. Müller hücrelerinin de gliotik skar formasyonundan sorumlu olduğu anlaşılmıştır. Doksanıncı gün glial komponentin baskın etkisiyle skar büyümüş, dış nükleer tabaka kalınlığı ve apoptotik hücreler azalmıştır. Tüm bu yıkıcı sürecin retinaya, total oksijen ihtiyacının azalması ve gliotik skarın oksijen geçişini kolaylaştırması gibi faydaları bulunmaktadır.¹¹ İlaven Xiao ve ark., iki farklı çalışmalarında, komşu sağlam fotoreseptörlerin ömrünün arttığını ve *bFGF/FGF2*, *EGF*, *TGF α* , *TGF β* , *IGF-I*, *GFAP*, *PDGF* ve *VEGF* gibi genlerin ekspresyonunun değiştiğini bildirmiş, lazerin bilinen etkilerini çok daha ilerilere taşımışlardır.^{12,13} Kim ve ark. ise argon lazer sonrası 1. ayda ganglion hücre ve retina sinir lifi tabakası kalınlıklarındaki anlamlı artışı bildirmiş ve beklenen olumlu etkinin anatomik-fonksiyonel kanıtlarını ortaya koymuşlardır.¹⁴

LAZER TEKNOLOJİSİNİN GELİŞİMİ

Argon lazer fotokoagülasyon, diyabetik retinopattide orta düzey görme kaybını %50 azaltmakta ve diyabetik retinopati tedavisinde 40 yılı aşkın süredir kullanılmaktadır.¹⁵ İntravitreal farmakoterapi

çağında da argon lazer fotokoagülasyon önemli bir tedavi seçeneğidir. Fakat “single-spot argon laser” fotokoagülasyonun bazı yan etki ve kısıtlılıkları mevcuttur. Kollateral hasar, renkli görme, gece görüş ve kontrast duyarlılığında azalma, makuler ödemde artış, makuler ve periferel skotomlar, retinal skar, ağrı, birden fazla oturum gerektirmesi bu önemli yan etki ve kısıtlılıklarından birkaçıdır. Grid lazer gibi düşük parametrelerin uygulandığı bir işlemde sonra bile lazer skarlarının üç kattan fazla genişleyebileceği gösterilmiştir.¹⁶ 10 mm boyutundaki retina pigment epiteline lokalize termal hasar vermek için 0,7 msn’lik maruziyet yeterlidir.¹⁷ Hâlbuki, geleneksel lazer cihazları bunun en az 50 katı kadar maruziyet yaratmaktadır. Bu gelişmelerin ışığında, yeni lazer sistemlerinde daha az güç ve daha kısa maruziyet ile daha yüksek enerji taşınarak daha az görünür yanıklar oluşturulması amaçlanmıştır.

“Micropulse diod lazer”; GaA semikondüktör kristallerini kullanarak, aralıklarla, milisaniyelik 810 nm dalga boyunda enerji üretmektedir. Nörosensöriyel retinayı korurken, retina pigment epitelinin seçici tedavisine imkân tanımaktadır. Oftalmoskopik olarak görülmeyen eşik altı (subthreshold) yanıklar oluşturmaktadır.

810, 532 veya 577 nm dalga boyunda enerji üretebilen, eşik altı diod micropulse lazerde ise maruziyet, milisaniyelerden mikrosaniyelere düşürülmüştür. Bu lazer uygulaması sonrasında oftalmoskopik veya anjiyografik olarak saptanabilen herhangi bir lezyon oluşmamaktadır.¹⁸ Böylece uygulanan nondestrüktif ve noninflamatuvar tedavi, retina pigment epitelinde ölümcül olmayan yaralanma ve iyileşen hücrelerden sitokin salınımı şeklinde ek faydalar sağlamaktadır.¹⁹ Bu yeni lazer deneyimi, mikroanevrizmaların fokal tedavisi için uygun değil iken, iyi görme keskinliği olanlarda ve transfoveal lezyonlarda uygulanabilmesi bakımından lazer tedavisinin kapsama alanını genişletmektedir.²⁰

GÜNCEL LAZER ÜRETİCİ SİSTEMLER

İlk geliştirilen lazer cihazında, odaklanmak için monoküler direkt oftalmoskop kullanılmakta idi.

Bir sonraki basamak olan indirekt oftalmoskop bugün özellikle pnömatik retinopeksi ve prematür retinopatisi gibi alanlarda hâlâ kullanım alanı bulmaktadır. Fakat retinal fotokoagülasyondaki neredeyse standart olarak tarif edilebilecek sistem, kontakt lens ve masalı ince kesit (slit) lamba sistemidir. Bunun dışında ise ameliyat mikroskobuna yerleştirilebilen veya kamera tabanlı sistemler de son derece başarılıdır ve uygulama alanları gittikçe genişlemektedir.

Pattern Scan Laser (PASCAL) (Santa Clara, CA, ABD), 532 nm Nd:YAG ve 577 nm sarı lazer üretmektedir. 0,6 saniye içinde 10-30 msn’lik, tek tip 56 spotu farklı tertiplerde uygulamaktadır. Spotlar arası boşluklar eşit ve düzenlidir. Tek oturumda, ağrısız panretinal fotokoagülasyon uygulamak mümkün olmaktadır. Argon lazer ile karşılaştırıldığında daha kısa tedavi süresinde, benzer etkinlik ve daha az kollateral hasar oluşturmaktadır.²¹ PASCAL, günümüzde en sık kullanılan lazer üretici sistemdir.¹⁰

Multi-spot özelliği olan bir başka lazer üretici sistem olan MC-500 Vixi Multicolor PSL (NIDEK Inc., Gamagori, Japonya) üç farklı dalga boyu seçeneği sunmaktadır. Supra Scan 577 (Quantel Medical, Bozeman, Mont, Fransa), 577 nm sarı lazeri, micropulse olarak vermektedir.

Selektif (targeted) retinal terapi, geniş açılı floresein anjiyografi ile entegre edilmiş yeni bir sistemdir. Lazer spotları anjiyografi ile gösterilebilmektedir. Diyabetik makuler ödemde fokal tedavi veya koroid neovasküler membranda besleyici damar gibi özgül bir hedefe uygulanmaktadır.²² Yapılan elektroretinografi çalışmalarıyla, retinal fonksiyonları bozmadığı gösterilmiştir.²³

Retinal navigasyon ve fundus kamera tabanlı bir sistem olan Navilas (OD-OS, Inc, Almanya) hasta ve hekim açısından konforlu ve etkin lazer tedavisinin en modern hâlidir. Göz takip (eye-tracking) sistemi, kontrol kumandası (joystick) ve dokunmatik geniş ekran bu konuda getirdiği yeniliklerden bazılarıdır. Arka kutup lazer uygulamalarında kontakt lens gerektirmemektedir. Bu yeni sistem ile arka kutup ve periferin eş zamanlı renkli fundus, floresein anjiyografi ve optik koherens to-

mografi görüntüleri alınabilmekte, görüntüler bir-biri üzerine getirilerek hastaya özel tedavi planı oluşturulmakta ve mevcut bulgu ve tedaviler dijital ortamda kayıt edilebilmektedir. Yapılan çalışmalar, planlama dâhil toplam tedavi süresinin 5-7 dk gibi çok kısa olduğuna dikkat çekmektedir.²⁴ Navilas ve geleneksel yöntemi karşılaştıran çalışmalar, yeni sistem ile tedavinin daha doğru (mikroanevrizmaları isabet ettirebilme oranları karşılaştırıldığında) ve daha etkin (8 aylık izlemde yeniden tedavi oranları karşılaştırıldığında) olduğunu göstermiştir.^{25,26} Navilas ile PASCAL sistemlerini karşılaştıran bir başka çalışmada ise Navilas ile hastanın daha az ağrı ifade ettiği bildirilmiştir. Bu durum şu şekilde açıklanmaktadır; PASCAL ince kesit lamba ışığı kullanmakta iken Navilas kızılötesi ışık kullanmaktadır; PASCAL arka kutup uygulamasında kontakt lens gerektirirken Navilas'da kontakt lens gerekmemekte ve Navilas odaklama ayarlarını hafızasına aldığı için tek atımda daha doğru ve daha kesirme yoldan etki etmektedir.²⁷

LAZER ÜRETİCİ SİSTEMLERDE GÜVENLİK

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission), lazer teknolojisinin kullanıldığı her ticari ürün için, o ürüne özgü bir tehlike düzeyi tanımlamıştır. Oftalmolojide kullanılan çoğu lazer cihazı bu tabloya göre sınıf 3B'dir ve korunma gerekmektedir. Cerrah, lazer ışığına ameliyat mikroskobu veya biyomikroskop gibi filtreli optik araçlarla baktığı için risk yok kabul edilebilmektedir. Buradaki esas risk, 1-2 m mesafedeki izleyiciler içindir ve onlar kontakt lens, kornea veya göze takılı metal aletlerden yansıyan ışınlar karşı duyarlıdır. En yaygın kullanılan koruyucu cihaz gözlüktür ve standartlara uygun bir gözlükte iki temel bilgi yer almalıdır. Bunlardan birincisi gözlüğün koruyucu olduğu dalga boyu aralığı iken, ikincisi optik dansite değeridir. Optik dansite, gözlüğün koruyucu kabul edildiği dalga boyu aralığındaki ışığı ne oranda geçirdiğini ifade etmektedir. Optik dansite değerinin 3 olması ışığın 1.000'de 1'ini, 5 olması 100.000'de 1'ini geçirdiği anlamına

gelir ki piyasadaki çoğu koruyucu gözlüğün değeri de bu aralıktadır.

RETİNAL FOTOKOAGÜLASYONUN GELECEĞİ

İnsanlar üzerinde pilot çalışmaları devam eden yeni bir teknoloji olan Retinal Regeneration Therapy (Ellex, Adelaide, Avustralya), 532 nm dalga boyundaki Nd:YAG lazeri 3 sn süreince vererek retinal gençleştirmeyi (rejuvenasyon) hedeflemektedir. Histopatolojik çalışmalar, lazer sonrası 3. gün hücrelerin, çoğalan retina pigment epitel hücrelerinden salındığı düşünülen proliferatif hücre nükleer antijen pozitif boyandığını göstermiştir. Geleneksel lazer uygulamasında olduğu gibi müller hücre ve lökosit göçü olmamaktadır.²⁸ Geleneksel lazer ile kıyaslandığında çok kısa bir lazer maruziyeti gerçekleştiği için sıfır kollateral hasar oluşturduğu düşünülmektedir.²⁹ Diyabetik makula ödeminde etkinliği gösterilmiş olsa da bu tedavinin esas olarak, yaşa bağlı makula dejenerasyonunda adından söz ettireceği düşünülmektedir.³⁰ Orta evre (intermediate) yaşa bağlı makula dejenerasyonu ile izlem altında olan hastalarda, drusen üzerine uygulanan Retinal Regeneration Therapy ile 1 yıl içinde drusen alanlarında %44 gerileme olduğu bildirilmiştir. Drusen eliminasyonunu sağlayan mekanizma ise bazal membran incilmesi, retina pigment epiteli ve bazal membran arasındaki etkileşimin artması, matriks metalloproteinaz sentezinin artması olarak açıklanmıştır.³¹

SONUÇ

Oftalmolojide lazer tekniklerinin kullanıldığı, refraktif cerrahi veya görüntüleme teknolojilerindeki gelişim düşünüldüğünde, retinal fotokoagülasyon konusundaki ilerleme çok daha yavaş olmaktadır. Buna rağmen, son 50 yıl göz önünde bulundurulduğunda, retinal fotokoagülasyon birçok retinal hastalıkta önemli bir tedavi seçeneği olmakla birlikte, en konforlu ve güvenli cerrahi yöntemdir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya her-

hangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite

üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Meyer-Schwickerath G. [Light coagulation; a method for treatment and prevention of the retinal detachment]. Albert Von Graefes Arch Ophthalmol. 1954;156(1):2-34. [Crossref]
- Meyer-Schwickerath G. Prophylactic treatment of retinal detachment by light-coagulation. Trans Ophthalmol Soc U K. 1956;76:739-50. [PubMed]
- Birngruber R, Hillenkamp F, Gabel VP. Theoretical investigations of laser thermal retinal injury. Health Phys. 1985;48(6):781-96. [Crossref] [PubMed]
- Schirmeyer U, Heimann K. Current understanding on the role of retinal pigment epithelium and its pigmentation. Pigment Cell Res. 1999;12(4):219-36. [Crossref]
- Mainster MA, Ham WT Jr, Delori FC. Potential retinal hazards. Instrument and environmental light sources. Ophthalmology. 1983;90(8):927-32. [Crossref]
- Priebe LA, Cain CP, Welch AJ. Temperature rise required for production of minimal lesions in the Macaca mulatta retina. Am J Ophthalmol. 1975;79(3):405-13. [Crossref]
- White TJ, Mainster MA, Wilson PW, Tips JH. Chororetinal temperature increases from solar observation. Bull Math Biophys. 1971;33(1):1-17. [Crossref]
- Brinkmann R, Hüttmann G, Rögner J, Roeder J, Birngruber R, Lin CP. Origin of retinal pigment epithelium cell damage by pulsed laser irradiance in the nanosecond to microsecond time regimen. Lasers Surg Med. 2000;27(5):451-64. [Crossref]
- Mainster MA. Wavelength selection in macular photocoagulation. Tissue optics, thermal effects, and laser systems. Ophthalmology. 1986;93(7):952-8. [Crossref]
- Kozak I, Luttrull JK. Modern retinal laser therapy. Saudi J Ophthalmol. 2015;29(2):137-46. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Graham CE, Binz N, Shen WY, Constable IJ, Rakoczy EP. Laser photocoagulation: ocular research and therapy in diabetic retinopathy. Adv Exp Med Biol. 2006;572:195-200. [Crossref] [PubMed]
- Xiao M, Sastry SM, Li ZY, Possin DE, Chang JH, Klock IB, et al. Effects of retinal laser photocoagulation on photoreceptor basic fibroblast growth factor and survival. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1998;39(3):618-30. [PubMed]
- Xiao M, McLeod D, Cranley J, Williams G, Boulton M. Growth factor staining patterns in the pig retina following retinal laser photocoagulation. Br J Ophthalmol. 1999;83(6):728-36. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Kim JJ, Im JC, Shin JP, Kim IT, Park DH. One-year follow-up of macular ganglion cell layer and peripapillary retinal nerve fiber layer thickness changes after panretinal photocoagulation. Br J Ophthalmol. 2014;98(2):213-7. [Crossref] [PubMed]
- Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report Number 1. Photocoagulation for diabetic macular edema. Arch Ophthalmol. 1985;103(12):1796-806. [Crossref] [PubMed]
- Schatz H, Madeira D, McDonald HR, Johnson RN. Progressive enlargement of laser scars following grid laser photocoagulation for diffuse diabetic macular edema. Arch Ophthalmol. 1991;109(11):1549-51. [Crossref] [PubMed]
- Mainster MA. Decreasing retinal photocoagulation damage: principles and techniques. Semin Ophthalmol. 1999;14(4):200-9. [Crossref] [PubMed]
- Roeder J, Hillenkamp F, Flotte T, Birngruber R. Microphotocoagulation: selective effects of repetitive short laser pulses. Proc Natl Acad Sci U S A. 1993;90(18):8643-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Dorin G. Subthreshold and micropulse diode laser photocoagulation. Semin Ophthalmol. 2003;18(3):147-53. [Crossref] [PubMed]
- Luttrull JK, Musch DC, Spink CA. Subthreshold diode micropulse panretinal photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy. Eye (Lond). 2008;22(5):607-12. [Crossref] [PubMed]
- Muqit MM, Marcellino GR, Gray JC, McLaughlan R, Henson DB, Young LB, et al. Pain responses of Pascal 20 ms multi-spot and 100 ms single-spot panretinal photocoagulation: Manchester Pascal Study, MAPASS report 2. Br J Ophthalmol. 2010;94(11):1493-8. [Crossref] [PubMed]
- Reddy S, Hu A, Schwartz SD. Ultra wide field fluorescein angiography guided targeted retinal photocoagulation (TRP). Semin Ophthalmol. 2009;24(1):9-14. [Crossref] [PubMed]
- Kim HD, Han JW, Ohn YH, Brinkmann R, Park TK. Functional evaluation using multifocal electroretinogram after selective retina therapy with a microsecond-pulsed laser. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56(1):122-31. [Crossref] [PubMed]
- Ober MD, Kernt M, Cortes MA, Kozak I. Time required for navigated macular laser photocoagulation treatment the Navilas. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2013;251(4):1049-53. [Crossref] [PubMed]
- Kernt M, Cheuteu RE, Cserhati S, Seidensticker F, Liegl RG, Lang J, et al. Pain and accuracy of focal laser treatment for diabetic macular edema using a retinal navigated laser (Navilas). Clin Ophthalmol. 2012;6:289-96. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Neubauer AS, Langer J, Liegl R, Haritoglu C, Wolf A, Kozak I, et al. Navigated macular laser decreases retreatment rate for diabetic macular edema: a comparison with conventional macular laser. Clin Ophthalmol. 2013;7:121-8. [PubMed] [PMC]
- Inan UU, Polat O, Inan S, Yigit S, Baysal Z. Comparison of pain scores between patients undergoing panretinal photocoagulation using navigated or pattern scan laser systems. Arq Bras Ophthalmol. 2016;79(1):15-8. [Crossref]
- Chidlow G, Shibebe O, Plunkett M, Casson RJ, Wood JP. Glial cell and inflammatory responses to retinal laser treatment: comparison of a conventional photocoagulator and a novel, 3-nanosecond pulse laser. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2013;54(3):2319-32. [Crossref] [PubMed]
- Wood JP, Shibebe O, Plunkett M, Casson RJ, Chidlow G. Retinal damage profiles and neuronal effects of laser treatment: comparison of a conventional photocoagulator and a novel 3-nanosecond pulse laser. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2013;54(3):2305-18. [Crossref] [PubMed]
- Casson RJ, Raymond G, Newland HS, Gilhotra JS, Gray TL. Pilot randomized trial of a nanopulse retinal laser versus conventional photocoagulation for the treatment of diabetic macular oedema. Clin Exp Ophthalmol. 2012;40(6):604-10. [Crossref] [PubMed]
- Guymer RH, Brassington KH, Dimitrov P, Makayeva G, Plunkett M, Xia W, et al. Nanosecond-laser application in intermediate AMD: 12-month results of fundus appearance and macular function. Clin Exp Ophthalmol. 2014;42(5):466-79. [Crossref] [PubMed]