

Neodymium: Yttrium Alüminyum Garnet Lazer Kapsülotomi Esnasında Lazerin Maküler ve Peripapiller Mikrovasküleritede ve Koryokapillerlerde Kantitatif Değişiklikler Oluşturup Oluşturmadığının Araştırılması

Mehmet Fatih KÜÇÜK^{1,a}, Birumut GEDİK²

¹Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Alanya/Antalya, Türkiye

²Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Antalya, Türkiye

ÖZ

Amaç: Arka kapsül opasifikasyon (AKK) tedavisinde yapılan Neodymium: Yttrium Alüminyum Garnet (Nd: YAG) lazer kapsülotomi esnasında lazerin maküler ve peripapiller mikrovasküler yapılar ve koryokapillerlerde kantitatif değişiklikler oluşturup oluşturmadığının değerlendirilmesi.

Gereç ve Yöntem: Elli mJ'nin altında toplam enerjiyle ve ön vitreusa zarar vermeden uygulanan Nd: YAG lazer ile AKK için kapsülotomi yapılan toplam 186 hasta incelendi. Lazer sonrası gelişebilecek inflamasyon ve göz içi basıncı (GİB) artışı ilaç tedavisi ile kontrol altına alındı. Çalışma kriterlerine uyan 59 hastanın 59 gözüne lazer sonrası ½ saat içinde ve 30. günde optik koherens tomografi (OKT) ve OKT-anjiyografi ölçümleri yapıldı. Yirmisekiz hastada diğer gözlerde göz içi merceği olduğu ve AKK olmadığı için diğer gözlerin de ölçümleri yapıldı. Diğer gözlerin ölçümleri, lazerle tedavi edilen gözlerin ölçümleriyle karşılaştırıldı.

Bulgular: Lazer sonrası yarım saat içinde ölçülen ve 30. gün ölçülen maküler mikrovasküler vasküler yoğunlukları (VY'ları), radyal peripapiller kapiller VY'ları, koryokapiller akım alanları, retina sinir lifi tabakası kalınlıkları, maküler kalınlıkları, subfoveal koroid kalınlıkları arasında fark yoktu. Diğer gözlerdeki ölçümler ile lazerle tedavi edilen gözlerdeki ölçümler arasında da fark yoktu.

Sonuç: AKK için yapılan kapsülotomide, sonrasında inflamasyonu ve GİB artışını kontrol altında tutarak, yüksek olmayan toplam enerji ile ve ön vitreusu bozmadan uygulanan Nd: YAG lazerin koriokapillerlerde, maküler ve peripapiller mikrovasküleritede kantitatif değişiklikler yapmadığı sonuçta güvenli olduğu gözlemlendi.

Anahtar Sözcükler: Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet lazer, Arka Kapsül Kesafeti, Optik Koherens Tomografi Anjiyografi, Maküler Mikrovasküler Yapı, Radyal Peripapiller Kapiller Ağ, Koriokapillaris.

ABSTRACT

Investigation of Whether the Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet Laser Produces Quantitative Changes in Macular and Peripapillary Microvasculature and Choriocapillaries During Laser Capsulotomy

Objective: Evaluation of whether the Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet (Nd: YAG) laser produces quantitative changes in macular and peripapillary microvascular structures, and choriocapillaries during Nd: YAG laser capsulotomy for posterior capsular opacification (PCO).

Material and Method: A total of 186 patients who underwent capsulotomy for PCO with Nd: YAG laser with a total energy of less than 50 mJ and without damaging the anterior vitreous were studied. Inflammation and intraocular pressure (IOP) increase that may develop after laser were controlled with medication. Optical coherence tomography (OCT) and OCT-angiography measurements were made in 59 eyes of 59 patients who met the study criteria, within ½ hour post-laser and on the 30th day. Since the fellow eyes of 28 patients had an intraocular lens and didn't have PCO, measurements were also made in fellow eyes. The measurements of the fellow eyes were compared with those of the laser-treated eyes.

Results: There was no difference between macular microvascular vessel densities (VDs), radial peripapillary capillary VDs, choriocapillaris flow areas, retina nerve fiber layer thicknesses, macular thicknesses, subfoveal choroidal thicknesses measured within half an hour after laser, and measured on the 30th day. There was no difference between the measurements in fellow eyes and those in laser-treated eyes.

Conclusion: In capsulotomy for PCO, it was observed that the Nd: YAG laser, which was applied with a low total energy and without disturbing the anterior vitreous, by keeping the inflammation and IOP increase under control, didn't cause quantitative changes in the choriocapillaries, macular and peripapillary microvasculature, and it was safe as a result.

Keywords: Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet laser, Posterior Capsular Opacification, Optical Coherence Tomography Angiography, Macular Microvascular Architecture, Radial Peripapillary Capillary Network, Choriocapillaris.

Bu makale atfta nasıl kullanılır: Küçük MF, Gedik B. Neodymium: Yttrium Alüminyum Garnet Lazer Kapsülotomi Esnasında Lazerin Maküler ve Peripapiller Mikrovasküleritede ve Koryokapillerlerde Kantitatif Değişiklikler Oluşturup Oluşturmadığının Araştırılması. Fırat Tıp Dergisi 2023; 28(2): 141-149.

How to cite this article: Kucuk MF, Gedik B. Investigation of Whether the Neodymium: Yttrium Aluminium Garnet Laser Produces Quantitative Changes in Macular and Peripapillary Microvasculature and Choriocapillaries During Laser Capsulotomy. Fırat Med J 2023; 28(2): 141-149.

ORCID IDs: M.F.K. 0000-0002-2548-7869, B.G. 0000-0002-9163-1187.

Arka kapsül kesafetinin (AKK) sıklıkla kullanılan tedavi yöntemi Neodymium: Yttrium Aluminium Gar-

net (Nd: YAG) lazer ile yapılan arka kapsülotomidir. Lazer sonrası gelişen değişiklikler ve komplikasyon-

^aYazışma Adresi: Mehmet Fatih KÜÇÜK, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Alanya/Antalya, Türkiye

Tel: 0242 249 4400

Geliş Tarihi/Received: 20.07.2022

e-mail: drmfkucuk@gmail.com

Kabul Tarihi/Accepted: 08.03.2023

larla ilgili araştırmalar daha çok 1980-1990'larda yapılsa da son yıllarda cerrahi teknolojiye ilerlemeye rağmen benzer değişiklikler ve komplikasyonların geliştiği birçok çalışmada gösterilmiş (1-3). Yapılan çalışmalarda göziçi basıncı (GİB) artışı, göziçi lensi (GİL) ile ilgili komplikasyonlar, makula ve koroidde gelişen değişiklikler, kistoid makula ödemi (KMÖ) ve retina dekolmanı (RD) sıklıkla tespit edilen değişiklik ve komplikasyonlardır. GİB'nın Nd: YAG lazer arka kapsülötomisi sonrası oluşan debrisin trabeküler ağda birikimi sonucu veya lazer kaynaklı şok dalgaları nedeniyle oluşan trabekülit sonucu geçici yükseldiğini gösteren çalışmalara karşın (4-6) GİB'nın lazer sonrası yükselmediğini gösteren çalışmalar da bulunmakta (7, 8). Ön segment yapılarında olduğu gibi retina, optik disk ve koroidde de değişiklikler geliştiği tartışmalıdır. Lazer enerjisi ile orantılı olarak makula, koroid ve retina sinir lifi tabakası (RSLT)'nda değişiklikler geliştiğini iddia eden çalışmalara karşın (2, 9, 10) yüksek enerjide dahi herhangi bir değişiklik görülmediğini gösterenler de olmuş (3, 11, 12). Ayrıca Nd: YAG lazer ile arka hyaloidin yırtılması, vitreusun sıvılaşarak zedelenmesi ve arka vitreusun dekolmanı sonucu (13), veya vitreomakular traksiyon gelişerek (14) veya doğrudan lazerin etkisiyle (15) retina yırtığı (RY), RD'ı, makula deliği (MD) gibi komplikasyonların geliştiğini iddia eden çalışmaların yanı sıra vitreusun bozulması ve aköz kan bariyerinin bozulması sonucu inflamatuvar mediatörlerin KMÖ gibi arka segment değişikliklerine neden olduğunu savunan çalışmalar da bulunmakta (16). Çalışmalarda lazer gücünün, süresinin, spot büyüklüğünün bu değişiklik ve komplikasyonlarla ilişkili olduğu iddia edildiği gibi uygulanan lazer spotunun dokulara olan yakınlığının da önemli olduğu iddia edilmiş. Sonuçta hem klinik hem de deneysel çalışmalarda Nd: YAG lazerle tedavideki tüm uygulama yöntemlerin de uygulama yöntemiyle birlikte doğrudan lazerin etkisiyle arka segmentte komplikasyonlar ve değişiklikler gösterilmiş.

Optik koherens tomografi anjiyografi (OKT-A) hem maküler hemde peripapiller mikrovasküler yapıların kantitatif analizi ve kalitatif değerlendirilmesi için kullanılan non-invazif bir yöntemdir. Literatürde Nd: YAG lazer kapsülötomisi sonrası lazer etkisi nedeniyle retinal yapılarda hem kalitatif hemde kantitatif değişiklikleri gösteren çalışmalar bulunurken görebildiğimiz kadarıyla retinal, koroidal ve optik disk mikrovasküler yapıların OKT-A ile görüntülenen ve ölçülen değerlerinde kantitatif ve kalitatif değişim olup olmadığını gösteren çalışma bulunmamaktadır.

Bu bilgiler ışığında AKK için Nd: YAG lazer arka kapsülötomisi uygulaması esnasında arka segment yapılarını etkileyebilecek inflamasyon ve gelişebilecek GİB'ı yüksekliği kontrol altında tutularak ve uygulanan lazer atım enerjisinin, atım süresinin, spot sayısının ve spot büyüklüğünün güvenilir aralıkta uygulandığında hastaların maküler, koroidal ve peripapiller mikrovasküler yapılarında gelişebilecek kantitatif değişikliklerin OKT-A cihazı ile saptanabileceği ve gelişebilecek bu değişikliklerin doğrudan lazer etkisi nedeniyle

olabileceği düşünüldü. Bu amaçla AKK tedavisinde uygulanan Nd: YAG lazer arka kapsülötomisi yapılan gözlerdeki post-lazer ilk yarım saat içinde OKT-A ile ölçülen maküler mikrovasküler (MMV) vasküler yoğunluk (VY), koriokapiller akım alanı (KKAA) ve radyal peripapiller kapiller (RPK) VY değerlerinin post-lazer 30. günde ölçülen aynı parametrelerin değerleriyle yanısıra bu iki farklı zaman diliminde ölçülen değerlerin kontrol grubu olarak alınan diğer gözlerinde ölçülen değerleriyle karşılaştırması planlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma tasarımı ve katılımcılar

Bu prospektif kohort çalışma Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik kurulu tarafından 2021-120 protokol numarasıyla onaylandıktan sonra Nisan 2021-Mart 2022 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Çalışmaya katılım gönüllük esasına dayanıyordu ve hastalardan yazılı bilgilendirilmiş onamları alındı. Çalışma Helsinki Deklarasyonu ilkelerine uygun yapıldı. AKK tedavisine yönelik Nd: YAG lazer arka kapsülötomisi yapılan 186 hasta incelendi.

Oftalmolojik değerlendirme ve Nd: YAG lazer kapsülötomisi

Tüm hastalarda AKK tedavisine yönelik arka kapsülde 1064 nm dalga boylu Kristal Q-switched Nd: YAG lazer (LIGHTLas YAG-V, Lightmed, ABD) kullanılarak yaklaşık 4-5 mm çaplı kapsülötomisi yapıldı. Nd: YAG lazer uygulamasında hedefin arka kapsülde kalmasına dikkat edildi. Ön vitreusta hareketlenme görülenler vitreusa hedeflendiği kabul edilip çalışmadan çıkartıldı. Kapsülötomisi sırasında uygulanan Nd: YAG lazer atım enerjisi, toplam lazer enerjisi ve spot sayısı hasta kayıt formlarına kaydedildi. Tüm katılımcıların, pre ve post-lazer ilk yarım saat içinde en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK), pre ve post-lazer yarım saat içinde, post-lazer 15. gün ve 30. gün GİB'ları ölçümleri yapıldı. Pre-lazer aksiyel uzunluk ölçümleriyle birlikte biyomikroskopik inceleme dahil kapsamlı oftalmolojik muayeneleri yapıldı. Ayrıca tüm katılımcılara pre-lazer fundus muayenesi yapılırken şüpheli retina, optik disk ve koroid patolojileri olan hastaların renkli fundus görüntüleri, fundus floresin anjiyografi ve fundus otofloresan görüntüleri Visucam NM/FA (Carl Zeiss, Almanya) kullanılarak çekildi.

Uygunluk kriterleri

Dahil edilme kriterleri

- 1- Çalışılan gözde AKK'ne yönelik 50 mJ'ün altında toplam lazer atım enerjisiyle Nd: YAG lazer kapsülötomisi tedavisi uygulanmış olmak
- 2- Her iki gözün kornea ve vitreusunda patoloji olmamak
- 3- Her iki gözde retinal ve optik sinir vasküler yapıları etkileyen oftalmolojik hastalıkları ol-

- mamak (Yaşa bağlı makula dejenerasyonu, Retinal vasküler tıkanıklıklar, glokom, optik nörit vb)
- 4- Her iki gözde katarakt ameliyatı hariç diğer göziçi cerrahisi geçirmemiş olmak
 - 5- İkinci analiz grubu için, kontrol gözde GİL olup AKK olmamak
 - 6- İkinci analiz grubu için, kontrol gözde Nd: YAG lazer yapılmamış olmak
 - 7- Diabet benzeri retinal vasküler yapıları etkileyebilecek sistemik hastalıkları olmamak
 - 8- Her iki gözde optik siniri etkileyebilecek sistemik hastalığı ve ilaç kullanımı olmamak (MS, Alzheimer hast vb)
 - 9- Sigara ve alkol kullanmamak

Dışlanma kriterleri

- 1- Kapsülotomi esnasında uygulanan Nd: YAG lazerin ön vitreusu hedef aldığı tespit edilmiş olmak
- 2- Nd: YAG lazer sonrası OKT-A görüntü kalitesini düşüren arka kapsül parçaları olmak
- 3- Nd: YAG lazer yapıldıktan sonraki 1 ay içinde dahil edilme kriterlerine uymamak ve dışlanma kriterlerine uymuş olmak
- 4- 18 yaş altı olmak.

SA-OKT and OKT-A ölçümleri

OKT-A ve Spektral-alan optik koherens tomografi (SA-OKT) ölçümleri aynı oftalmolog (BG) tarafından yapıldı. Retina ve Optik sinir başı (OSB)'nin SD-OKT ve OKT-A görüntüleri, AngioVue Imaging System™ (RTVue XR100-2 Avanti; Optovue, Inc., Fremont, CA, ABD) kullanılarak elde edildi. SD-OKT-A sistemi, bölünmüş-spektrumlu-genlik-dekorelasyon anjiyografi algoritmasını kullanarak retinanın üç boyutlu yapısal görüntülerini oluştururken, incelenen alanın vasküler yapılarının analizinde ise AngioAnalytics™ yazılımını (2018.0.0.14 dahili yazılım sürümü) kullanmakta. Bu çalışmada, Enhanced HD Line, HD Anjio Disk (4,5 x 4,5 mm), HD Anjio Retina (6 x 6 mm) ve Retina Map modlarında her hasta için en az iki, en fazla dört kez ölçümler tekrarlandı. Santral makula kalınlığı (µm), Retina Map modundan elde edilirken subfoveal koroid kalınlığı (SFKK) (µm) ölçümleri, Enhanced HD Line modu kullanılarak manuel olarak yapıldı. Yüzeysel kapiller pleksus (YKP) (%), derin kapiller pleksus (DKP) (%), tam kat retinal vasküler sisteminde foveal avasküler bölge (FAZ) alanı (mm²), FAZ çevresi (mm), foveal yoğunluk (FY) (%), 1 mm² KKAA, yüzeysel retina vasküler sisteminde akış olmayan alan (mm²) HD Anjio Retina modu kullanılarak elde edildi. RPK ağın VY'ları (%) ve peripapiller RSLT kalınlığı (µm), HD Anjio Disk modundan ölçüldü. Maskeleyen etkisini ortadan kaldırıp analizleri doğru bir şekilde gerçekleştirmek için OKT-A cihazındaki "remove projections" komutu kullanıldı.

Nd: YAG lazer sonrası iki farklı zamandaki ölçümlerin tarama kalitelerinin 5/10'dan az olmamasına ve iki farklı zamandaki ölçümlerin tarama kalitelerinin arasında en fazla 1/10 kalite farkı olmasına dikkat edildi. Ayrıca Nd: YAG lazer sonrası GİB'da artış

olmadığını iddia eden çalışmalar (8) olsa da çoğu çalışmada GİB'nda artışın en sık komplikasyon olduğunun (17) hatta 1. saatte başladığının gösterilmesi (18) sebebiyle bizim çalışmamızda da OKT-A ölçümleri ilk yarım saat içinde yapıldıktan sonra topical anti-glokomatöz ilaç ve kortikosteroid tedavisi başlandı. İki haftalık ilaç tedavisinin etkisinin kalktığı düşünülen post-lazer 30. günde OKT-A ölçümleri tekrarlandı. Böylece toplam da 186 Nd: YAG lazer yapılmış hastadan 59'u çalışmaya dahil edildi ve bu hastaların Nd: YAG lazer yapılmış 59 gözünün post-lazer ilk yarım saat içindeki OKT-A ile ölçülen değerleriyle 30. gündeki ölçülen değerleri ilk analizde karşılaştırıldı. Sıkı dahil edilme kriterleri nedeniyle sadece 28 hastanın diğer gözü kontrol grubunda yer alabildi. Bu 28 hastanın Nd: YAG lazer kapsülotomi yapılan gözlerinin post-lazer iki farklı zamanda OKT-A ile ölçülen değerleriyle kontrol gözlerinin OKT-A ile ölçülen değerleri ikinci analizde karşılaştırıldı.

İstatistiksel Analiz

Tanımlayıcı istatistikler frekans, yüzde, ortalama, standart sapma, medyan, 25. persentil ve 75. persentil değerleri ile sunulmuştur. Normallik varsayımı Shapiro Wilk Testi ile kontrol edilmiştir. Hastaların post-lazer ilk yarım saat içinde ölçülen değerleri ile post-lazer 30. günde ölçülen değerleri arasındaki farkın analizinde veriler normal dağılıma uyduğu durumda eşli t testi (paired t test), uymadığı durumda Wilcoxon eşleştirilmiş t testi kullanılmıştır. İkiden fazla grubun sayısal verileri arasındaki farkın analizinde, veriler normal dağılıma uyduğunda Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), normal dağılıma uymadığı durumda parametrik olmayan Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır. Analizler SPSS 23.0 programı ile yapılmıştır. p <0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Yirmidokuzu kadın, 30'u erkek toplamda 59 hastanın Nd: YAG lazer yapılan 59 gözünün OKT-A ile ölçülen değerleri çalışmada ilk analizde yer aldı. Bu gözlerden 27'si sol, 32'si sağdı. Nd: YAG lazer kapsülotomi sırasında atılan lazer atımlarında minimum 2,4 mili-joule (mJ), maksimum 3,4 mJ enerji kullanıldı. Bu gözlerde pre-lazer ve post-lazer EİDGK'leri arasında istatistiksel anlamlı fark görüldü (p =0.002). Pre-lazer, post-lazer ilk yarım saatte, post-lazer 15. günde ve post-lazer 30. günde ölçülen GİB'ları arasında istatistiksel fark yoktu (p =0,125). Bu hastaların içinden çalışma kriterlerine uyan 28'inin diğer gözü kontrol grubu olarak alındı ve ikinci analiz yapıldı. Kontrol gözlerin 15'i sağ, 13'ü soldu. Ek olarak Nd: YAG lazer kapsülotomi yapılan 59 hastanın diğer demografik özellikleri ve klinik bulguları tablo 1'de gösterildi.

Tablo 1. AKK için Nd: YAG lazer kapsülotomi uygulanan hastaların demografik özellikleri ve klinik bulguları.

Değişkenler		Değerler
Yaş (yıl)		62.24 ± 10.827 (31-77)
Cinsiyet n (oran %)	Kadın	29 (49.15%)
	Erkek	30 (50.85%)
Görme keskinliği (LogMAR)	Pre-lazer	0.231 ± 0.893 (0.397- 0.096)
	Post-lazer	0.024 ± 1.181 (0.096-0.000)
GİB (mm Hg)	Pre-lazer	15.06 ± 3.61 (8-22)
	post-lazer 1/2 saat içinde	15.06 ± 3.41 (8-22)
	post-lazer 15. gün	13.96 ± 3.34 (8-20)
	post-lazer 30. gün	14.78 ± 3.12 (9-20)
Diğer göz		16.07 ± 2.73 (11-21)
Axial uzunluk (mm)	Tedavi edilen göz	23.48 ± 0.85 (21.57-25.01)
	Diğer göz	23.31 ± 0.88 (21.74-24.66)
Nd: YAG lazer	Toplam atım sayısı (n)	11.69 ± 1.90 (8-15)
	Toplam enerji miktarı (mJ)	34.31 ± 3.54 (27.00-39.20)

AKK: arka kapsül kesafeti, Nd: YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet, SS: Standart sapma, GİB: göziçi basıncı.

Ellidokuz hastanın post-lazer ilk yarım saatte ölçülen SFKK değerleriyle (Ort ± SS=282,22± 57,61) post-lazer 30. günde ölçülen değerleri (Ort ± SS=278,5± 53,09) arasında istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p = 0,635$). Yanısıra 28 hastanın kontrol gözündeki SFKK değerleri ile (Ort ± SS=281,78± 56,59) post-lazer ilk yarım saatte ölçülen (Ort ± SS=279,07±57,9) ve post-lazer 30. günde ölçülen değerleri (Ort ± SS=283,88± 61,97) arasında da istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p = 0,957$). SMK analizlerinde; post-lazer ilk yarım saatte ölçülen tam kat retina foveal, tam kat retinal parafoveal ve tam kat retinal perifoveal kalınlık değerleriyle 30. günde ölçülen değerler arasında fark tespit edilmedi (sırasıyla $p = 0,795$, $p = 0,051$, $p = 0,065$). Hatta 28 gözün post-lazer ilk yarım saatte ve 30. günde ölçülen SMK değerleriyle kontrol gözlerinin değerleri arasında da fark tespit edilmedi (sırasıyla $p = 0,877$, $p = 0,692$, $p = 0,879$). Ek olarak post-lazer 1 ay içinde hiçbir gözde RD, RY, KMÖ ve MD tespit edilmedi.

Lazer kapsülotomi yapılan 59 gözün OKT-A ile yapılan tüm ölçümlerinin post-lazer iki farklı zamandaki değerleri arasında istatistiksel fark görülmedi. Lazer kapsülotomi yapılan bu 59 gözün post-lazer ilk yarım saatte OKT-A ile ölçülen MMV VY ve KKAA değerleriyle 30. günde ölçülen değerlerinin karşılaştırması tablo 2'de gösterildi.

Tablo 2. Nd: YAG lazer sonrası ilk yarım saatte ölçülen MMV VY ve KKAA değerlerinin post-lazer 30. günde ölçülen değerlerle karşılaştırılması.

		post-lazer ilk ½ saat içinde ölçülen değerler (59 hastanın 59 gözü)	post-lazer 30. günde ölçülen değerler (59 hastanın 59 gözü)	p
		(ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	(ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	
YKP VY (%)	Tüm	43,69± 5,17	44,48± 4,87	0,306 ¹
	Foveal	17,77± 7,32	18,65± 9,05	0,441 ¹
	Parafoveal	45,46± 6,32	46,17± 5,26	0,435 ¹
	Perifoveal	44,96± 4,64	45,72± 4,66	0,318 ¹
DKP VY (%)	Tüm	44,41± 5,01	44,83± 5,40	0,667 ¹
	Foveal	32,18± 7,91	33,19± 8,27	0,386 ¹
	Parafoveal	51,06± 4,19	50,95± 4,82	0,898 ¹
	Perifoveal	45,39± 5,72	46,15± 6,14	0,508 ¹
Tüm retinal vasküler sistemde FAZ alanı (mm ²)		0,29± 0,09	0,29± 0,09	0,945 ¹
FAZ çevresi (mm)		2,12± 0,37	2,13± 0,36	0,914 ¹
Foveal yoğunluk (%)		48,48± 6,36 50,21 (43,025-52,95)	48,53± 9,01 49,57 (46,475-53,19)	0,324 ²
Yüzeysel retinal vasküler sistemde foveal akışsız alan(mm ²)		0,57± 0,18	0,57± 0,19	0,965 ¹
1 mm KKAA (mm ²)		2,01± 0,11	2,02± 0,12	0,633 ¹

Nd: YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet, MMV: maküler mikrovasküler, VY: vasküler yoğunluk, KKAA: koriokapillaris akım alanı, SS: standard sapma, Q1: 25. persentil, Q3: 75. persentil, YKP: yüzeysel kapiller pleksus, DKP: derin kapiller pleksus, FAZ: foveal avasküler zon, 1: Eşli t testi kullanılmıştır, 2: Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi kullanılmıştır, Koyu değerler istatistiksel anlamlılığı temsil eder, Eşli t testi ort.±SS ile Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi Ort.±SS ve medyan (Q1-Q3) değerleri ile sunulmuştur.

Tablo 3'de ise bu 59 gözün RPK VY'larının ve OSB parametrelerinin aynı zaman dilimlerinde OKT-A ile ölçülen değerlerinin karşılaştırması gösterildi.

Tablo 3. Nd: YAG lazer sonrası ilk yarım saatte ölçülen OSB ve RPK VY değerlerinin post-lazer 30. günde ölçülenlerle karşılaştırılması.

	post-lazer ilk ½ saat içinde ölçülen değerler (59 hastanın 59 gözü) (ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	post-lazer 30. günde ölçülen değerler (59 hastanın 59 gözü) (ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	p
C/D alan oranı	0,19± 0,16 0,17 (0,04-0,35)	0,18± 0,15 0,17 (0,05-0,32)	0,254 ²
C/D vertikal oran	0,42± 0,24 0,47 (0,24-0,63)	0,40± 0,24 0,45 (0,26-0,62)	0,164 ²
C/D horizontal oran	0,35± 0,21 0,38 (0,20-0,55)	0,33± 0,21 0,36 (0,21-0,54)	0,260 ²
Rim alanı (mm ²)	1,62± 0,38 1,59 (1,26-1,87)	1,708± 0,57186 1,58 (1,28-1,97)	0,177 ²
Disk alanı (mm ²)	2,01± 0,50 1,97 (1,79-2,13)	2,10± 0,71 1,99 (1,8-2,15)	0,48 ²
OSB	0,07± 0,08 0,04 (0,004-0,105)	0,06± 0,08 0,028 (0,002-0,094)	0,105 ²
Peripapiller	102,94± 16,67 106 (97,5-113,25)	103,82± 16,02 106 (99-111,75)	0,268 ²
Superior	120,78± 22,28 124 (113-132)	123,04± 22,65 124 (115,25-135)	0,091 ²
RSLT kalınlık (µm)	Temporal 73,1837± 14,22 126,86± 28,28	73,2653± 12,58 127,92± 26,70	0,968 ¹
Inferior	131 (114,75-144)	132 (121,5-146,25)	0,636 ²
Nazal	93,102± 18,80	93,3469± 18,64	0,859 ¹
Tüm alan, tüm damarlar	52,12± 4,93 52,6 (50,7-55,4)	52,30± 4,60 53,6 (50,6-54,9)	0,673 ²
Peripapiller alan, tüm damarlar	54,55± 6,01 56 (52,8-58,125)	54,82± 5,71 56 (52,55-58,725)	0,609 ²
RPK VY (%)	Disk içi alan, tüm damarlar 56,11± 4,87	56,08± 5,33	0,974 ¹
Tüm alan, küçük damarlar	45,93± 4,91	46,25± 4,65	0,506 ¹
Peripapiller alan, küçük damarlar	48,64± 6,10 49,85 (46,77-52,17)	49,00± 5,83 50,1 (46,95-52,65)	0,595 ²
Disk içi alan, küçük damarlar	47,16± 5,18	47,39± 6,05	0,776 ¹

Nd: YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet, OSB: optic sinir başı, RPK: radyal peripapiller kapiller, VY: vasküler yoğunluk, SS: standard sapma, Q1: 25. persentil, Q3: 75. persentil, C/D: cup/disk, RSLT: retinal sinir lifi tabakası, 1: Eşli t testi kullanılmıştır, 2: Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi kullanılmıştır, Koyu değerler istatistiksel anlamlılığı temsil eder, Eşli t testi ort.±SS ile Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi Ort.±SS ve medyan (Q1-Q3) değerleri ile sunulmuştur.

Tablo 4'de ve tablo 5'de diğer gözleri kontrol grubu olarak alınabilen hastaların lazer yapılan 28 gözünün

ölçüleriyle kontrol gözlerinin ölçümleri karşılaştırıldı.

Tablo 4. Nd: YAG lazer sonrası ölçülen MMV VY ve KKA A değerlerinin diğer gözde ölçülen değerlerle karşılaştırılması.

	Post-lazer ilk ½ saat içinde ölçülen değerler (28 hastanın 28 gözü) (ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	Post-lazer 30. günde ölçülen değerler (28 hastanın 28 gözü) (ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	Diğer gözün ölçülen değerleri (28 denegin 28 gözü) (ort ± SS) medyan (Q1-Q3)	P
Tüm	43.02 ± 4.89 43,8 (38,8-46,95)	44.26 ± 5.23 44,3 (39,7-49,2)	42.70 ± 5.34 44 (39,05-47,15)	0,611 ²
YKP VY (%)	Foveal 18.53 ± 6.37	16.71 ± 5.07	16.38 ± 7.10	0,394 ¹
Parafoveal	45.26 ± 6.35	46.47 ± 6.17	45.07 ± 5.88	0,674 ¹
Perifoveal	43.71 ± 5.08	45.09 ± 5.20	43.28 ± 5.37	0,429 ¹
DKP VY (%)	Tüm 42.90 ± 5.48	44.76 ± 5.83	42.84 ± 4.74	0,342 ¹
Foveal	33.19 ± 7.90	32.79 ± 6.31	31.51 ± 7.42	0,671 ¹
Parafoveal	50.08 ± 4.15	51.69 ± 6.25	50.57 ± 4.05	0,473 ¹
Perifoveal	43.55 ± 6.26	45.90 ± 6.38	43.60 ± 5.34	0,279 ¹
Tüm retinal vasküler sistemde FAZ alanı (mm ²)	0.31±0.08	0.31 ± 0.07	0.31 ± 0.11	0,955 ¹
FAZ çevresi (mm)	2.16±0.33 2,22 (1,93-2,32)	2.15 ± 0.26 2,2 (2,04-2,33)	2.18 ± 0.42 2,2 (1,96-2,47)	0,879 ²
Foveal yoğunluk (%)	49.52±6.49 51,47 (46,05-53,81)	48.47 ± 11.25 51,82 (44,1-56,58)	48.85 ± 5.56 50,69 (43,97-53,09)	0,805 ²
Yüzeysel retinal vasküler sistemde foveal akışsız alan (mm ²)	0.57±0.18	0.58 ± 0.11	0.59 ± 0.16	0,948 ¹
1 mm KKA A (mm ²)	2.01±0.11	2.00 ± 0.10	2.02 ± 0.11	0,915 ¹

Nd: YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet, MMV: maküler mikrovasküler, VY: vasküler yoğunluk, KKA A: koriokapillaris akım alanı, SS: standard sapma, Q1: 25. persentil, Q3: 75. persentil, YKP: yüzeysel kapiller pleksus, DKP: derin kapiller pleksus, FAZ: foveal avascular zon, 1: Tek yönlü ANOVA, 2: Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır, Koyu değerler istatistiksel anlamlılığı temsil eder, Tek yönlü ANOVA Ort.±SS ile Kruskal Wallis H testi ort.±SS ve medyan (Q1-Q3) değerleri ile sunulmuştur.

Tablo 4'de bu 28 gözün post-lazer ilk yarım saat ve 30. günde ölçülen MMV VY ve KKA A değerleriyle kontrol gözlerin değerlerinin karşılaştırması

gösterilirken Tablo 5'de ise OSB parametreleri ve RPK VY değerlerinin karşılaştırması gösterildi.

Tablo 5. Nd: YAG lazer sonrası ölçülen OSB parametreleri ve RPK VY değerlerinin diğer gözde ölçülen değerlerle karşılaştırılması.

		Post-lazer ilk ½ saat içinde ölçülen değerler (28 hastanın 28 gözü) (ort ± SS)	Post-lazer 30. günde ölçülen değerler (28 hastanın 28 gözü) (ort ± SS)	Diğer gözün ölçülen değerleri (28 deneğin 28 gözü) (ort ± SS)	P
OSB	C/D alan oranı	0.15 ± 0.16 0,08 (0-0,25)	0.13 ± 0.16 0,07 (0-0,22)	0.13 ± 0.15 0,07 (0,04-0,22)	0.887 ²
	C/D vertikal oran	0.34 ± 0.27 0,31 (0-0,64)	0.32 ± 0.27 0,3 (0-0,55)	0.34 ± 0.24 0,31 (0,19-0,57)	0.941 ²
	C/D horizontal oran	0.27 ± 0.22 0,24 (0-0,44)	0.26 ± 0.22 0,23 (0-0,43)	0.28 ± 0.20 0,26 (0,18-0,37)	0.902 ²
	Rim alanı (mm ²)	1.70 ± 0.38 1,99 ± 0.61	1.76 ± 0.39 2,08 ± 0.64	1.65 ± 0.31 1,92 ± 0.26	0.568 ¹
	Disk alanı (mm ²)	1.91 (1,69-2,13)	2 (1,79-2,2)	1,95 (1,77-2,05)	0.684 ²
	Cup hacmi (mm ²)	0.05 ± 0.08 0,01 (0-0,08)	0.05 ± 0.07 0,01 (0-0,08)	0.04 ± 0.07 0,01 (0-0,04)	0.931 ²
	Peripapiller	104.61 ± 15.56 106 (100,5-113)	103.83 ± 15.95 106 (98,5-112)	104.36 ± 14.32 106 (98,5-113,5)	0.975 ²
	Superior	125.14 ± 21.94 129 (116-133,5)	123.17 ± 22.22 125 (114,5-135)	123.61 ± 16.57 126,5 (111,5-135,5)	0.931 ²
	RSLT kalınlık (µm)	75.52 ± 13.75 77 (65-81)	75.65 ± 13.28 76 (67-81)	75.71 ± 11.71 76 (68,5-80,5)	0.994 ²
	Temporal	124.32 ± 24.99 131 (110,5-140,5)	122.29 ± 25.67 129 (108-141)	127.82 ± 23.35 131 (113,5-148)	0.748 ²
Inferior	131 (110,5-140,5)	129 (108-141)	131 (113,5-148)	0.748 ²	
Nazal	94.79 ± 19.29	96.21 ± 21.44	93.36 ± 18.61	0.874 ¹	
RPK VY (%)	Tüm alan, tüm damarlar	51.84 ± 5.15 54.20 ± 6.00	51.56 ± 4.87 53.74 ± 6.10	52.91 ± 4.08 55.41 ± 4.66	0.547 ¹
	Peripapiller alan, tüm damarlar	55,3 (52,05-57,85)	54,45 (51,2-58,1)	55,95 (53,05-57,95)	0.630 ²
	Disk içi alan, tüm damarlar	56.32 ± 5.36 45.74 ± 5.35	56.97 ± 4.63 45.38 ± 4.93	56.93 ± 3.04 46.65 ± 4.39	0.833 ¹
	Tüm alan, küçük damarlar	47,05(43-48,95)	46,3(43,1-48,3)	48,2(45-49,05)	0.507 ²
	Peripapiller alan, küçük damarlar	48.33 ± 6.27 49,55 (46,15-52,35)	47.86 ± 6.18 48,65 (46,25-51,3)	49.40 ± 5.21 50,55 (47,05-52)	0.616 ²
	Disk içi alan, küçük damarlar	47.21 ± 5.53	48.18 ± 4.64	47.25 ± 3.35	0.699 ¹

Nd: YAG: Neodymium: yttrium-aluminum-garnet, OSB: optic sinir başı, RPK: radyal peripapiller kapiller, VY: vasküler yoğunluk, SS: standard sapma, Q1: 25. Persentil, Q3: 75. Persentil, C/D: cup/disk, RSLT: retinal sinir lifi tabakası, 1: Tek yönlü ANOVA, 2: Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır, Koyu değerler istatistiksel anlamlılığı temsil eder, Tek yönlü ANOVA Ort.±SS ile Kruskal Wallis H testi ort.±SS ve medyan (Q1-Q3) değerleri ile sunulmuştur.

Bu iki tabloda görüldüğü üzere 28 gözün OKT-A ile yapılan tüm ölçümlerinin post-lazer iki farklı zamandaki değerleriyle kontrol gözlerindeki değerlerinin arasında istatistiksel fark yoktu.

TARTIŞMA

AKK tedavisi için yapılan kapsülotomide, inflamasyonu ve GİB artışını kontrol altında tutarak, yüksek olmayan lazer enerjisi ile ön vitreusu bozmayan Nd: YAG lazer uygulamasının, post-lazer ilk yarım saatte ve 30. günde MMV VY'larında, RPK VY'larında ve KKAA'nda değişiklik oluşturmadığı görüldü. Aynı zaman dilimlerinde, makula, subfoveal koroid ve RSLT kalınlıklarında da değişiklik tespit edilmedi.

Kapsülotomi esnasında Nd: YAG lazerin arka kapsülde plazma oluşumu (mikropatlama etkisi) yoluyla doku yıkımı gerçekleştirdiği gösterilmiştir. Bununla birlikte odaklanılmasa bile kullanılan lazer radyasyonunun çevre hücre ve dokular üzerinde termal, fotokimyasal, fotomekanik ve nonlineer etki yaptığı iddia edilmekte (19, 20). Kapsülotomi sonrası çevre dokularda ve özellikle arka segmentte tespit edilen komplikasyonlar ve değişimlerin etiyopatogenezinde başlıca etkenin inflamasyon olduğu gösterilmiştir. Bir çalışmada, toplam enerji miktarı ile korele olarak aköz ve ön vitreusda oksidatif hasarın gerçekleştiği, sonuçta inflamasyona

yolaçtığı öne sürülmüş (21). Bir diğer çalışmada vitreusun zedelenmesi ve aköz kan bariyerinin bozulması sonucu inflamatuvar mediatörlerin vitreus içine salındığı, neticede KMÖ geliştiği iddia edilmiş (16). Bu çalışmalardan farklı olarak bizim çalışmamızda ise lazer sonrası 1 ay içinde hiçbir hastada KMÖ'nin gelişmediği gözlemlendi. KMÖ gelişmemesinin nedeni olarak lazer sonrası ilk dakikalardan itibaren anti-inflamatuvar tedavi kullanılması olduğu düşünülebilir.

Arka segmentte gelişen komplikasyonların ve değişimlerin etiyopatogenezinde yer aldığı iddia edilen bir diğer etken ise doğrudan lazerin etkisidir. Doğrudan lazerin etkisi ile ilgili çalışmalarda da birçok karşıt teori ve bulgu sunulmuş. Kapsülotomideki uygulamadan farklı olarak, Nd: YAG lazerin tedavide ilk uygulamalarından olan retina üzerine fotokoagülasyon tedavisinde yapılan araştırmalarda, Nd: YAG lazer fotokoagülasyonunun hem iç ve dış retinayı hemde RPE'ni bozduğu, hatta korikapillerlere hasar verip tıkanmasına yol açtığı gösterilmiştir (1). Ayrıca kapsülotomide yapılan çalışmalarda, retinada oluşan etkinin retinaya ulaşan ve absorbe edilen enerji miktarı ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (20, 22). Bir hayvan deneyi çalışmasında, kapsülotomi esnasında lazerin tepe atım genliğinde posterior kapsül ile tüm vitreus ve retina arasında enerji değişimine göre fark olmadığı iddia edilmiş (23). Benzer şekilde bir diğer çalışmada, lazer patlamasının patlayıcı enerjisinin vitreus yoluyla

retinaya iletiildiği ve bunun da doğrudan ve anında vitreoretinal çekilmeye yol açtığı öne sürülmüş (16). Başka bir çalışmada ise lazerle ön vitreusun yırtılmasının PVD'yi başlattığı ardından RY'na, hatta RD'na yolaçtığı iddia edilmiş (13, 24). Yanısıra başka bir hayvan deneyi çalışmasında da kapsülötomisi tedavisinde Nd: YAG lazerin vitreusun protein içeriğinde ve viskozitesinde artışa ve flow indeksinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiş (25). Bu teori ve bulgulara paralel Wesolosky JD ve ark. (24) post-lazer ilk 5 ay içinde lazere bağlı RD riskinin yüksek olduğunu göstermişler. Hatta Bhargava ve ark. (2) yüksek atım enerjisi seviyesi ile komplikasyonların (RD ve RY) arttığını bulmuşlar. Bütün bunlara karşın Javaloy ve ark. (26) YAG lazer sonrası RD riskini yüksek bulmamışlar. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da toplamda yüksek olmayan lazer atım enerjisiyle (50 mJ'ün altında) Nd: YAG lazer kapsülötomisi uygulanan hiçbir hastada post-lazer 1 ay içinde RD ve RY gözlemlenmedi. RD ve RY gibi diğer bir komplikasyon olarak gösterilen MD de tartışmalıdır. Doğrudan lazer atımının etkisiyle MD oluştuğunu söyleyen çalışmalara (14) karşın lazer sonrası var olan MD'nin kapandığını söyleyen çalışmalar da bulunmakta (27). Ohashi ve ark. (14) lazer atımının vitreusun sıvılaşmasına ve vitreus traksiyonuna yolaçtığını böylece var olan vitreomaküler adhezyonun makulada delik oluşumuna neden olduğunu iddia etmişler. Sakimoto ve ark (15) ise MD oluşumunda vitreomaküler adhezyondan bağımsız doğrudan lazer atımının etkisinin neden olduğunu iddia etmişler. Sonuçta tüm arka segmentte gösterilen komplikasyonlarla ilgili teorilere paralel olarak birçok çalışma da yüksek lazer enerjisi ile arka segment komplikasyonlarının arttığı bulunmuş. (2, 28, 29). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da ilk bir ay içinde hiçbir hastada RD, RY veya MD görülmeişinin hatta maküler ve peripapiller mikrovasküler yapılarda kantitatif değişimin bile görülmeişinin nedeninin toplamda yüksek olmayan (50 mJ'ün altında) lazer enerjisi kullanımı ve uygulama sırasında ön vitreusun bozulmaması olabileceği görülmekte.

Nd: YAG lazer sonrası arka segmentte RD, RY, MD gibi komplikasyonların gelişimine yönelik sunulan teorilerle bağlantılı olarak retina, koroid ve optic diskte post-lazer değişimler de araştırılmış. Yapılan çalışmalarda daha çok SMK, SFKK ve RSLT kalınlık değişimi incelenmiş ve yine farklı sonuçlar gösterilmiş. Bhargava ve ark. (2) yüksek lazer enerjisi ile SMK'nın arttığını söylerken, Kolli ve ark. (3), Bahargava ve ark'nın (2) işaret ettiği eşikten yüksek enerjide (ortalama 79 mJ) ve üçeitali hastalarda SMK'ın 3. aydan 12.aya kadar artmadığını bulmuşlar. Deshwal ve ark.'ları (18) ise ne ilk saatte ne de 1. ve 6. haftada SMK'da artış bulmamışlar. Başka bir çalışmada Yılmaz ve ark. da (12) SMK ve SFKK'da pre-lazer, post-lazer ilk hafta, post-lazer 1., 3., 6. ve 12. ay arasında fark görememişler. Diğer bir çalışmada Fakhruddinova ve ark. (11) iris lens diyaframında ve kapsülötomisi tedavisinde kullanılan Nd: YAG lazerin RSLT değerlerini etkilemediğini bulmuşlar. Yuvacı ve ark. ise (10) hem SMK ve SFKK

hemde RSLT kalınlığında post-lazer ilk günde istatistiksel olmayan artış haricinde pre-lazer, post-lazer ikinci hafta ve ilk ay ölçümlerinde fark görememişler. Bu çalışmalara benzer şekilde bizim çalışmamızda da hem SMK ve SFKK'da, hemde RSLT kalınlığında ne ilk yarım saat içinde ne de 30. günde kontrol gözlere göre fark tespit edilmedi. Bizim bulgularımızdan farklı olarak, Parajuli ve ark. (9) 50 mJ'ün altı ve üstündeki her iki grupta SMK'nı ilk yarım saatte artmış bulurken 1 ay sonraki ölçümlerde sadece 50 mJ'ün üzerindeki grupta yüksek bulmuşlar. Yanısıra Karahan ve ark. da (28) SMK'nın 1. haftada kapsülötomisi genişliğinden bağımsız (3,9 mm altı ve üstü) arttığını bulmuşlar. Fakat bu artışın 4. haftada preop değerlerle aynı seviyeye gerilediğini tespit etmişler. Literatürde görebildiğimiz çoğu SMK, SFKK ve RSLT kalınlık değişimlerini araştıran çalışmalarda pre-lazer ölçümlerini istatistiksel analizlerde kullanılması dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalarda pre-lazer değerlerin diğer bir ifadeyle AKK varlığında yapılan OKT ölçümlerinin sinyal kalitesinin düşük olması nedeniyle yanıltıcı olduğu gösterilmiştir (30). Bu nedenle çalışmalardaki pre-lazer ölçülen değerleri post-lazer ölçülen değerlerle karşılaştırmanın doğru sonuçlar veremeyeceği ortadadır. Sonuç olarak bizim çalışmamızda pre-lazer değerlerin kullanılmaması ek olarak benzer klinik özelliklere sahip diğer gözün kontrol olarak kullanılması bizim çalışmamızda elde edilen bulguların değerini artırmaktadır. Bununla birlikte görebildiğimiz kadarıyla literatürde post-lazer koriokapiller, retinal, peripapiller ve optik disk içi mikrovasküler yapıların kantitatif değişimini inceleyen ilk çalışma olmasının da önemli olduğu görülmektedir.

Her ne kadar çalışmamızda değerli bulgular tespit edilse de, hastaların uzun süre (1 yıl) takiplerinin olmayışı, 50 mJ üstünde lazer enerjisiyle kapsülötomisi yapılan grubun yer almayışı ve hasta sayısının fazla olmayışı çalışmamızın eksik tarafları olarak gözük-mekte. Daha fazla hasta sayısı ve farklı gruplarla uzun süreli çalışmalar literatüre değerli bulgular katacaktır. Sonuç olarak kapsülötomisi için, inflamasyonun ve GİB artışının kontrol edildiği, ön vitreusun bozulmadığı ve yüksek olmayan enerji kullanılarak uygulanan Nd: YAG lazerin retinal ve peripapiller mikrovaskülerite de kantitatif bir değişim oluşturmadığı ve güvenli olduğu gözlemlendi.

Finansal açıklama

Yazarların burada belirtilen bir ürün, yöntem veya materyal üzerinde hiçbir mali veya mülkiyet hakkı yoktur.

Çıkar beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir. Makalenin içeriğinden ve yazımından yalnızca kendileri sorumludur.

Finansman

Yazarlar bu çalışma için herhangi bir vakıf, kamu veya özel kaynaktan maddi destek almadıklarını beyan ederler.

Etik onay

İnsan katılımcıları içeren çalışmada gerçekleştirilen tüm prosedürler, yerel araştırma komitesinin etik standartlarıyla birlikte 1964 Helsinki Bildirgesi'ne ve sonraki değişikliklere uygundur.

Bilgilendirilmiş onay

Çalışmaya dahil edilen tüm hastalardan bilgilendirilmiş onamları alındı.

KAYNAKLAR

- de Jong PT, Vrensen GF, Willekens BL, Mooy CM. Free running Neodymium-YAG laser coagulation of the human fovea. A light and electron microscopic study. *Retina* 1989; 9: 312-8.
- Bhargava R, Kumar P, Phogat H, Chaudhary KP. Neodymium-yttrium aluminium garnet laser capsulotomy energy levels for posterior capsule opacification. *J Ophthalmic Vis Res* 2015; 10: 37-42.
- Kolli H, Evers C, Murray PI. Nd: YAG Laser Posterior Capsulotomy In Adult Patients With Uveitis. *Ocul Immunol Inflamm* 2021; 29: 1537-9.
- Channell MM, Beckman H. Intraocular pressure changes after neodymium-YAG laser posterior capsulotomy. *Arch Ophthalmol (Chicago, Ill: 1960)* 1984; 102: 1024-6.
- Stark WJ, Worthen D, Holladay JT, Murray G. Neodymium: YAG lasers: an FDA report. *Ophthalmology* 1985; 92: 209-12.
- MacEwen CJ, Dutton GN. Neodymium-YAG laser in the management of posterior capsular opacification—complications and current trends. *Trans Ophthalmol Soc U K.* 1986; 105: 337-44.
- Keleş A, Karaman S. Nd: Yag Lazer Kapsülötominin Göz İçi Basınç ve Kornea Endoteli Üzerine Erken Dönemde Etkisi. *Akdeniz Tıp Dergisi* 2021; 7: 220-4.
- Kim J, Choi JY, Kwon J, Wee WR, Han YK. Comparison of two Nd: YAG laser posterior capsulotomy: cruciate pattern vs circular pattern with vitreous strand cutting. *Int J Ophthalmol* 2018; 11: 235-9.
- Parajuli A, Joshi P, Subedi P et al. Effect of Nd: YAG laser posterior capsulotomy on intraocular pressure, refraction, anterior chamber depth, and macular thickness. *Clin Ophthalmol* 2019; 13: 945-52.
- Yuvacı İ, Pangal E, Yüce Y et al. Optic coherence tomography measurement of choroidal and retinal thicknesses after uncomplicated YAG laser capsulotomy. *Arq Bras Oftalmol* 2015; 78: 344-7.
- Fakhrutdinova AF, Ardamakova AV, Fedoruk NA, Bolshunov AV. Vliyaniye lazernykh operatsii v oblasti iridokhrustalikovoi diafragmy na tolshchinu makulyarnoi oblasti i peripapillyarnogo sloya nervnykh volokon [Effects of laser operations in the iris-lens diaphragm area on the thickness of the macular region and peripapillary nerve fiber layer]. *Vestn Oftalmol* 2020; 136: 26-31.
- Yilmaz, T., & Yilmaz, A. Long-term changes in subfoveal choroidal thickness and central macula thickness after Nd: YAG laser capsulotomy. *Int Ophthalmol* 2016; 37: 1003-8.
- Ranta P, Tommila P, Kivelä T. Retinal breaks and detachment after neodymium: YAG laser posterior capsulotomy: Five-year incidence in a prospective cohort. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 58-66.
- Ohashi T, Fujiya A, Kojima T. Macular hole after Nd-YAG laser capsulotomy with OCT findings. *Clin Case Rep* 2021; 9: e04267.
- Sakimoto S, Saito Y. Acute macular hole and retinal detachment in highly myopic eyes after neodymium: YAG laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1592-4.
- Lee MS, Lass JH. Rapid response of cystoid macular edema related to Nd: YAG laser capsulotomy to 0.5% ketorolac. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2004; 35: 162-4.
- Shetty NK, Sridhar S. Study of Variation in Intraocular Pressure Spike (IOP) Following Nd- YAG Laser Capsulotomy. *J Clin Diagn Res* 2016; 10: NC09-12. doi: 10.7860/JCDR/2016/21981.9037.
- Deshwal M, Sethi HS, Naik MP, Gupta VS. Topical steroid alone vs a combination with a posterior segment NSAID after Nd-YAG capsulotomy: Is the posterior segment NSAID really necessary? *J Family Med Prim Care* 2020; 9: 664-8.
- Baum OI, Romanov OG, Gamidov AA. Optimization of Laser Surgery of the Secondary Cataract. *Almanac Clinl Med* 2016; 44: 130-9.
- Youssef PN, Sheibani N & Albert DM. Retinal light toxicity. *Eye* 2010; 25: 1-14.

21. Bergandi L, Skorokhod OA, Franzone F, La Grotta R, Schwarzer E, Nuzzi R. Induction of oxidative stress in human aqueous and vitreous humors by Nd: YAG laser posterior capsulotomy. *Int J Ophthalmol* 2018;11: 1145-51.
22. Kameel Ghaly S, Foad Ghoneim D, Abdelkawi Ahmed S, Medhat Abdel-Salam A. Histological Evaluation of Retina after Photo Disruption for Vitreous Humor by Q-Switched Neodymium-Doped Yttrium Aluminium Garnet (Nd: YAG) Laser. *J Lasers Med Sci* 2013; 4: 190-8.
23. Iuliia Vladimirovna Bantsykina, Igor Vladimirovich Malov, Vladimir Nicolaevich Grishanov et al. Analysis of the Ophthalmic YAG-Laser Pulses Inside the Animal Eyes Using an Scilloscope, 03 March 2022, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1277683/v1>.
24. Wesolosky JD, Tennant M, Rudnisky CJ. Rate of retinal tear and detachment after neodymium: YAG capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 923-28.
25. Abdelkawi SA, Abdel-Salam AM, Ghoniem DF, Ghaly SK. Vitreous humor rheology after Nd: YAG laser photo disruption. *Cell Biochem Biophys*. 2014; 68: 267-74.
26. Javaloy J, Druchkiv V, Beltrán J et al. Retinal detachment after phacoemulsification in refractive surgery clinics: a large series analysis with variable follow-up during 16 years. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021; 259: 1555-67.
27. Parikh P, Day Ghafoori S, Dixit L, Harper CA 3rd. Spontaneous closure of a macular hole resulting from yag laser capsulotomy in A 13-Year-old girl. *Retin Cases Brief Rep* 2021; 15: 640-2.
28. Karahan E, Tuncer I, Zengin MO. The effect of ND: YAG Laser Posterior Capsulotomy Size on Refraction, Intraocular Pressure, and Macular Thickness. *J Ophthalmol* 2014; 2014: 846385.
29. Ari S, Cingü AK, Sahin A, Çinar Y, Çaçı I. The effects of Nd: YAG laser posterior capsulotomy on macular thickness, intraocular pressure, and visual acuity. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2012; 43: 395-400.
30. Alonistiotis D, Androu A, Manolakis A et al. The influence of mild posterior capsular opacification on spectral domain optical coherence tomography retinal nerve fiber layer thickness. *Int Ophthalmol* 2022; 42: 1811-7.

