



Normal Basıncılı Glokom ve Kronik Non-Arteritik İskemik Optik Nöropatilerin Mikrovasküler ve Elektrofizyolojik Bulgularının Karşılaştırması

Comparison of Microvascular and Electrophysiological Findings of Normal-Tension Glaucoma and Chronic Non-Arteritic Ischemic Optic Neuropathies

✉ Mine Kuru Toprak¹, ✉ Mehmet Murat Uzel², ✉ Hümeysra Yıldırım³

¹Osmaniye Devlet Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Osmaniye, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, Türkiye

³Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Balıkesir, Türkiye

Öz

Amaç: Optik sinir başındaki mikrovasküler değişiklikleri non-arteritik anterior iskemik optik nöropati (NAİON) ve normal tansiyonlu glokom (NTG) hastalar arasında karşılaştırmak ve vasküler yoğunluk (VY) ile patern elektoretinografi (PERG) değişiklikleri arasındaki korelasyonu değerlendirmek.

Gereç ve Yöntem: NTG ve NAİON'lu hastalara optik koherens tomografi anjiyografi ve PERG görüntülemesi de dahil olmak üzere kapsamlı oftalmolojik muayeneler uygulandı. Demografik ve klinik veriler toplandı ve gruplar yaş, göz içi basıncı, ortalama sapma ve global retina sinir lifi tabakası kalınlığı açısından eşleştirildi.

Bulgular: Çalışmaya NAİON grubundan 25 göz, NTG grubundan 24 göz ve kontrol grubundan 30 göz dahil edildi. NAİON hastalarında peripapiller, inferior hemi, inferior temporal ve temporal inferior bölgelerde VY, NTG hastalarına kıyasla önemli ölçüde daha düşüktü (sırasıyla $p=0,004$, $p=0,003$, $p=0,002$, $p=0,006$). PERG'de hem NAİON hem de NTG hastalarında P50 genliklerinin kontrol grubundakilerden daha düşük olduğu saptandı (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,012$). NAİON ve NTG grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yalnızca N95 genliğinde gözlemlendi ($p=0,035$). N95 genliği en hassas ayırıcı olarak ortaya çıkarken, inferior temporal VY en spesifik ayırıcıydı. VY, P50 latansı, P50 genliği ve N95 genliği ile korelasyon gösterdi (hepsi için $p<0,050$).

Sonuç: Bulgularımız, NAİON'u NTG'den ayırt etmede peripapiller damar yoğunluğu ve PERG parametrelerinin tanısal değerini vurgulamaktadır. PERG ile VY arasında gözlenen korelasyonlar, bu ölçümlerin retinal ganglion hücre fonksiyonunu ve mikrovasküler değişiklikleri değerlendirmede tamamlayıcı bir rol oynadığını düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Non-arteritik iskemik optik nöropati, normal basıncılı glokom, optik koherens tomografi anjiyografi, patern elektoretinogram

Abstract

Objectives: To compare microvascular alterations in the optic nerve head between non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy (NAION) and normal-tension glaucoma (NTG) and assess the correlation between vascular density (VD) and pattern electroretinography (PERG) changes.

Materials and Methods: Patients with NTG and NAION underwent comprehensive ophthalmologic examinations, including optic coherence tomography angiography and PERG imaging. Demographic and clinical data were collected, and groups were matched for age, intraocular pressure, mean deviation, and global retinal nerve fiber layer thickness.

Results: The study included 25 eyes from the NAION group, 24 eyes from the NTG group, and 30 eyes from the control group. VD was significantly lower in the peripapillary, inferior hemi, inferior temporal, and temporal inferior regions in NAION patients compared to NTG patients ($p=0.004$, $p=0.003$, $p=0.002$, $p=0.006$, respectively). Analysis of PERG parameters revealed that the P50 amplitudes in both NAION and NTG patients were lower than those in the control group ($p=0.001$, $p=0.012$, respectively). A statistically significant difference between the NAION and NTG groups was observed only in N95 amplitude ($p=0.035$). N95 amplitude emerged as the most sensitive discriminator, while inferior temporal VD was the most specific discriminator. VD correlated with P50 latency, P50 amplitude, and N95 amplitude ($p<0.050$ for all).

Conclusion: Our findings highlight the diagnostic value of peripapillary vessel density and PERG parameters in distinguishing NAION from NTG. The observed correlations between PERG and VD suggest a complementary role for these measures in evaluating retinal ganglion cell function and microvascular alterations.

Keywords: Non-arteritic ischemic optic neuropathy, normal-tension glaucoma, optic coherence tomography angiography, pattern electroretinogram

Cite this article as: Kuru Toprak M, Uzel MM, Yıldırım H. Comparison of Microvascular and Electrophysiological Findings of Normal-Tension Glaucoma and Chronic Non-Arteritic Ischemic Optic Neuropathies. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:329-335

Bu çalışma, TOD 57. Ulusal Kongresi'nde sözlü sunum (SS-ED-02) olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Mehmet Murat Uzel, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, Türkiye

E-posta: drmuratuzel@yahoo.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-7420-8934

Geliş Tarihi/Received: 17.03.2025

Revizyon Talebi/Revision Requested: 12.08.2025

Son Revizyon Alınma/Last Revision Received: 08.09.2025

Kabul Tarihi/Accepted: 05.10.2025

Yayın Tarihi/Publication Date: 25.12.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.78624

Telif Hakkı © 2025 Yazar(lar). Türk Oftalmoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.

Bu, Creative Commons Atıf-Gayri/Ticari-TürevleriYaratılamaz 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı kapsamında açık erişimli bir makaledir.



Giriş

Glokom ve non-arteritik anterior iskemik optik nöropati (NAİON), geri dönüşümsüz optik sinir hasarının en yaygın iki nedenidir. NAİON, akut fazda ani görme kaybı ve optik disk ödemi ile karakterizedir. Sonrasında, optik diskte solukluk ve retina sinir lifi tabakasında (RSLT) incelleme gelişerek kronik bir faza ilerler.¹ NAİON, optik sinir başını (OSB) besleyen primer damar olan kısa posterior siliyer arterde kan akımının azalması sonucu ortaya çıkar.² Normal tansiyonlu glokom (NTG), hem patofizyolojik hem de klinik özellikleri açısından diğer glokom tiplerinden farklıdır. Etiyolojisi tartışma konusu olmaya devam etse de, NTG'de görülen kronik retinal ganglion hücre kaybının OSB perfüzyonunun azalması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.^{3,4} NAİON ve NTG'de retina sinir lifi hasarının mekanizmaları farklılık gösterse de, kronik dönemde altta yatan nedeni tespit etmek zor olabilir. Hem optik disk değişiklikleri hem de görme alanı değişiklikleri birbirini taklit edebilir.

Optik koherens tomografi anjiyografi (OKTA), peripapiller bölgedeki kapiller dolaşımın değerlendirilmesini sağlayan non-invaziv bir yöntemdir. OKTA kullanan birkaç çalışmada, NAİON ve açık açılı glokomlu hastalarda normal bireylere kıyasla vasküler yoğunlukta (VY) bir azalma olduğu gösterilmiştir.^{5,6,7,8} Patern elektroretinografi (PERG), retina ganglion hücre fonksiyonunu değerlendirmede kullanılan hassas bir yöntemdir. NAİON ve NTG'de PERG amplitüdlerinin normal bireylere göre azaldığı görülmüş ve bu durumun NAİON ve NTG'de retinal ganglion hücre hasarına işaret ettiği bildirilmiştir.^{9,10}

Bu çalışmanın amacı, NAİON ve NTG'de OSB'de meydana gelen mikrovasküler değişiklikleri belirlemek, birbiriyle karşılaştırmak ve VY ile PERG değişiklikleri arasındaki korelasyonu saptamaktır.

Gereç ve Yöntem

Mayıs-Ekim 2022 tarihleri arasında üçüncü basamak bir merkezde NTG ve NAİON tanısı alan hastalar bu prospektif kesitsel çalışmaya dahil edildi. Çalışma, Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul'dan onay alındıktan (karar numarası: 2022/101, tarih: 28.09.2022) sonra Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütüldü. Tüm hastalardan yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

Tüm hastalara, merkezi kornea kalınlığı ölçümü, Snellen eşeli ile en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) değerlendirmesi, Goldman aplanasyon tonometresi ile göz içi basıncı (GİB) ölçümü ile biyomikroskopik muayene ve dilate fundus muayenesinden oluşan kapsamlı oftalmolojik muayene yapıldı. Ek olarak, tüm hastalara standart otomatik perimetri (Humphrey görme alanı analizörü, Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, 24-2 İsveç İnteraktif Eşik Algoritması Standart Stratejisi), OKT ile RSLT kalınlığı ölçümü (AngioVue, Optovue Inc., Fremont, CA), peripapiller anjiyografi için OKTA (AngioVue, Optovue Inc., Fremont, CA) ve PERG ölçümleri (Monpack One, Metrovision, Fransa) yapıldı.

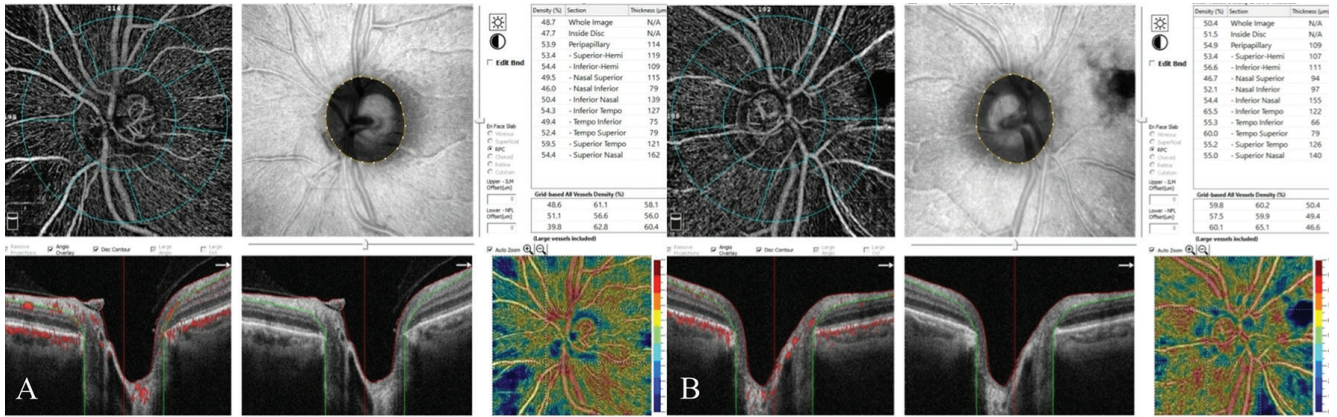
Çalışmaya dahil edilme kriterleri; sferik eşdeğerin -6,0 diyoptri (D) ile +3 D arasında olması, silindirik eşdeğerin <2 D olması, aksiyel uzunluğun <25 mm olması, gonyoskopide açının açık olması ve en az iki güvenilir görme alanı testi bulunması olarak belirlendi. Dışlama kriterleri sistemik ilaç kullanımı, NTG tanısından önce antiglokom ilaç kullanımı öyküsü, ortam bulanıklığına neden olan patolojilerin varlığı (örneğin; katarakt, vitreus kanaması) ve intraoküler cerrahi öyküsü olarak belirlendi.

Optik disk ve görme alanında glokomatöz hasar izlenen, ön kamara açısı açık olan ve farklı günlerde ölçülen GİB değerleri <18 mmHg bulunan hastalara NTG tanısı konuldu. NAİON tanısı; ani ağrısız görme kaybı, optik disk ödemi, uyumlu görme alanı defektlerinin varlığı ve arteritik nedenlerin dışlanması ile kondu. Optik disk ödeminin gerilemesinden en az 6 ay sonra geliştiği kabul edilen kronik faz NAİON'lu hastalar çalışmaya dahil edildi.

Sağlıklı kontrol grubu; herhangi bir oküler semptomu olmayan, intraoküler cerrahi öyküsü bulunmayan, GİB <18 mmHg olan ve görme alanı defekti olmayan gönüllülerden oluşturuldu. NTG, NAİON ve kontrol grupları, yaş, GİB, ortalama deviasyon (OrtD) ve global RSLT kalınlığına göre eşleştirildi. Eşleştirme, yaş için ± 5 yıl, GİB için ± 1 mmHg, OrtD için ± 1 dB ve global RSLT kalınlığı için ± 15 μ m uyumlu olacak şekilde yapıldı.

Tüm katılımcıların 4,5x4,5 mm² tarama paterni kullanılarak peripapiller OKTA görüntülemesi yapıldı ([Şekil 1](#)). Cihazın çalışma mekanizması daha önce bildirilmiştir.¹¹ VY, 1000 μ m genişliğindeki eliptik bir alan içinde optik disk sınırından uzanan küçük damarların kapladığı alanın toplam alana oranı olarak hesaplandı. Cihaz, iç limitan membran ile RSLT'nin arka sınırı arasındaki alanda segmentasyon yaptı. VY bir bütün olarak diskin içinde ve peripapiller bölgede, süperior ve inferior yarım alanlarda ve nazal süperior, nazal inferior, inferior nazal, inferior temporal, temporal inferior, temporal süperior, süperior nazal ve süperior temporal alanlarda ölçüldü. Peripapiller RSLT kalınlığı yine aynı cihaz kullanılarak ölçüldü. Yalnızca tarama kalitesi 7'den yüksek olan ve hareket artefaktı içermeyen görüntüler seçildi.

PERG kayıtları manyetik alandan ve sestten izole edilmiş bir odada yapıldı. Kısaca, elektriksel yanıtlar beş Dawson-Trick-Litzkow elektrodu kullanılarak kaydedildi: Korneaya bakacak şekilde alt göz kapaklarına birer elektrot yerleştirildi. Topraklama elektrodu ise alın bölgesine takıldı. Test, yakın mesafe düzeltmesi ve binoküler görme ile 2 dakikalık ışık adaptasyonunu takiben 30 cm mesafeden skotopik koşullar altında gerçekleştirildi. Katılımcılardan ekranda gösterilen bir satranç tahtası deseninin ortasında bulunan kırmızı bir noktaya odaklanmaları istendi ve her göz için dört PERG kaydı elde edilerek ortalaması alındı. Sonuçlar, kaydedilen elektriksel yanıtlar ve seçilen pik amplitüdlere hakkında analitik verileri içeren bir grafik olarak ifade edildi. N35, P50 ve N95 dalgaları (pikleri) için amplitüdlere ve latanslar kaydedildi. Daha detaylı bilgiye daha önceki bir çalışmada yer verilmiştir.¹²



Şekil 1. Non-arteritik anterior iskemik optik nöropatili bir hasta (A) ve normal tansiyonlu glokomlu bir hastadan (B) elde edilen temsili optik koherens tomografi anjiyografi ve optik sinir başı (OSB) analizi sonuçları. Peripapiller damar yoğunluğu ve peripapiller retina sinir lifi tabakası kalınlığı, OSB analiz yazılımı (Angio DiscVue) kullanılarak peripapiller anülüs ve disk içi bölgede, 8 sektörde ve süperior/inferior yarım alanlarda değerlendirildi

İstatistiksel Analiz

Verilerin normal dağılımı gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler, normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama $\pm$ standart sapma ve kategorik değişkenler için ise sayı ve yüzde olarak sunuldu. Kategorik veriler ki-kare testi kullanılarak analiz edilirken, sürekli değişkenler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirildi. Gruplar arasındaki farklılıklar ayrıca Tukey'nin post-hoc çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirildi. Parametreler arasındaki korelasyon Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak analiz edildi. Grup farklılıklarını çeşitli parametrelerin ayırt etme yeteneği, alıcı işletim karakteristiği (AİK) analizi kullanılarak

değerlendirildi. Tüm istatistiksel analizler SPSS 25,0 yazılımı kullanılarak yapıldı ve p değerinin $<0,05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya NAİON, NTG ve kontrol gruplarından 30'ar göz dahil edildi. NAİON grubundan beş hasta ve NTG grubundan altı hasta, RSLT kalınlıkları ile görme alanı OrtD değerlerinin eşleştirilememesi nedeniyle çalışmadan çıkarıldı. [Tablo 1](#)'de katılımcıların demografik ve klinik özellikleri sunulmuştur. Gruplar arasında yaş, cinsiyet, GİB ve OrtD açısından anlamlı bir fark yoktu ($p>0,05$).

Tablo 1. NAİON, NTG hastaları ve sağlıklı bireylerin demografik ve klinik özellikleri

	NAİON grubu (n=25)	NTG grubu (n=24)	Sağlıklı grup (n=30)	p değeri
Yaş (yıl)	59,68 $\pm$ 11,49	60,33 $\pm$ 8,75	59,93 $\pm$ 8,10	0,971
Cinsiyet, kadın, n (%)	15 (60)	16 (66,7)	17 (56,7)	0,753
EİDGK (logMAR)	0,54 $\pm$ 0,34	0,35 $\pm$ 0,41	0,03 $\pm$ 0,05	$p^a=0,079$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$
MKK (μ m)	534,44 $\pm$ 31,96	495,08 $\pm$ 25,46	550,27 $\pm$ 22,47	$p^a<0,001$ $p^b=0,079$ $p^c<0,001$
GA OrtD (dB)	-5,70 $\pm$ 1,97	-5,20 $\pm$ 2,77	-0,87 $\pm$ 2,93	$p^a=0,639$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$
GİB (mmHg)	14,88 $\pm$ 2,18	14,58 $\pm$ 2,02	15,50 $\pm$ 1,77	$p^a=0,861$ $p^b=0,485$ $p^c=0,218$
Çukur/disk oranı	0,38 $\pm$ 0,08	0,39 $\pm$ 0,07	0,34 $\pm$ 0,09	$p^a=0,885$ $p^b=0,269$ $p^c=0,111$
RSLT kalınlığı, ortalama (μ m)	83,84 $\pm$ 4,78	82,41 $\pm$ 7,66	100,03 $\pm$ 3,99	$p^a=0,646$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$

p^a : NAİON ile NTG, p^b : NAİON ile sağlıklı grup, p^c : NTG ile sağlıklı grup

NAİON: Non-arteritik iskemik optik nöropati, NTG: Normal tansiyonlu glokom, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, logMAR: minimum rezolüsyon açısının logaritması, MKK: Merkezi kornea kalınlığı, GA: Görme alanı, OrtD: Ortalama deviasyon, GİB: Göz içi basıncı, RSLT: Retina sinir lifi tabakası

OKTA ile değerlendirilen optik disk parametreleri [Tablo 2](#)'de gösterilmiştir. NAİON hastalarında VY, diskin içi hariç tüm bölgelerde sağlıklı kontrol grubuna göre daha düşüktü ($p<0,05$). NTG hastalarında VY, diskin içi, inferior temporal ve temporal inferior değerleri hariç tüm bölgelerde kontrollere göre daha düşüktü ($p<0,05$). Peripapiller, inferior yarım alan, inferior temporal ve temporal inferior VY, NAİON hastalarında NTG hastalarına göre daha düşüktü (sırasıyla $p=0,004$, $p=0,003$, $p=0,002$, $p=0,006$).

Gruplar arasında PERG özellikleri incelendiğinde, NAİON ve NTG hastalarında P50 amplitüdü kontrol grubundan anlamlı derecede düşük bulundu (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,012$).

NAİON ve NTG grupları arasında sadece N95 amplitüdünde istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p=0,035$). [Tablo 3](#)'te grupların PERG sonuçları verilmiştir.

[Tablo 4](#)'te AİK analizine göre NAİON ve NTG'nin anlamlı ayırt edici parametreleri gösterilmektedir. En hassas ayırt edici faktör N95 amplitüdü ve en spesifik ayırt edici faktör inferior temporal VY idi.

N35, P50 ve N95 parametreleri (latans ve amplitüd) ile VY arasındaki korelasyon analizi [Tablo 5](#)'te gösterilmektedir. Sunulan sonuçlar arasında tüm görüntü, disk içi, peripapiller, üst ve alt yarım alanlar ve farklı nazal ve temporal bölgeler yer almaktadır. N35 latansı, amplitüdü veya N95 latansı

Tablo 2. Gruplar arasında peripapiller vasküler dansitenin karşılaştırılması

	NAİON grubu (n=25)	NTG grubu (n=24)	Sağlıklı grup (n=30)	p değeri
Tüm görüntü (%)	41,90±6,51	44,80±6,16	50,97±2,39	$p^a=0,132$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$
Disk içi (%)	49,84±5,26	51,77±4,36	52,23±3,84	$p^a=0,295$ $p^b=0,129$ $p^c=0,927$
Peripapiller (%)	40,21±7,36	46,15±7,98	52,92±2,52	$p^a=0,004$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$
- Süperior yarım alan (%)	41,70±9,04	44,95±8,72	53,06±2,87	$p^a=0,262$ $p^b<0,001$ $p^c<0,001$
- İnférieur yarım alan (%)	42,56±9,01	47,58±7,93	52,62±2,42	$p^a=0,003$ $p^b<0,001$ $p^c=0,024$
Nazal süperior (%)	40,26±11,99	44,10±7,94	50,88±3,38	$p^a=0,244$ $p^b<0,001$ $p^c=0,011$
Nazal inferior (%)	40,44±12,46	42,55±8,21	49,13±3,74	$p^a=0,671$ $p^b=0,001$ $p^c=0,019$
İnférieur nazal (%)	44,76±10,08	46,73±9,76	52,53±4,58	$p^a=0,684$ $p^b=0,003$ $p^c=0,034$
İnférieur temporal (%)	44,24±11,68	53,60±10,49	57,82±4,12	$p^a=0,002$ $p^b<0,001$ $p^c=0,216$
Temporal inferior (%)	43,17±10,15	49,38±5,53	53,63±3,87	$p^a=0,006$ $p^b<0,001$ $p^c=0,069$
Temporal süperior (%)	43,79±8,08	47,74±11,81	56,15±3,43	$p^a=0,218$ $p^b<0,001$ $p^c=0,001$
Süperior temporal (%)	41,87±9,83	45,69±12,01	55,07±3,94	$p^a=0,301$ $p^b<0,001$ $p^c=0,001$
Süperior nazal (%)	39,76±13,31	41,13±10,22	51,60±5,51	$p^a=0,880$ $p^b<0,001$ $p^c=0,001$

p^a : NAİON ile NTG, p^b : NAİON ile sağlıklı grup, p^c : NTG ile sağlıklı grup
NAİON: Non-arteritlik iskemik optik nöropati, NTG: Normal tansiyonlu glaukom

herhangi bir bölgede istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermedi. P50 latansı birden fazla bölge ile anlamlı negatif korelasyon gösterdi. Süperior nazal, inferior nazal, inferior temporal ve süperior nazal bölgelerde P50 latansı istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon gösterdi (hepsi için $p < 0,050$). Bu sonuçlar, artan latansın bu bölgelerdeki azalmış VY değerleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Çeşitli bölgelerde P50 amplitüdü ile pozitif korelasyon olduğu bulundu. En yüksek pozitif korelasyon süperior yarım alandaydı ($r=0,249$, $p=0,027$). N95 amplitüdü ile çeşitli bölgelerde anlamlı negatif korelasyon vardı. En güçlü anlamlı negatif korelasyon peripapiller bölgede izlendi ($r=0,309$, $p=0,006$).

Tartışma

Bu çalışma, N95 amplitüdünün NAİON grubunda NTG grubuna göre anlamlı düzeyde azaldığını ortaya koymuştur. Özellikle peripapiller alanın inferior bölgesinde VY'de anlamlı bir azalma izlendi. Ayrıca, N95 amplitüdü, P50 amplitüdü, P50 latansı ve VY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu saptandı. Bulgularımız, NAİON ve NTG'nin VY'deki azalma ile ayırt edilebileceğini göstermektedir.

Perfüzyonun azalması, hem NTG hem de NAİON patofizyolojisinde iyi bilinen bir faktördür ve her iki durumda da perfüzyonun azaldığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır.^{13,14} Çalışmamız önceki araştırmalarla uyumlu olarak hem NAİON hem de NTG'de kontrol grubuna göre VY'de azalma olduğunu göstermektedir. NAİON'da, OSB'yi besleyen kısa posterior siliyer arter, akut fazda etkilenen primer arterdir. NTG'de en güçlü hipotezlerden biri, retinal ganglion hücre hasarının OSB'de kronik olarak kan akımının azalmasına bağlı meydana geldiğidir. NAİON ve NTG'yi karşılaştıran OKTA çalışmalarında, NAİON'da peripapiller VY'de daha fazla azalma olduğu bulunmuştur.^{5,6} Sonuçlarımız bu gözlemi desteklemektedir. Ancak, bazı çalışmalarda, peripapiller VY'deki azalmanın NTG ve primer açık açılı glokomda daha fazla olduğu iddia edilmiştir.^{7,8} Bu farklılık bir çalışmada grupların RSLT kalınlıklarındaki farklılıktan ve diğer bir çalışmada ise primer açık açılı glokom grubunun antiglokom tedavisi alıyor olmasından kaynaklanabilir. Beta-bloker tedavisi alan hastalarda, RSLT kalınlığına bağlı olarak VY ve kan akımında anlamlı değişiklik gözlenebilir. Kim ve ark.⁶, NTG ve NAİON'da VY'yi karşılaştırmış ve NTG'de VY'nin prelaminar doku ve lamina

Tablo 3. Gruplar arasında patern elektroretinogram parametrelerinin karşılaştırılması

	NAİON grubu (n=25)	NTG grubu (n=24)	Sağlıklı grup (n=30)	p değeri
N35 latansı (ms)	29,12±10,38	28,34±14,42	25,07±5,31	$p^a=0,962$ $p^b=0,325$ $p^c=0,488$
N35 amplitüdü (mV)	-0,13±1,11	-0,31±0,71	-0,39±0,96	$p^a=0,791$ $p^b=0,101$ $p^c=0,360$
P50 latansı (ms)	56,84±10,83	55,65±10,03	53,99±6,34	$p^a=0,892$ $p^b=0,483$ $p^c=0,783$
P50 amplitüdü (mV)	3,56±1,22	4,05±1,39	5,63±2,67	$p^a=0,652$ $p^b=0,001$ $p^c=0,012$
N95 latansı (ms)	100,72±10,66	94,89±16,58	94,95±15,37	$p^a=0,341$ $p^b=0,310$ $p^c=0,998$
N95 amplitüdü (mV)	-2,05±3,06	-4,12±1,60	-5,19±3,41	$p^a=0,035$ $p^b<0,001$ $p^c=0,368$

p^a : NAİON ile NTG, p^b : NAİON ile sağlıklı grup, p^c : NTG ile sağlıklı grup
NAİON: Non-arteritik iskemik optik nöropati, NTG: Normal tansiyonlu glokom

Tablo 4. AİK analizine göre NAİON ve NTG'nin ayrımı

	Kesim noktası	EAA	%95 GA	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	p değeri
Peripapiller VY (%)	44,2	0,724	0,578-0,871	70,8	72	0,007
İnferior yarım alan VY (%)	43,6	0,668	0,516-0,819	75	56	0,044
İnferior temporal VY (%)	54,75	0,731	0,587-0,874	66	80	0,006
Temporal inferior VY (%)	47,80	0,715	0,570-0,860	66	68	0,010
N95 amplitüdü (mV)	-5,25	0,272	0,127-0,417	75	12	0,006

AİK: Alıcı işletim karakteristiği, NAİON: Non-arteritik iskemik optik nöropati, NTG: Normal tansiyonlu glokom, VY: Vasküler yoğunluk, EAA: Eğri altındaki alan, GA: Güven aralığı

Tablo 5. Vasküler yoğunluk ve patern elektroretinografi parametreleri arasındaki korelasyon

	N35 latansı (ms)		N35 amplitüdü (mV)		P50 latansı (ms)		P50 amplitüdü (mV)		N95 latansı (ms)		N95 amplitüdü (mV)	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Tüm görüntü (%)	-0,175	0,123	-0,189	0,094	-0,231	0,040	0,226	0,045	-0,070	0,542	-0,259	0,021
Disk içi (%)	0,037	0,745	-0,114	0,319	0,138	0,237	0,175	0,124	0,074	0,517	-0,001	0,923
Peripapiller (%)	-0,089	0,436	-0,204	0,071	-0,216	0,055	0,221	0,050	-0,116	0,308	-0,309	0,006
- Süperior yarım alan (%)	-0,164	0,148	-0,176	0,120	-0,232	0,040	0,249	0,027	-0,110	0,335	-0,212	0,061
- İnförior yarım alan (%)	-0,098	0,363	-0,190	0,093	-0,271	0,016	0,183	0,106	-0,071	0,533	-0,228	0,043
Nazal süperior (%)	-0,141	0,214	-0,178	0,216	-0,278	0,013	0,223	0,049	-0,048	0,672	-0,293	0,009
Nazal inferior (%)	-0,118	0,299	-0,150	0,187	-0,255	0,023	0,124	0,278	-0,063	0,580	-0,229	0,042
İnförior nazal (%)	-0,054	0,635	-0,175	0,122	-0,186	0,101	0,092	0,420	-0,011	0,922	-0,166	0,143
İnförior temporal (%)	-0,094	0,409	-0,161	0,157	-0,263	0,019	0,239	0,034	-0,083	0,468	-0,225	0,047
Temporal inferior (%)	-0,119	0,298	-0,183	0,107	-0,250	0,026	0,190	0,094	-0,20	0,863	-0,210	0,063
Temporal süperior (%)	-0,175	0,122	-0,096	0,399	-0,215	0,057	0,236	0,037	-0,135	0,237	-0,106	0,354
Süperior temporal (%)	-0,158	0,164	-0,088	0,441	-0,129	0,259	0,235	0,037	-0,076	0,507	-0,151	0,185
Süperior nazal (%)	-0,148	0,194	-0,199	0,079	-0,225	0,046	0,190	0,094	-0,068	0,552	-0,133	0,241

kriboza düzeylerinde ancak NAİON'da ise peripapiller düzeyde daha düşük olduğunu, fakat aralarındaki farkın istatistiksel anlamlı olmadığını bulmuşlardır. Kanıtlar, NAİON kronik faza ilerledikçe peripapiller bölge tutulumunun arttığını göstermektedir. Kısa posterior siliyer arter hem prelaminar OSB'yi hem de parapapiller koroidi besler. Bu bölgelerdeki iskemik hasar aksonal transportu durdurur ve ilerleyici retinal ganglion hücre hasarına neden olur. İskemik hasar devam ettikçe, VY'deki azalma tüm kadrana yayılabilir. Shin ve ark.⁵ özellikle temporal bölgede NTG hastalarına göre NAİON hastalarında VY'de anlamlı azalma olduğunu saptamışlardır. Ayrıca NAİON hastalarında koroidal mikrovasküler kayıp alanının daha büyük olduğunu, temporal alanda NAİON hastalarında daha fazla ve NTG hastalarında daha az tutulum olduğunu görmüşlerdir.⁵ Benzer şekilde Liu ve ark.¹⁵ inferior kadrana hariç tüm kadrarlarda NAİON'da PAAG'a göre peripapiller VY'nin daha düşük bulunduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda temporal kadranda VY, NAİON'da NTG'ye göre anlamlı derecede düşüktü.

Elektrofizyolojik testler optik sinir ve retina ganglion hücrelerini etkileyen hastalıklar hakkında önemli bilgiler sağlar. Hem glokom hem de NAİON hastalarında, PERG parametrelerinden özellikle P50 ve N95 amplitüdlerinde azalma olduğu bildirilmiştir.^{9,10} Araştırmalar, PERG sinyallerinin sinir hasarını temsil ettiğini ve maküler ganglion hücreleri hasar gördüğünde bozulduğunu göstermektedir.^{16,17,18} Bazı çalışmalarda PERG ve OKTA'nın, maküler ve peripapiller bölgelerde PERG ve VY arasında saptanan korelasyonlar ile uyumu değerlendirilmiştir.^{18,19,20} Çalışmamızda N95 amplitüdü, P50 amplitüdü, P50 latansı ile VY arasında korelasyon olduğunu saptadık. Normal ve erken NTG gruplarında P50 ve N95 amplitüdü ile maküler VY arasındaki korelasyonlar, bu parametrelerin ciddi hasardan önce retina ganglion hücresi işlevselliğini gösterebileceğini düşündürmektedir.¹⁸

Benzer bir yorum NAİON hastaları için de geçerli olabilir. Bulgularımız, N95 amplitüdlerindeki farklılıkların NAİON'u NTG hastalarından ayırt etmede yardımcı olabileceğini düşündürmektedir. Grupları yaş, GİB, global OrtD ve peripapiller RSLT kalınlığı açısından eşleştirmemize ve akut faz etkilerini en aza indirmek için analizleri tedavi edilmemiş NTG ve kronik faz NAİON (ödeme sonrası 6 ay) ile sınırlandırmamıza rağmen, hastalık evresi hala OKTA kaynaklı peripapiller VY ve PERG ölçümlerini etkileyebilir. NAİON'da EİDGK'nın daha düşük olması gibi daha ileri yapısal ve fonksiyonel kayıp, muhtemelen kapiller kaybında artış ve PERG amplitüdlerinde azalma ile ilişkilidir. Buna karşılık, gruplar OrtD açısından eşleştirilmiş olmasına rağmen erken evre NTG'de değişiklikler çok hafif düzeyde olduğu için gruplar arası farklılıklar maskelenebilir veya olduğundan daha fazla bulunabilir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın en önemli kısıtlılığı, gruplar arasında RSLT kalınlığı ve görme alanı parametrelerinin eşleştirilmesi nedeniyle örneklemin küçük olmasıdır. Bu standardizasyon, VY değişikliklerinin daha doğru bir şekilde karşılaştırılmasını sağlamıştır. Bir diğer kısıtlılık ise görüntülemelerde optimal görüntü kalitesini elde etmek için sadece yeterli görme keskinliğine sahip hastaların çalışmaya dahil edilmesidir. Ayrıca, antiglokom tedavisine başlanmadan önce yeni tanı almış NTG hastalarına odaklandığımız için ileri retina sinir lifi hasarı olan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmanın hipotezi ile uyumlu olarak, NAİON ve NTG hastalarının OrtD'ye göre eşleştirilmesi ve mevcut NAİON hastalarının görme alanı paternlerinin farklılık göstermesi, peripapiller VY ile görme alanı paterni arasındaki ilişkinin araştırılmasını engellemiştir. Bu ilişki, yalnızca NAİON'a odaklanan, daha büyük bir örneklem ile yürütülen ve tüm NAİON hastalarının dahil edildiği çalışmalarda değerlendirilmelidir. Bununla birlikte,

çalışmamızda grupların eşleştirilmiş olması nedeniyle örneklem büyüklüğünün sınırlı kalması ve bazı değişkenler (özellikle NAİON'da EİDGK'nin daha kötü olması) hastalıkların doğası nedeniyle hem OKTA-VY'yi hem de PERG'yi etkilemiş olabilir.

Sonuç

Peripapiller VY, özellikle temporal bölgede, NAİON'u NTG'den ayırt etmek için değerli bir parametredir. PERG parametrelerindeki değişiklikler bu ayrımı desteklemektedir. Peripapiller bölge VY ve PERG parametreleri arasında da anlamlı korelasyon mevcuttur.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma, Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul'dan onay alındıktan (karar numarası: 2022/101, tarih: 28.09.2022) sonra Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütüldü.

Hasta Onayı: Tüm hastalardan yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

Teşekkür

Bu makaleyi dil açısından düzenlediği için anadili İngilizce olan bir akademisyen olan J. Neubauer'e teşekkür ederiz.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: M.M.U., H.Y., Konsept: M.M.U., Dizayn: M.M.U., Veri Toplama veya İşleme: M.K.T., H.Y., Analiz veya Yorumlama: M.K.T., M.M.U., Literatür Arama: H.Y., Yazan: M.K.T., H.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Hayreh SS, Zimmerman MB. Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: natural history of visual outcome. *Ophthalmology*. 2008;115:298-305.
- Kaup M, Plange N, Arend KO, Remky A. Retrobulbar haemodynamics in non-arteritic anterior ischaemic optic neuropathy. *Br J Ophthalmol*. 2006;90:1350-1353.
- Findl O, Rainer G, Dallinger S, Dörner G, Polak K, Kiss B, Georgopoulos M, Vass C, Schmetterer L. Assessment of optic disk blood flow in patients with open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2000;130:589-596.
- Shiga Y, Omodaka K, Kunikata H, Ryu M, Yokoyama Y, Tsuda S, Asano T, Maekawa S, Maruyama K, Nakazawa T. Waveform analysis of ocular blood flow and the early detection of normal tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54:7699-7706.
- Shin JW, Lee JY, Lee BJ, Lim HT, Kook MS. Clinical characteristics of choroidal microvasculature dropout in normal-tension glaucoma versus nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: an optical coherence tomography angiography study. *Sci Rep*. 2021;11:21391.
- Kim JA, Lee EJ, Kim TW, Yang HK, Hwang JM. Comparison of optic nerve head microvasculature between normal-tension glaucoma and nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021;62:15.
- Hondur G, Sen E, Budakoglu O. Microvascular and structural alterations in the optic nerve head of advanced primary open-angle glaucoma compared with atrophic non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259:1945-1953.
- Mastropasqua R, Agnifili L, Borrelli E, Fasanella V, Brescia L, Di Antonio L, Mastropasqua L. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary retina in normal-tension glaucoma and chronic nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Curr Eye Res*. 2018;43:778-784.
- North RV, Jones AL, Drasdo N, Wild JM, Morgan JE. Electrophysiological evidence of early functional damage in glaucoma and ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:1216-1222.
- Janáky M, Fülöp Z, Pálffy A, Benedek K, Benedek G. Electrophysiological findings in patients with nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Clin Neurophysiol*. 2006;117:1158-1166.
- Jia Y, Tan O, Tokayer J, Porsaid B, Wang Y, Liu JJ, Kraus ME, Subhash H, Fujimoto JG, Hornegger J, Huang D. Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. *Opt Express*. 2012;20:4710-4725.
- Satue M, Jarauta L, Obis J, Cipres M, Rodrigo MJ, Almarcegui C, Dolz I, Ara JR, Martin J, Pablo LE, Garcia-Martin E. Functional evaluation of the visual pathway in patients with multiple sclerosis using a multifunction stimulator monitor. *J Ophthalmol*. 2019;2019:2890193.
- Hayreh SS. The blood supply of the optic nerve head and the evaluation of it - myth and reality. *Prog Retin Eye Res*. 2001;20:563-593.
- Flammer J, Orgül S, Costa VP, Orzalesi N, Kriegelstein GK, Serra LM, Renard JP, Stefánsson E. The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. 2002;21:359-393.
- Liu CH, Wu WC, Sun MH, Kao LY, Lee YS, Chen HS. Comparison of the retinal microvascular density between open angle glaucoma and nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58:3350-3356.
- Bach M, Pfeiffer N, Birkner-Binder D. Pattern electroretinogram reflects diffuse damage in early glaucoma. *Clin Vis Sci*. 1992;7:335-340.
- Parisi V, Uccioli L, Monticone G, Parisi L, Manni G, Ippoliti D, Menzinger G, Bucci MG. Electrophysiological assessment of visual function in IDDM patients. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1997;104:171-179.
- Lee SY, Son NH, Bae HW, Seong GJ, Kim CY. The role of pattern electroretinograms and optical coherence tomography angiography in the diagnosis of normal-tension glaucoma. *Sci Rep*. 2021;11:12257.
- Kuryshva NI, Maslova EV, Zolnikova IV, Fomin AV, Lagutin MB. A comparative study of structural, functional and circulatory parameters in glaucoma diagnostics. *PLoS One*. 2018;13:e0201599.
- Al-Nosairy KO, Prabhakaran GT, Pappelis K, Thieme H, Hoffmann MB. Combined multi-modal assessment of glaucomatous damage with electroretinography and optical coherence tomography/angiography. *Transl Vis Sci Technol*. 2020;9:7.