

Dinamik Kontur Tonometri ile Oküler Puls Amplitüd Ölçümü ve Bu Ölçüme Santral Kornea Kalınlığı, Aksiyel Uzunluk ve Ön Kamara Derinliğinin Etkisi

Mesut Erdurmuş (*), Remzi Karadağ (*), Uğur Can Keskin (**), Feyza Uzun (***), İbrahim F. Hepşen (****)

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, sağlıklı insanlarda dinamik kontur tonometre (DKT) ile ölçülen oküler puls amplitüdün (OPA); yaş, cinsiyet, göz içi basıncı (GİB), santral kornea kalınlığı (SKK), korneal kurvatür, ön kamara derinliği (ÖKD) ve aksiyel uzunluk ile ilişkisi olup olmadığını araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Bu prospektif çalışmaya 53 sağlıklı bireyin 53 gözü dahil edildi. Keratometri ölçümlerini takiben topikal anestezi altında Pascal DKT ile OPA ve GİB ölçümleri yapıldı. Ultrasonik pakimetre yardımıyla SKK saptandı. Daha sonra A scan ultrasonografi ile olguların ön kamara derinlikleri ve aksiyel uzunlukları ölçüldü. OPA ile bu parametreler arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmak için Pearson korelasyon analizi kullanıldı.

Bulgular: Çalışmaya alınan 53 bireyin (34 kadın, 19 erkek) yaşları ortalaması $52,68 \pm 8,29$ yıl idi. Ortalama OPA $2,81 \pm 1,01$ mm Hg idi. Ortalama GİB $15,89 \pm 2,39$ mm Hg, korneal kurvatür $7,80 \pm 0,23$ mm, SKK $556,30 \pm 32,80$ μ m, ÖKD $2,91 \pm 0,32$ mm ve aksiyel uzunluk $23,14 \pm 1,10$ mm idi. Olguların yaş, SKK ve ÖKD'si ile OPA değerleri arasında herhangi bir korelasyon tespit edilmedi ($p > 0,05$). Aksiyel uzunluk ve korneal kurvatür ile OPA arasında anlamlı negatif bir korelasyon saptandı (sırasıyla $p < 0,001$ $r = -0,49$ ve $p = 0,024$ $r = -0,31$). GİB ile OPA arasında anlamlı pozitif bir korelasyon saptandı ($p = 0,007$ $r = 0,37$). OPA değerleri kadınlarda erkeklere göre istatistiksel olarak yüksek saptandı ($p = 0,03$).

Tartışma: OPA ölçümü; aksiyel uzunluk, korneal kurvatür ve GİB ile korelasyon göstermektedir. OPA ile SKK arasında korelasyon bulunmamaktadır. DKT ile ölçülen OPA değerleri korneal biyomekanik özelliklerden az etkilenmesi nedeniyle oküler kan akımı hakkında güvenilir bilgiler vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Oküler puls amplitüdü, dinamik kontur tonometri, santral kornea kalınlığı, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği

(*) Yrd. Doç. Dr., Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD, Ankara

(**) Uz. Dr., Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD, Ankara

(***) Asist. Dr., Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD, Ankara

(****) Prof. Dr., Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD, Ankara

Yazışma adresi: Yard. Doç. Dr. Mesut Erdurmuş, Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Alparslan Türkeş Cad. No:57, 06510 Emek, Ankara

E-posta: merdurmus@yahoo.com

Mecmuaya Geliş Tarihi: 17.01.2007

Düzeltilmeden Geliş Tarihi: 15.07.2007

Kabul Tarihi: 18.09.2007

SUMMARY

Measurement of Ocular Pulse Amplitude Using Dynamic Contour Tonometry and the Influence of Central Corneal Thickness, Axial Length and Anterior Chamber Depth on the Measurements

Purpose: To investigate the effects of age, sex, intraocular pressure (IOP), central corneal thickness (CCT), corneal curvature, anterior chamber depth (ACD) and axial length on OPA measurements using dynamic contour tonometer (DCT) in healthy subjects.

Materials and methods: Fifty-three eyes of 53 healthy individuals were included in this prospective study. After keratometric measurements, OPA and IOP were measured using Pascal DCT under topical anesthesia. The CCT was determined with the aid of ultrasonic pachymeter. After that, ACD and axial length of the subjects were measured by A scan ultrasonography. Pearson correlation analysis was used to determine the association between OPA and other parameters.

Results: The mean age of 53 subjects (34 female, 19 male) who were included in the study was $52,68 \pm 8,29$ years. Mean OPA was $2,81 \pm 1,01$ mm Hg. Mean IOP was $15,89 \pm 2,39$ mm Hg, corneal curvature was $7,80 \pm 0,23$ mm, CCT was $556,30 \pm 32,80$ μ m, ACD was $2,91 \pm 0,32$ mm and axial length was $23,14 \pm 1,10$ mm. There was no correlation between OPA values and age, CCT or ACD of the subjects ($p>0,05$). There were significant negative correlations between OPA and axial length ($p<0,001$ $r=-0,49$) and between OPA and corneal curvature ($p=0,024$ $r=-0,31$). There was a significant positive correlation between OPA and IOP measurements ($p=0,007$ $r=0,37$). OPA values were statistically higher in females than in males ($p=0,03$).

Conclusion: OPA values are found to be correlated with axial length, corneal curvature and IOP. There is no correlation between OPA and CCT. Since OPA measurements using DCT were less effected by corneal biomechanical properties, it gives more reliable information about ocular blood flow.

Key Words: Ocular pulse amplitude, dynamic contour tonometry, central corneal thickness, axial length, anterior chamber depth.

GİRİŞ

Sistolik ve diyastolik göz içi basıncı (GİB) farkına oküler puls amplitüdü (OPA) denir. OPA, koroidal perfüzyonun indirekt göstergesidir ve kalp atımı süresince olan pulsatil oküler kan akımı hakkında bilgi verir (1,2). Oküler kan akımında azalma hipoksiye ve nöral hücre ölümüne neden olabileceğinden glokom ve optik nöropati gibi diğer dolaşım problemlerini tetikleyebilir.

Pulsatil göz hemodinamiği ile ilgili geçmişteki çalışmaların çoğu, Langham ve McCarthy'nin (3) oküler kan akımı tonometresi (OBF Laboratories Ltd, Malmesbury, İngiltere) veya oküler kan akımı analizatörü (Paradigm Medical Industries, Salt Lake City, Utah, ABD) ile yapılmıştır. Ancak bu pnömotometrelerin sonuçlarına kuşkuyla bakılmaktadır. Çünkü oküler kan akımı tonometresi ile yapılan ölçümlerin santral korneal kalınlıktan (SKK) ve korneal kurvatürden etkilendiği gösterilmiştir (4-6). Benzer etkilenme oküler kan akımı analizatörü için de söz konusudur (7).

Dinamik kontur tonometre (DKT) (Pascal tonometer, SwissMicrotechnology AG, Port, Switzerland) yeni kullanıma girmiş olan bir tonometredir (8). DKT'nin

konkav silikon ucu, kornea ile temas ettiğinde kornea konturunu şekli alır ve içine gömülü halde bulunan algılayıcılar sayesinde süregelen olarak ölçüm yapılır. Kornea üzerinde herhangi bir düzleştirme yapmayan DKT, hem göz içi basıncını hem de OPA'yı eş zamanlı olarak ölçebilmektedir. Bunun için en az 5 kalp atımı süresince tonometre ucu kornea ile temas halinde olmalıdır. DKT'nin ölçüm yöntemine '*direkt transkorneal metod*' adı verilmektedir. Yapılan çalışmalarda santral kornea kalınlığından (SKK) etkilenmeden GİB'i ölçebildiği gösterilmiştir (9-12).

Bu çalışmanın amacı sağlıklı insanlarda DKT ile ölçülen OPA ile yaş, cinsiyet, GİB, SKK, korneal kurvatür, ön kamara derinliği (ÖKD) ve aksiyel uzunluğun ilişkili olup olmadığını araştırmaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Refraksiyon kusuru dışında herhangi bir oküler patolojisi olmayan ve sistemik hastalığı bulunmayan bireyler çalışmaya dahil edildi. Çalışma için üniversite etik kurulundan izin alındı. Elli üç bireyin 53 gözü çalışma kapsamına alındı. Her olgunun rasgele seçilen bir gözü

çalışmaya dahil edildi. Olguların öncelikli olarak keratometri cihazı ile (KR-8800, Topcon, Tokyo, Japonya) ile korneal kurvatür ölçümü yapıldı. Horizontal ve vertikal korneal kurvatürün aritmetik ortalaması kaydedildi. Proparakain %0.5 (Alcaine®, Alcon, İstanbul, Türkiye) ile topikal anestezi uygulanan olgulara DKT ile GİB ve OPA ölçümü yapıldı. Kalite skoru I olan DKT sonuçları kaydedildi. Daha sonra yine topikal anestezi altında kornea santraline dik olarak yerleştirilen ultrasonik pakimetre (Corneo-Gage Plustm, Sonogage, Ohio, ABD) probu yardımıyla SKK ölçüldü. Ölçüm sonuçlarından $\pm 5 \mu\text{m}$ içinde kalan üç ölçümün ortalaması SKK değeri olarak kaydedildi. Son olarak, A scan ultrasonografi (Echo-Scan, Nidek, Tokyo, Japonya) yardımıyla $\pm 0,05 \text{ mm}$ içinde kalan üç aksiyel uzunluk ölçümünün ortalaması kaydedildi. Tüm ölçümler aynı oftalmolog tarafından sabah saatlerinde gerçekleştirildi.

Verilerin ortalamaları, standart sapmaları, Student t testi, Pearson korelasyon analizi ve lineer regresyon analizi için SPSS 10.0 istatistik programı kullanıldı. Cinsiyete göre OPA değerinin karşılaştırılması için Student t testi kullanıldı. Ölçülen tüm parametrelerin arasındaki ilişkiyi saptamak için Pearson korelasyon analizi kullanıldı. Ayrıca Pearson korelasyon analizinde anlamlı korelasyon saptanan parametrelerin OPA'yı çizgisel olarak etkileyip etkilemediğini test etmek için lineer regresyon analizi kullanıldı. Tüm bulgular ortalama \pm standart sapma cinsinden belirtildi. P değeri $<0,05$ anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmaya alınan 53 bireyin (34 kadın, 19 erkek) yaşları ortalaması $52,68 \pm 8,29$ yıl idi. Ortalama OPA $2,81 \pm 1,01 \text{ mm Hg}$ idi. Ortalama GİB $15,89 \pm 2,39 \text{ mm Hg}$, keratometri $7,80 \pm 0,23 \text{ mm}$, SKK $556,30 \pm 32,80 \mu\text{m}$, ÖKD $2,91 \pm 0,32 \text{ mm}$ ve aksiyel uzunluk $23,14 \pm 1,10 \text{ mm}$ idi. Olgulara ait demografik özellikler tablo 1'de özetlenmiştir.

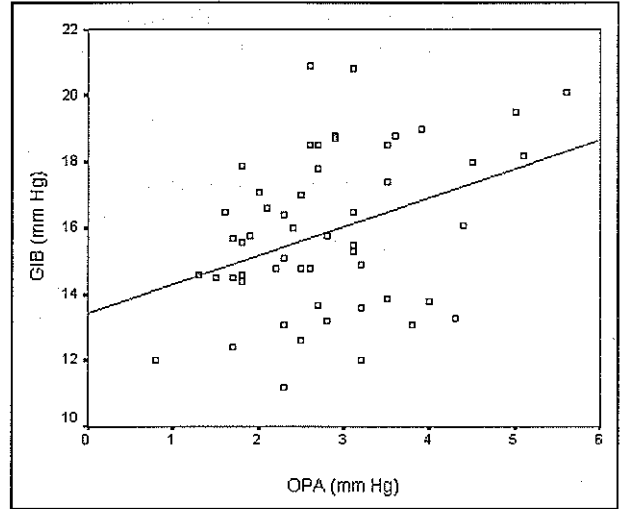
Tablo 1. Olgulara ait demografik özellikler

Yaş (yıl)	$52,68 \pm 8,29$ (38-78)
Cinsiyet (kadın/erkek)	34 / 19
OPA (mm Hg)	$2,81 \pm 1,01$ (0,8-5,6)
GİB (mm Hg)	$15,89 \pm 2,39$ (11,2-20,9)
SKK (μm)	$556,30 \pm 32,80$ (492-663)
Korneal kurvatür (mm)	$7,80 \pm 0,23$ (7,30-8,32)
Aksiyel uzunluk (mm)	$23,14 \pm 1,10$ (21,31-26,61)
ÖKD (mm)	$2,91 \pm 0,32$ (2,42-3,79)

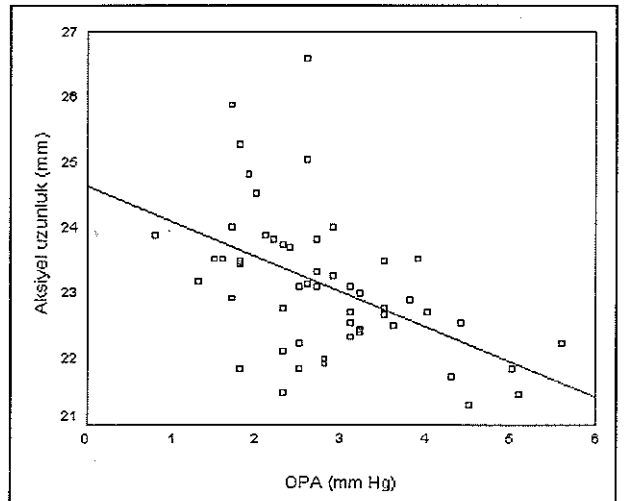
Olguların yaş, SKK ve ÖKD'si ile OPA değerleri arasında herhangi bir korelasyon tespit edilmedi ($p>0,05$). Aksiyel uzunluk ve korneal kurvatür ile OPA arasında anlamlı negatif bir korelasyon saptandı (sırasıyla $p<0,001$ $r=-0,49$ ve $p=0,024$ $r=-0,31$). GİB ile OPA arasında anlamlı pozitif bir korelasyon saptandı ($p=0,007$ $r=0,37$). Cinsiyete göre değerlendirildiğinde kadınlarda ($3,05 \pm 0,94 \text{ mm Hg}$) OPA değerleri erkeklerle ($2,38 \pm 1,02 \text{ mm Hg}$) göre anlamlı ölçüde yüksekti ($p=0,03$).

Grafik 1, 2 ve 3'te sırasıyla GİB, aksiyel uzunluk ve korneal kurvatür ile OPA arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafikleri görülmektedir.

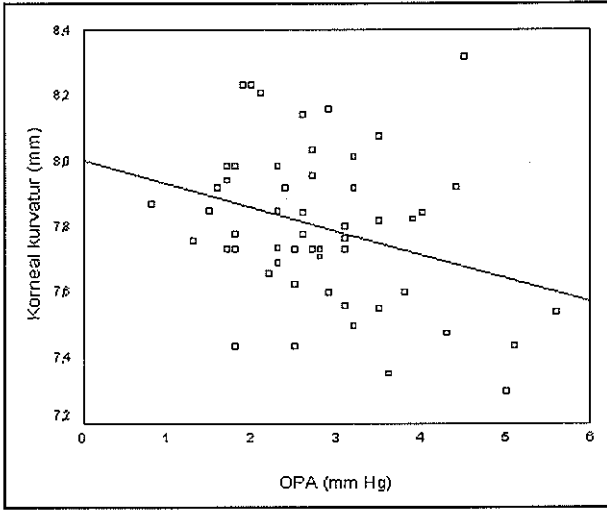
Grafik 1. OPA ve GİB arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafiği



Grafik 2. OPA ve aksiyel uzunluk arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafiği



Grafik 3. OPA ve korneal kurvatür arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafiği



Lineer regresyon analizinde, GİB'de 1 mm Hg artışa karşılık OPA'da 0,16 mm Hg artış saptanmıştır ($p=0,07$ $r^2=0,117$). Korneal kurvatürde 0,1 mm azalmaya karşılık olarak OPA'da 0,13 mm Hg artış olmaktadır ($p=0,024$ $r^2=0,079$). Aksiyel uzunlukta ise 1 mm azalmaya karşılık olarak OPA'da 0,46 mm Hg artış saptanmıştır ($p<0,001$ $r^2=0,230$).

TARTIŞMA

Oküler kan akımının %90'ını koroidal kan akımı oluşturmaktadır. OPA sistolik ve diyastolik koroidal kan akımındaki hacim değişikliğinin bir ölçütüdür. Langham (13) sağlıklı insanlarda pnömotonometre ile OPA değerini $1,5 \pm 0,11$ mm Hg olarak saptamıştır. Daha yeni oküler kan akımı analizatörü pnömotonometreler ile OPA değerleri $2,2 \pm 0,8$ ve $3,0 \pm 1,2$ mm Hg arasında tespit edilmiştir (7,14). Alimgil ve ark.'da (15) Türk toplumundaki 17 sağlıklı bireyde Langham'ın pnömotonometresi ile OPA'yı $2,6 \pm 0,7$ mm Hg olarak saptamışlardır. OPA ölçümüne yönelik DKT ile yapılan ilk çalışma Hoffmann ve ark. (8) tarafından yapılmıştır ve sağlıklı insanlarda ortalama OPA değeri 3,08 mm Hg olarak tespit edilmiştir. Kaufmann ve ark. (16) da aynı aletle sağlıklı bireylerdeki ortalama OPA değerini 3,00 mm Hg olarak saptamıştır. Çalışmamızda, Türk toplumunda sağlıklı insanlarda OPA değeri 2,81 mm Hg olarak saptanmıştır ve sonuçları literatürle uyumludur. Diğer çalışmalarla bizim çalışmamız arasındaki var olan OPA farkı; insanların yaş, cinsiyet ve ırksal özelliklerinin bu ölçüm sonuçlarını etkileyebileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, sağlıklı insanlarda OPA değerini değerlendirirken hangi teknik ile ölçüm yapıldığının mutlaka hesaba katılması gerekmektedir.

DKT, süregelen ölçüm yapabilmesi nedeniyle sistol ve diyastoldeki GİB dalgalanmalarını kaydetmekte ve göz içi pulsatil hemodinamiğin indirekt olarak ölçümünü yapabilmektedir. Pnömotonometreler ile OPA ölçümünün, korneal kurvatür ve SKK'dan etkilendiği bilinmektedir (7,13,14). Kaufmann ve ark. (16) DKT ile OPA ölçümünün SKK ve korneal kurvatürden etkilenmediğini saptamışlardır. Çalışmamızda OPA ölçümlerinin SKK'dan etkilenmediğini ancak zayıf da olsa korneal kurvatür ile negatif bir ilişki gösterdiğini saptadık. DKT ile yapılan ölçümlerin SKK'dan etkilenmemesi ve korneal kurvatürden göreceli olarak az etkilenmesi tonometre ucunun konkav elastik uçuna bağlanabilir. DKT'nin elastik silikon ucu korneaya temas ettiğinde onun şekline uyar ve kornea üzerine dıştan ve içten uygulanan basınçlar dengelendiği için direkt olarak GİB ve OPA ölçümü yapılabilir (17).

Sistolle birlikte orbital damarların kanla dolması oküler bulbus üzerinde pulsatil bir protrüzyon oluşturur. Oküler volümdeki bu artışa GİB'in verdiği yanıt gözün elastik özelliklerine bağlıdır (18) ki bizim çalışmamızdaki OPA ile GİB arasında saptanan pozitif korelasyonu açıklayabilir. GİB'in yüksek olduğu olgularda, skleral duvar gerilimi artmakta ve göze sistolde gelen kan volümü zaten stres altında olan bulbus duvarlarında elastik ekspansiyon yapmaktan ziyade GİB'de bir artış oluşturmaktadır. Çalışmamızda olduğu gibi GİB ile OPA arasındaki pozitif korelasyon literatürde de bildirilmiştir (16,19-21).

OPA ile aksiyel uzunluk arasındaki ilişki varlığı birkaç çalışmada bildirilmiştir (20-23). Aksiyel uzunluğun artmış olduğu bir göze, normal göze göre göreceli olarak daha düşük hacimde kan ulaşmaktadır. Bu nedenle aksiyel uzunluk artışı ile OPA arasında ters bir korelasyon bulunmaktadır. Bunlara ilaveten, miyopi skleral incelmeye ilişkilidir (24). Dolayısıyla, yüksek aksiyel uzunluk varlığında pulsatil volüm değişikliğinin neden olduğu ekspansiyona daha az direnç gösterilir. Ancak, miyopik gözlerde belki de çapları küçülmüş ve düzleşmiş damarlara bağlı olarak oküler kan akımı azalmaktadır (25-27). Biz çalışmamızda aksiyel uzunluk ile OPA arasında orta derecede bir negatif korelasyon saptadık. Bu bulguyu literatür bilgileri de desteklemektedir (16,20-23).

Periferik arterlerden transkutanöz tonometre ile yapılan ölçümler yaşla birlikte arteriyel duvar sertliği ve puls akım hızındaki artışa bağlı olarak OPA'nın arttığını göstermektedir (28,29). Bununla birlikte literatür bilgileri net değildir ve birbirinden farklı görüşleri içermektedir (21,22,30,31). Kaufmann ve ark.(16) DKT ile ölçülen OPA ile yaş arasında bir korelasyon saptamamışlar-

dır. Çalışmamızda da OPA ile yaş arasında bir korelasyon tespit edilmemiştir. Bu tezat, göz küresinin vasküler direncinin periferik arterler ve tonometre başı arasında hemodinamik bir çevirici gibi rol oynamasıyla açıklanabilir (32).

Cinsiyetin bazı vasküler hastalıkların etiolojisinde rol oynadığı bilinmektedir. Cinsiyet faktöründen en fazla östrojen ve progesteronların vasküler etkileri sorumlu tutulmaktadır (33). Centofanti ve ark. (34) oküler kan akımının cinsiyetten ve kişinin hormonal durumundan (premenopozal veya postmenopozal) etkilendiğini rapor etmişlerdir. Premenopozal kadınlarda OPA değerinin postmenopozal kadınlardan daha yüksek olduğu aynı çalışmada bildirilmiştir. Taker ve ark. (35) da postmenopozal kadınlarda hormon replasman tedavisinin menopozda görülen oküler hemodinamik değişikliklerin önlenmesinde etkili olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda, kadınlarda OPA değeri erkeklerden anlamlı ölçüde yüksekti. Bu bize cinsiyetin ve hormonal durumun OPA'yı etkileyebileceğini göstermektedir. Ancak çalışmamızda premenopozal, postmenopozal veya hormon replasman tedavisi alan kadınlara yönelik ayrıntılı inceleme yapılmamıştır ve bu gerçekte yeni bir çalışma konusudur.

GİB değerinin saptanmasının, glokomun tanı ve tedavisinde önemli bir yeri vardır. Ancak, GİB'in cihazlara ve santral kornea kalınlığına bağlı birtakım sınırlamaları da bilinmektedir (36-38). Bununla birlikte, OPA'nın glokomun kliniğinde önemli bir yeri olabileceğine yönelik kanıtlar da vardır (39,40). Apropolonidin gibi bazı antiglokomatöz ilaçlar, GİB ile birlikte OPA'yı da düşürmektedir (41). İdeal bir antiglokomatöz ilaç ise hem GİB'i etkin bir biçimde düşürmeli hem de OPA'yı etkilememelidir. Çünkü koroid akımının indirekt bir göstergesi olan OPA değerindeki bir azalma hipoksiye ve daha sonra nöron kaybına neden olabilir ki bu durum mevcut glokomun progresyonuna ve optik sinir dolaşım problemlerine neden olabilir (4,39,42). Ayrıca tiroid oftalmopatiye OPA'nın azalması orbital tutulumun ilerlediğini gösteren bir parametre olduğu da bildirilmiştir (43). Tüm bunlara ilave olarak değişik glokom tiplerinde OPA değerinin farklı değerler aldığı bildirilmiştir (44). Bu da OPA'nın glokomun tanısında da ayrıca bir rolü olabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada orta ve ileri yaş sağlıklı bireylerde DKT ile ölçülen OPA değerinin yaş, SKK ve ÖKD ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte OPA'nın GİB, korneal kurvatür ve aksiyel uzunluk ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır. DKT ile OPA ölçümü, pulsatil oküler kan akımının bir göstergesi olduğundan, rutin uygulamalarda kullanılabilecek non-inva-

zif bir yöntemdir. DKT ile ölçülen OPA değerleri korneal değişikliklerden etkilenmediğinden veya göreceli olarak az etkilendiğinden güvenilirliği pnömotometrelere oranla daha fazladır.

KAYNAKLAR

1. Langham ME, To'Mey KF. A clinical procedure for the measurements of the ocular pulse-pressure relationship and ophthalmic arterial pressure. *Exp Eye Res* 1978;27:17-25.
2. Silver DM, Farrell RA. Validity of pulsatile ocular blood flow measurements. *Surv Ophthalmol* 1994; 38(Suppl):72-80.
3. Langham ME, McCarthy E. A rapid pneumatic applanation tonometer: comparative findings and evaluation. *Arch Ophthalmol* 1968;79:389-399.
4. Bhan A, Browning AC, Shah S, Hamilton R, Dave D, Dua HS. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer, and Tono-Pen. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:1389-1392.
5. Gunvant P, Baskaran M, Vijaya L, Joseph IS, Watkins RJ, Nallapothula M, Broadway DC, O'Leary DJ. Effect of corneal parameters on measurements using the pulsatile ocular blood flow tonograph and Goldmann applanation tonometer. *Br J Ophthalmol* 2004;88:518-522.
6. Ko YC, Liu CJ, Hsu WM. Varying effects of corneal thickness on intraocular pressure measurements with different tonometers. *Eye* 2005;19:327-332.
7. Morgan AJ, Harper J, Hosking SL, Gilmartin B. The effect of corneal thickness and corneal curvature on pneumotonometer measurements. *Curr Eye Res* 2002;25:107-112.
8. Hoffmann EM, Grus FH, Pfeiffer N. Intraocular pressure and ocular pulse amplitude using dynamic contour tonometry and contact lens tonometry. *BMC Ophthalmol* 2004;23:4-4.
9. Kotecha A, White ET, Shewry JM, Garway-Heath DF. The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005;89:1572-1575.
10. Siganos DS, Papastergiou GI, Moedas C. Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:746-751.
11. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldman applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:3118-3121.
12. Doyle A, Lachkar Y. Comparison of dynamic contour tonometry with goldman applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. *J Glaucoma* 2005;14:288-292.
13. Langham ME. Pneumatography: a new methodological approach to the analysis of intraocular pressure and aque-

- ous humor dynamics in human eyes. Paper presented at: 22nd International Glaucoma Symposium; May 20-24, 1974; Albi, France.
14. Spraul CW, Lang GE, Ronzani M, Hogel J, Lang GK. Reproducibility of measurements with a new slit lamp-mounted ocular blood flow tonograph. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1998;236:274-279.
 15. Alimgil ML, Esgin H, Erda S. Orta Yaşlı Normal Olgularda Oküler Pulsatil Kan Akımı. *MN-Oftalmoloji* 1995;2:327-330.
 16. Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC, Thiel MA. Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006;124:1104-1108.
 17. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC. Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma* 2005;14:344-350.
 18. Silver DM, Geyer O. Pressure-volume relation for the living human eye. *Curr Eye Res* 2000;20:115-120.
 19. Bynke HG. Influence of intraocular pressure on the amplitude of the corneal pulse: a study on man and rabbits. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1968;46:1135-1145.
 20. To'mey KF, Faris BM, Jalkh AE, Nasr AM. Ocular pulse in high myopia: a study of 40 eyes. *Ann Ophthalmol* 1981;13:569-571.
 21. Shih YF, Horng IH, Yang CH, Lin LL, Peng Y, Hung PT. Ocular pulse amplitude in myopia. *J Ocul Pharmacol* 1991;7:83-87.
 22. Perkins ES. The ocular pulse. *Curr Eye Res* 1981;1:19-23.
 23. James CB, Trew DR, Clark K, Smith SE. Factors influencing the ocular pulse-axial length. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1991;229:341-344.
 24. McBrien NA, Gentle A. Role of the sclera in the development and pathological complications of myopia. *Prog Retin Eye Res* 2003;22:307-338.
 25. Avetisov ES, Savitskaya NF. Some features of ocular microcirculation in myopia. *Ann Ophthalmol* 1977;9:1261-1264.
 26. Akyol N, Kukner AS, Ozdemir T, Esmerligil S. Choroidal and retinal blood flow changes in degenerative myopia. *Can J Ophthalmol* 1996;31:113-119.
 27. Shih YF, Fitzgerald ME, Norton TT, Gamlin PD, Hodoss W, Reiner A. Reduction in choroidal blood flow occurs in chicks wearing goggles that induce eye growth toward myopia. *Curr Eye Res* 1993;12:219-227.
 28. Kelly R, Hayward C, Avolio A, O'Rourke M. Noninvasive determination of age related changes in the human arterial pulse. *Circulation* 1989;80:1652-1659.
 29. Franklin SS, Gustin W 4th, Wong ND, Larson MG, Weber MA, Kannel WB, Levy D. Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure. The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1997;96:308-15.
 30. Ravalico G, Toffoli G, Pastori G, Croce M, Calderini S. Age-related ocular blood flow changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996;37:2645-2650.
 31. Bynke HG, Schele B. On the origin of the ocular pressure pulse. *Ophthalmologica*. 1967;153:29-36.
 32. Schilder P. Ocular blood flow responses to pathology of the carotid and cerebral circulations. *Surv Ophthalmol* 1994;38(suppl):52-58.
 33. Gisclard V, Miller VM, Vanhoutte PM. Effect of 17 beta-estradiol on endothelium-dependent responses in the rabbit. *J Pharmacol Exp Ther* 1988;244:19-22.
 34. Centofanti M, Bonini S, Manni G, Guinetti-Neuschuler C, Bucci MG, Harris A. Do sex and hormonal status influence choroidal circulation? *Br J Ophthalmol* 2000;84:786-787.
 35. Taker E, Yenice Ö, Akpınar İ, Kazokoğlu H. Menopoz ve Kombine Hormon Replasman Tedavisinin Oküler Kan Akımı Üzerine Etkisi. *T Oft Gaz* 2003;33:469-474.
 36. Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol* 1993;38:1-30.
 37. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1975;53:34-43.
 38. Eddy DM, Sanders LE, Eddy JF. The value of screening for glaucoma with tonometry. *Surv Ophthalmol* 1983;28:194.
 39. Georgopoulos GT, Diestelhorst M, Fisher R, Ruokonen P, Kriegstein GK. The short-term effect of latanoprost on intraocular pressure and pulsatile ocular blood flow. *Acta Ophthalmol Scand* 2002;80:54-58.
 40. Schmidt KG, Pillunat LE, Kohler K, Flammer J. Ocular pulse amplitude is reduced in patients with advanced retinitis pigmentosa. *Br J Ophthalmol* 2001;85:678-682.
 41. Kuba GB, Austermann P. [Reduction of ocular pulse amplitude by apraclonidine--prospective double-blind, randomized clinical trial with 10 subjects]. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 2001;218:187-191.
 42. Troost R, Vogel A, Beck S, Schwenn O, Grus F, Pfeiffer N. Comparison of two intraocular pressure measurement methods: SmartLens(r) and goldmann's tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001;239:889-892.
 43. Alimgil ML, Benian O, Esgin H, Erda S. Ocular pulse amplitude in patients with Graves' disease: a preliminary study. *Acta Ophthalmol Scand* 1999;77:694-696.
 44. Punjabi OS, Ho HK, Kniestedt C, Bostrom AG, Stamper RL, Lin SC. Intraocular pressure and ocular pulse amplitude comparisons in different types of glaucoma using dynamic contour tonometry. *Curr Eye Res* 2006;31:851-862.