

Oküler Nabız Amplitüdünün Değerlendirmesinde Dinamik Kontur Tonometre'nin Önemi

Importance of Dynamic Contour Tonometry to Evaluate the Ocular Pulse Amplitude

Hikmet ÖZÇETİN¹, Mehmet BAYKARA², Aydın ATASOY³, Derya Tuna KAYA³,
Mehmet E. ASLANCI³, M. Sait GÜNERİGÖK³

Klinik Çalışma

Original Article

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı oküler dolanım denge terazisi parametreleri olan göz içi basıncı (GİB) ve oküler nabız amplitüdü (ONA) nü eşzamanlı ölçme yeteneğinde olan dinamik kontur tonometre (DKT/Zieler) ve POBF analizörü (Paradigm) sonuçlarının klinik pratiğinde değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Yaşları 50 ile 75 arasında olan 9'u erkek 8'i kadın, toplam 17 olgunun 34 sağlıklı gözü çalışmaya dahil edilmiştir. Topikal anestezi altında ve oturur konumda önce sağ ve sonra sol gözde DKT ile 1, 2, 3 kalitesinde GİB ve OPA ölçümü yapıldıktan 10 dakika sonra, POBF analizörü ile aynı parametrelere (GİB ve OPA) ölçümleri yapılmıştır.

Bulgular: Yaşları 50-75 arasındaki sağlıklı olguların 34 gözünde; GİB ölçümleri DKT ile ortalama: 16.0 ± 2.4 mmHg, POKA-GİB ortalama: 15.9 ± 3.3 mmHg bulunmuştur. Aralarındaki fark anlamsız (SD: 68, t: 0.15 $p > 0.05$) bulunmamaktadır. DKT-OPA ortalama: 2.8 ± 0.8 mmHg, Paradigm- OPA ortalama: 4.0 ± 1.3 mmHg aralarındaki fark anlamlı (SD: 68, t: -4.7 $p < 0.05$) bulunmuştur. Yaşla ilişkileri vardır.

Sonuç: GİB ölçümünde heriki yöntem uyumlu olmasına karşın ONA değerlendirmesi arasında güçlü korelasyon saptanmıştır. DKT klinik pratiğinde daha geçerlidir.

Anahtar Kelimeler: Göz içi basıncı, oküler nabız amplitüdü, dinamik kontur tonometre, pulsatil oküler kan akım analizörü.

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this investigation is to evaluate intraocular pressure (IOP) and ocular pulse amplitude (OPA) as parameters of ocular circulation balance, which were measured by dynamic contour tonometry (DCT) (Pascal; Swiss Microtechnology AG, Zurich, Switzerland) and pulsatile ocular blood flow analyser of Paradigm (Dicon Ocular Blood Flow Analyser).

Materials and Methods: Thirty four eyes of 17 healthy subjects were included in the study. Nine of the patients were women and 8 of them were with age range of 50 to 75 years. IOP and OPA were measured under topical anesthesia and in sitting posture by DCT with Q= 1-3 taken into account. After ten minutes, the same values were measured by POBF analyser. The results were evaluated.

Results: On 34 healthy eyes;

1. Intraocular pressure values were 16.0 ± 2.4 mmHg by DCT and 15.9 ± 3.3 mmHg by POBF. There was a strong correlation between DCT and POBF ($r=0.504$, $p < 0.002$). The difference between the mean IOP was not statistically important (t test; t0. 15, $p > 0.05$). There was a relation with age. 2. Ocular pulse amplitude values were 2.8 ± 0.8 mmHg by DCT and 4.0 ± 1.3 mmHg by POBF. There was a correlation between the results of OPA values from DCT and POBF ($r=0.643$, $p < 0.001$), but the values from POBF were significantly higher than those of DCT. There was no relation with age.

Conclusion: POBF analyser's IOP values were the same as DCT's IOP values; but POBF-OPA was higher than DCT-OPA and could be correlated with each other. Since corneal parameters do not affect DCT measurements, simultaneous IOP and OPA measurements with this tonometer (DCT) is needed for measurement of the parameters of ocular circulation balance in glaucoma clinics and target OPA may be a good criteria for treatment choice.

Key Words: Intraocular pressure, ocular pulse amplitude, dynamic contour tonometry, pulsatile ocular blood flow analyser.

Glo-Kat 2008;3:153-157

Geliş Tarihi : 28/04/2008

Kabul Tarihi : 13/06/2008

Received : April 28, 2008

Accepted : June 13, 2008

- 1- Uludağ Üni.Tıp Fak. Göz Hastalıkları A.D., Bursa, Prof. Dr.
- 2- Uludağ Üni.Tıp Fak. Göz Hastalıkları A.D., Bursa, Doç. Dr.
- 3- Uludağ Üni.Tıp Fak. Göz Hastalıkları A.D., Bursa, Uzm. Dr.

- 1- M.D. Professor, Uludağ University Medical Faculty Department of Ophthalmology, Bursa/TURKEY
ÖZÇETİN H., hozcetin@uludag.edu.tr
- 2- M.D. Associate Professor, Uludağ University Medical Faculty Department of Ophthalmology, Bursa/TURKEY
BAYKARA M.,
- 3- M.D., Uludağ University Medical Faculty Department of Ophthalmology, Bursa/TURKEY
ATASOY A.,
KAYA D.,
ASLANCI M.,
GÜNERİGÖK M.S.,

Correspondence: M.D. Professor, Hikmet ÖZÇETİN
Uludağ University Medical Faculty Department of Ophthalmology, Bursa/TURKEY

GİRİŞ

Gözün tüm dokularının ve özellikle iskemiye en duyarlı olan optik sinir başındaki oküler dolanım denge terazisinin 1 sağlıklı çalışabilmesi için, yeterli bir oküler perfüzyona ve dolayısıyla oküler perfüzyon basıncına (OPB) gereksinimi vardır. Yani:

$$\text{OPB} = \text{AKB} - \text{GİB} \quad (1)$$

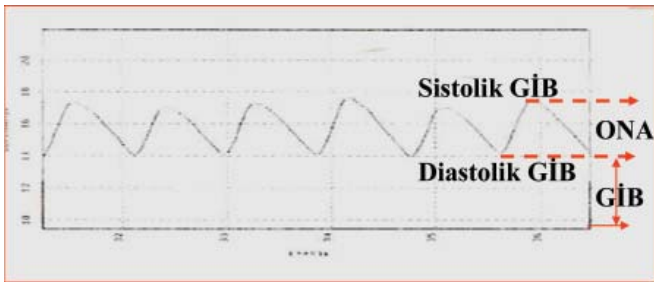
OPB= Oküler perfüzyon basıncı, AKB= Arteriyel kan basıncı, GİB= Göz içi basıncı

Bu nedenle, her kalp atımında göze yeteri kan akımının olabilmesi için, göze içi basıncını (GİB) aşan bir kan atım farkı veya diğer deyişle oküler nabız amplitüdü (ONA) olması gerekir. Gözün içine giren ve çıkan kan hacminden hareket ederek GİB değişikliklerini saptayabiliriz. Kısacası;

$$\text{Sistolik GİB} - \text{Diastolik GİB} = \text{ONA} \quad (2)$$

dır (Grafik 1). Koroideal perfüzyonun sağladığı pulsatil oküler kan akımı (POKA) dakikada ortalama 650-750 mikrolitre olup %2-5'i retinal ve %85'i koroidal kökenlidir. Bunun bir kısmı pulsatil ve koroidal kökenli olup kalp atımıyla değişir. Bir kısmı ise pulsatil olmayan yapıdadır.^{1,2} POKA'nın indirekt yanıtı olan ONA iskemiye bağlı glokom atrofisinin değerlendirilmesinde bir kriter olarak düşünülmüş²⁻⁴ ve glokomda 100 yıldır açıklanamayan görme alanı ilerlemesi^{5,6} ve bazı durumlarda⁷ etki mekanizmasındaki sorunların açıklanmasında tartışma konusu olmuştur.⁸⁻¹⁰ 1962 yılından beri azalan ONA ya PAAG ve özellikle normal tansiyonlu glokomda rastlandığı bilinmektedir.²

Hem ONA hem de GİB'ni eş zamanlı olarak değerlendirebilen ve ölçülebilen sırasıyla dört aygıtın; OBF11, POBF^{12,13} Smart Lens¹⁴, DKT¹⁵ klinik pratiğinde yer aldığını görmekteyiz.



Grafik 1: Oküler nabız amplitüdü (ONA) ; DKT çıktısında.

Bu çalışmanın amacı, hem GİB hem de ONA'yı eş zamanlı ölçme yeteneğinde olan ve bilinen POBF analizörü (Paradigm) ile kullanıma yeni giren benzer özelliğe sahip DKT (Swiss Microtechnology) yi karşılaştırarak, DKT'nin değerlendirmesini yapmak ve ONA parametresinin klinik kullanımdaki yerini tartışmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Yaşları 50 ile 75 arasında olan 9'u erkek 8'i kadın, toplam 17 olgunun 34 sağlıklı gözü çalışmaya dahil edildi. Bu olgular etik kuruludan onay alındıktan ve aydınlatılmış hasta onam formu'nu okuyan ve kabul eden hastalardır. Bu çalışma için gerekli masraflar Uludağ Üniversitesi bilimsel araştırmalarının T-2005/5 sayılı projesi kapsamındaki fakültemiz Araştırma Fonu tarafından karşılanmıştır. Bütün hastalardan ayrıntılı anamnez alındı ve tam bir göz muayenesi yapıldı. 40 yaş üstünde sağlıklı kadın ve erkek kişiler arasında havalı tonometre (HT) ile en az bir gözünde GİB 16-24 mmHg arasında ölçülen olguların, her iki gözü çalışma kapsamına alındı. Aşağıdaki kriterlere uyan olgular çalışmaya dahil edilmedi;

- Daha önceden geçirilmiş korneal hastalık, oküler travma veya cerrahi öyküsü olanlar, konjonktival yada göz içi iltihap geçirmiş olanlar, kornea ödemi veya skarlı olanlar. ± 1.5 D'den fazla ametropisi ve ± 1.5 D'den fazla korneal astigmatizması olanlar,

- Olası etkileri en aza indirmek için, glokom teşhisi konmuş, diyabetik, hipertansif, ya da sistemik otoimmün hastalığı olan hastalar.

Çalışmayla ilgili bütün işlemler aynı hekim tarafından hasta oturur konumdayken, aşağıdaki sıraya göre yapıldı;

1- İlk olarak rutin göz muayenesi (Non-contact tonometry (CT80 computerize tonometer, Topcon, Japan)

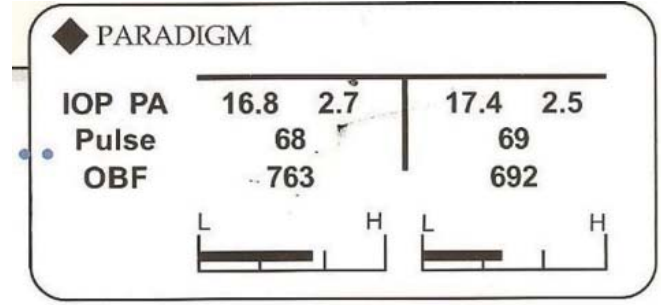
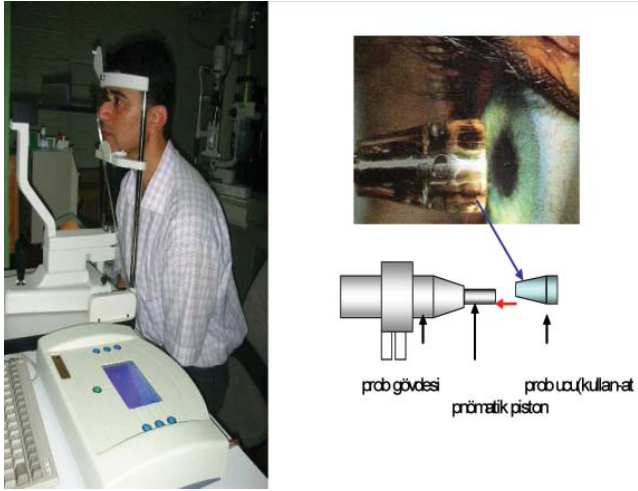


Resim 1a: Dinamik kontur tonometre ile ölçüm **b:** Çıktısı.

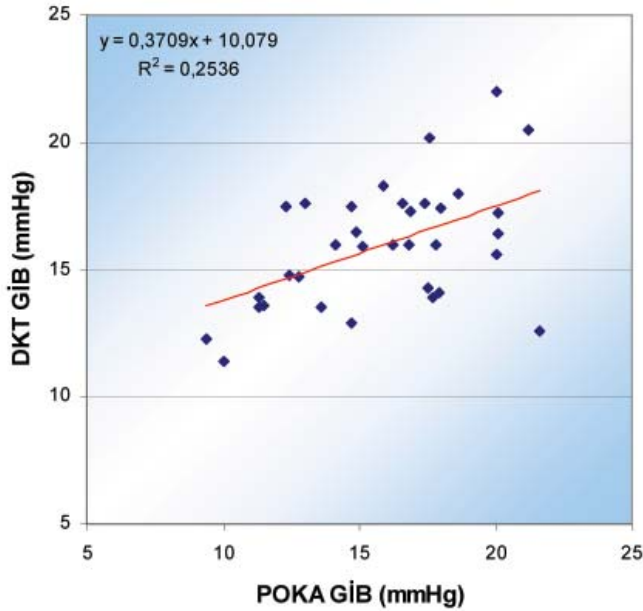
Tablo: Yaş, OPA ve POKA (*)

YAŞ	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70+	
ONA	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.0	1.8	mmHg
POKA	830	820	800	750	650	625	600	μ l/dk

(*) Ravalico G, Toffoli G, Pastori G, Croce M, Calderini S, Age related ocular blood flow changes, Invest Ophthalmol Vis Sci, 1996, 37 : 2645-2649,



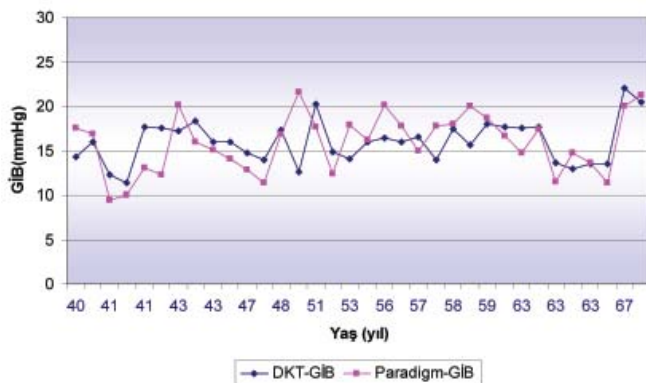
Resim 2a: POKA (Paradigm) ile ölçüm, uç yapısı. **b:** POKA (Paradigm) kısa çıktısı.



Grafik 2: DKT ve POKA ile GİB ölçümü ilişkisi.

ile GİB ölçümü, otorefraktometre (KR8800 Autokeratometre, Topcon, Japan) ile ölçüm alınarak görme keskinliği muayenesi, biyomikroskopi, göz bebeği büyü-tülerek göz dibi muayenesi yapıldı.

2- Dinamik kontur tonometre (DKT) (Pascal; Swiss Microtechnology AG, Zurich, Switzerland), (Resim 1a)



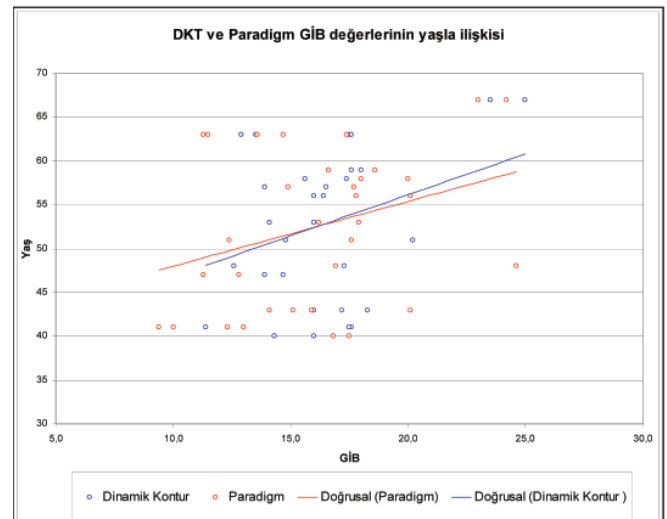
Grafik 3a: DKT ve POKA ile GİB ölçümünün yaşla ilişkisi.

temas ucu (uç çapı 1.7 mm) kuralına uygun 4-5 saniye (5-7 kalp atım sayısı) süregelikle korneaya temas ettiği sırada sürekli ve dalgalı bir ses gelmesine dikkat edilerek ölçümler uygulandı. Ölçüm sonucu ekrandan okundu, ikişer ölçüm alındı Ölçüm kalitesi uygun (Q=1-3) olan sonuçlar değerlendirmeye alındı (Resim 1b). Ölçüm kalitesi iyi olanlardan (Q=1) ikişer ölçüm, yeterli olanlardan ise (Q=2-3) üçer ölçüm alınarak ortalamaları hesaplandı ve değerlendirildi

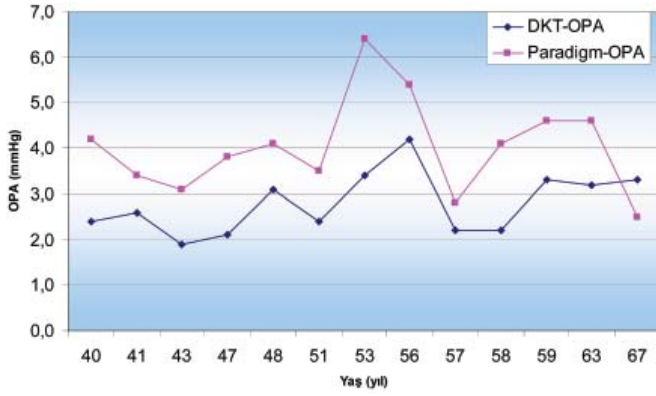
3- Olası tonografik etkiyi ortadan kaldırmak için DKT ile ölçümden sonra 5-10 dakika ara verildi ve sonra POKA ölçümüne geçildi..

4- POKA analizörü (Paradigm's Dicon Ocular Blod Flow Analyzer) aplanatörü (uç çapı 2.0 mm) önce sağ sonra sol göze korneasına 3-5 saniye temas ettirilerek (Resim 2a) dolanım parametreleri kısa program (ortalama 5 nabız atımı) (GİB, ONA, POKA, Nabız) kullanılarak ölçüldü ve kaydedildi (Resim 2b).

Anlamlılık için t-testi ve Korelasyonlar için Pearson korelasyon testi kullanılmıştır.



Grafik 3b: DKT ve Paradigm GİB değerlerinin yaşla ilişkisi.



Grafik 4a: DKT ve POKA ile ONA (OPA) ölçümlerinin yaşla ilişkisi.

BULGULAR

50 ile 70 yaş arasındaki 34 gözde yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

1. DKT ile yapılan GİB ölçümleri ortalama 16.0 ± 2.4 mmHg, POKA analizörü ile yapılan ölçümleri ortalama 15.9 ± 3.3 mmHg bulunmuştur.

2. GİB değerleri arasında güçlü bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.504$, $p<0.002$) (Grafik 2). GİB ortalamaları arasındaki fark anlamlı değildir (t-testi; $t=0.15$, $p>0.05$) ve iki ölçüm değerlerinin ortalamaları birbirine benzerdir. Yaşla ilişkileri grafik 3a'da ve korelasyonun var olduğu Şekil 5a da gösterilmiştir.

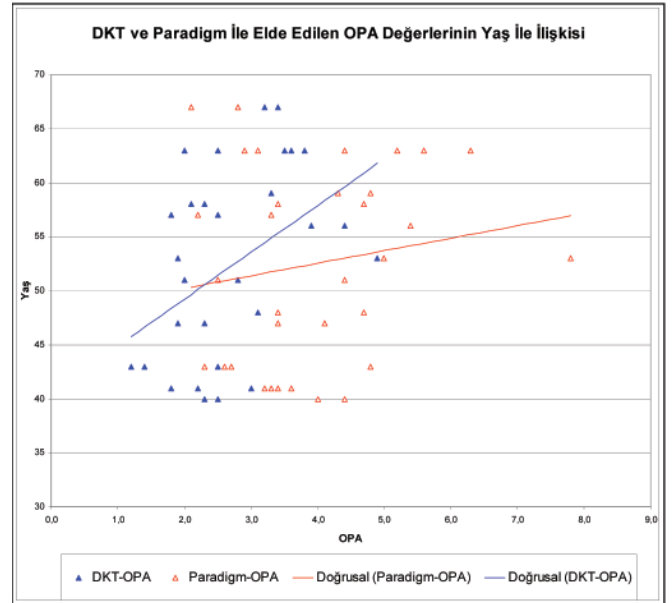
3. DKT-ONA ölçümleri ortalama 2.8 ± 0.8 mmHg, POKA-ONA ölçümleri ortalama 4.0 ± 1.3 mmHg bulunmuştur. POKA-ONA ölçümleri ile DKT-ONA değerleri arasındaki korelasyonun güçlü olmasına karşın, POKA analizörü daha yüksek değerler vermektedir.

4. DKT ve POKA analizörü ONA değerleri arasındaki korelasyon güçlü bulunmuş olmasına karşın ($r=0.643$, $p<0.001$), POKA-ONA değerlerinin değişmez şekilde DKT-OPA değerlerinden yüksek saptandı. Ölçüm ortalamalarının t-testi ile karşılaştırılmasında iki ölçüm arasında fark anlamlı bulunmuştur ($t=-4.7$, $p<0.05$). Yaşla bir ilişkisi (Grafik 4) ve korelasyonun var olduğu grafik 4a'da görülmektedir.

TARTIŞMA

Gözün ölçütlerinin (uzunluğu ve kırma kusurları) yanı sıra kişinin kardiyovasküler durumu oküler kan akımını etkilemesi nedeniyle değişken faktör fazladır.^{5,6} Bunun yanı sıra, eksüdatif maküler dejenerasyon¹⁶, miyoplarda¹⁷⁻¹⁹, retinitis pigmentosa²⁰, karotid stenozunda²¹ azalır. Oküler kan akımı kişiye özgün olması nedeniyle, sabit değerlerde değildir. Kişinin fizyolojik ve emosyonel durumuna da bağlıdır.¹⁵

Bu nedenlere bağlı olarak, yapmış olduğumuz bu çalışmadaki hastalar, yukarıdaki nedenlerden etkilenmeyecek şekilde toparlanmış ve postürün ölçümleri etkilenmemesi için oturur konumda GİB ölçümü yapılmış ve



Grafik 4b: DKT ve Paradigm ile elde edilen OPA değerlerinin yaşla ilişkisi.

sadece GİB, ONA ve yaş faktörleri göz önüne alınarak bu çalışma düzenlenmiştir.

Göziçi basıncı DKT, POKA

Erdurmuş ve ark., DKT nin süregelen ölçüm yapması bağlamında sistol ve diastoldeki GİB dalgalanmalarını kaydettiğini ve pulsatil hemodinamiğin indirekt ölçümünü yapması açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır.³⁰ Ancak burada kullandığımız POKA analizörünün ölçümleri 2.0 mm çapındaki uçla yapılması nedeniyle kornea kalınlığı ve eğriliğinden etkilenmektedir.^{23,31,32} DKT nin bu korneal parametrelere etkilenmemesi^{15,25,30-33} ise üstünlüğü olmaktadır. Bizim çalışmamızda DKT ile yapılan GİB ölçümleri ortalama 16.0 ± 2.4 mmHg, iken POKA analizörü ile yapılan ölçümleri ortalama 15.9 ± 3.3 mmHg bulunmuş ve GİB değerleri arasında güçlü bir korelasyon saptanmış ($r=0.504$, $p<0.002$) (Grafik 2) ve GİB ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır (t-testi; $t=0.15$, $p>0.05$). İki ölçüm değerlerinin ortalamaları birbirine benzerdir. Yaşla ilişkileri Grafik 3 ve korelasyon var olduğu grafik 3a'da gösterilmiştir.

ONA, DKT ve POKA

ONA tarafımızdan 2.8 ± 0.8 , Erdurmuş ve ark.³⁰ 2.8 ± 1.0 mmHg, Punjabi²⁶ tarafından 2.8 mmHg saptandığı görülmektedir. ONA nın en yüksek değeri ise 3.08 ± 0.92 mmHg ile Hoffmann ve ark.²⁸ aittir. Alimgil ve ark. 9 orta yaşlı 17 sağlıklı bireyde bu değeri 2.6 ± 0.7 mmHg olarak bildirmektedir. Tüm bunlara karşın, Ravalicino ve ark. 29 normal kişilerde 648 ile 840 mikrolitre /dakika olarak ölçtükleri oküler kan akımını tabloda yaş ve ONA ile POKA ilişkilerini bildirmiş ve yaş ilerlemesiyle göze gelen kan akımının azaldığını vurgulamıştır. Bunun yanı sıra, Franklin ve ark. yaşla damar duvarı sertleşmesine bağlı olarak OPA nın arttığını bildirmiştir.³³ Tara-

fımızdan POKA ile yapılan ölçümlerde 4.0 ± 1.3 mmH gibi yüksek bulunması düşündürücüdür. Diğer taraftan pnömotometrelerle (POKA ile) ONA ölçümünün korneal eğrilik ve kalınlıktan etkilenmesi^{11,13,23} sonuçlarının sağlıklı olmasını engellemesine karşın, DKT de böyle bir sorun olmaması^{15,25,29,30} güvenilirliğini sağlamaktadır. Gerek Kaufmann²⁴, Erdurmuş³⁰ yaşla değişmediğini bildirmesine karşın Ravalico ve ark.¹⁹ gibi bizim de bulgularımız ONA'nın yaşla değiştiği şeklindedir (Grafik 4,4a). Şimdiye kadar kullanılan tonometrelerin çoğunun sadece GİB ölçme yeteneğine karşın, DKT aygıtının GİB ve ONA yı eş zamanlı ölçerek bilgi vermesi klinikte okuler dolanım denge terazisinin² yorumlamasını sağlaması üstünlüğüdür. Bu nedenle, özellikle son 5 senedir glokom tedavisinde GİB ölçümü yanı sıra okuler kan akımında değerlendirmesi³³⁻³⁶ bu aygıtın diğer kullanım alanı ve üstünlüğünü doğrulamaktadır.

Sonuç olarak; korneal parametrelerden etkilenmediği bilinen DKT'nın, POKA aygıtına göre daha güvenilir olması açısından OPA değerleri ölçümünde klinik pratiğinde fayda sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR/REFERENCES

- Özçetin H, Göziçi basıncı ve Glokomlar, Ed. Özçetin H, Klinik Göz Hastalıkları, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2003,137-182.
- Flammer JA, Orgül S, Costa VP, et al.: The impact of ocular blood flow in glaucoma, Prog Retin Eyes Res. 2002;21:359-393.
- Cristini, G, Meduri R, Giovannini A.: Semiologia rheografica bulbare, Ann di Ott e di Clin Ocul. 1975;101:319-334.
- Özçetin H.: Silyar cisim kan dolanımının reo-ofthalmografi (ROG) yöntemi ile incelenmesi ve klinik değeri, XIII.Türk Oft. Kong. (1978), Ankara, Kardeş Matb., 1979, sh.,259.
- Krakau CET.: Calculation of the pulsatile ocular blood flow, Invest Ophthalmol Vis Sci. 1992;33:2754-2756.
- Silver DM, Farrell RA.: Validity of pulsatile ocular blood flow measurement, Surv Ophthalmol. 1994;38:72-80.
- Michelson G, Groh MJM.: Methods for the investigation of circulatory changes in glaucoma, Curr Opin Ophthalmol, 1994;5:46-57.
- Langham ME.: Ocular blood flow and vision in healthy and glaucomatous eyes, Surv Ophthalmol. 1994;38:161-168.
- Alımgil ML, Eşgin H, Erda S.: Orta yaşlı normal olgularda okuler pulsatile kan akımı, MN Oftalmol. 1995;2:327-330.
- Grieshaber MC, Flammer J.: Blood flow in glaucoma, Curr Opin Ophthalmol. 2005;16:79-83.
- Langham ME, McCarthy E.: Aplanation pneumotonography, Arch Ophthalmol.1968;79:869-875.
- Durham DG, Bigliano RP, Masino CA.: Pneumatic applanation tonometer, Trans Am cad Ophthalmol Otol. 1965;69:1029-1032.
- Spraul CW, Lang GE, Ronzani M, Hogel J, et al.: Reproducibility of measurement with a new silt lamp mounted ocular blood flow tonography, Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1998;236:274-279.
- Entenmann B, Robert BYC, Pirani P, et al.: Contact lens tonometry-application in humans, Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997;38:2447-2451.
- Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC.: Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. J Glaucoma. 2005;14:344-350.
- Yoshida A.: New examination methods for macular disorders –application of diagnosis and treatment Nippon Acta Ophthalmologicae. 2000;104:899-942.
- To'mey KF, Farris BM, Jalkh AE, et al.: Ocular pulse in high myopia; a study of 40 eyes, Ann Ophthalmol. 1981;13:569-571.
- Shih YF, Horng IH, Yang CH, et al.: Ocular pulse amplitude in myopia, J Ocul Pharmacol. 1991;7:83-87.
- Akyol N, Kukner AS, Özdemir T, et al.: Choroidal and retinal blood flow changes in degenerative myopia, Canad J Ophthalmol. 1996; 31:113-119.
- Schmidt KG, Pillunat LE, Kohler K, et al.: Ocular pulse amplitude in patients with advanced retinitis pigmentosa, Br J Ophthalmol. 2001;85:687-682.
- Schilder P.: Ocular blood flow responses to pathology of the carotid and cerebral circulation, Surv Ophthalmol. 1994;38:52-58.
- Langham ME, To'Mey KF.: A clinical procedure for the measurements of the ocular pulse-pressure relationship and the ophthalmic arterial pressure. Exp Eye Res.1987;27;17-25.
- Morgan AJ, Harper J, Hosking SL, et al.: The effect of corneal thickness and corneal curvature on pneumotonometer measurement, Curr Eye Res. 2002;25:107-112.
- Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC., et al.: Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour tonometry. Arch Ophthalmol. 2006;124:1104-1108.
- Viestenz A, Langenbacher A, Viestenz A.: [Reproducibility of dynamic contour tonometry. Comparison with TonoPenXL and Goldmann applanation tonometry - a clinical study on 323 normal eyes] Klin Monatsbl Augenheilkd. 2006;223:813-819.
- Punjab OS, Ho HK, Kniestedt C, et al.: Intraocular pressure and ocular pulse amplitude comparisons in different types of glaucoma using dynamic contour tonometry. Curr Eye Res. 2006;31:851-862.
- Romppainen T, Kniestedt C, Bachmann LM, et al.: Ocular pulse amplitude: a new biometrical parameter for the diagnose of glaucoma? Ophthalmologie. 2007;104:230-235.
- 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.
- Ravalico G, Toffoli G, Pastori G, et al.: Age related ocular blood flow changes, Invest Ophthalmol Vis Sci, 1996;37:2645-2649,
- Erdurmuş M, Karadağ R, Keskin UC, ve ark.: Dinamik kontur tonometri ile okuler puls amplitüd ölçümü ve bu ölçüme sentral kornea kalınlığı, aksiyel uzunluk ve ön kamara derinliğinin etkisi, T Oft Gaz. 2007;414-419.
- Bhan A, Browning AC, Shah S, et al.: 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.
- Gunvant P, Baskaran M, Vijaya L, et al.: Effect of corneal parameters on measurements using the pulsatile ocular blood flow tonograph and Goldmann applanation tonometer. Br J Ophthalmol. 2004;88:518-522.
- Franklin SS, Gustin W, Wong ND, et al.: Haemodynamics patterns of age-related changes in blood pressure, The Framingham Heart Study, Circulation. 1997;308:15.
- Fuchsjaeger-Mayrl G, Wally B, Rainer G, et al.: Effect of dorzolamide and timolol on ocular blood flow in patients with primary open angle glaucoma and ocular hypertension. Br J Ophthalmol. 2005;89:1293-1297.
- Zeitl O, Matthiessen ET, Reuss J, et al.: Effects of glaucoma drugs on ocular hemodynamics in normal tension glaucoma: a randomized trial comparing bimatoprost and latanoprost with dorzolamide. BMC Ophthalmol. 2005;5:6.
- Weinreb RN, Toris CB, Gabelt BT, et al.: Effects of prostaglandins on the aqueous humor outflow pathways. Surv Ophthalmol. 2002;47:1:53-64.