

Pedriatrik Yaş Grubunda Kornea Kalınlığı ve Korneanın Biyomekanik Parametrelerinin Göz İçi Basıncı Ölçümüne Etkisi

The Effect of Corneal Thickness and Biomechanical Parameters of the Cornea on Intraocular Pressure in Pediatric Age.

Sadık Etki BAYRAMOĞLU¹, Nihat SAYIN¹, Dilbade Yıldız EKİNCİ¹, Mehmet ERDOĞAN¹

ÖZ

Amaç: Pedriatrik yaş grubunda temasız göz içi basınç ölçümü ile oküler cevap analizörü (OCA) ile elde edilen ölçümleri karşılaştırmak.

Gereç ve yöntemler: Yetmiş dört hastanın 141 gözü çalışmaya dahil edildi. Refraksiyon kusuru dışında göz hastalığı bulunan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Tüm hastaların göz içi basınç (GİB) ölçümleri Nidek NT 510 Non-Kontakt Tonometri (NKT) cihazı ile yapıldı. Kompans edilmiş GİB (GİBkk), Goldmann aplanasyon tonometrisinin eşdeğeri olan GİB (GİBg), kornea direnç faktörü (KDF), ve kornea histerezisi (KH) değerleri OCA cihazı ile ölçüldü.

Bulgular: Çalışmaya 43'ü kız, 31'i erkek, 74 hasta dahil edildi. Yaş ortalaması 11.39±3.18 yıldır. Sferik eşdeğer -0.34±1.28 diyoptri, kornea kalınlığı 547.51±36.95 µm saptandı. GİB ortalaması 17.96±3.29 mm Hg, GİBkk 17.06±4.14 mm Hg, GİBg 17.72±4.03 mm Hg, KH 11.16±2.18 ve KDF 11.73±2.25 olarak ölçüldü. GİB ile GİBg arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p=0.56). GİBkk değeri, GİB ve GİBg değerinden daha düşük olarak saptandı (sırasıyla p=0.021 ve p=0.003). Kornea kalınlığı 540 µm'den küçük olan hastalarda GİB, GİBkk ve GİBg değerleri arasında fark saptanmadı. Kornea kalınlığı 540-580 µm arası olan hastalarda GİB ile GİBkk ve GİB ile GİBg değerleri arasında fark bulunmazken, GİBg değeri GİBkk değerinden daha yüksek bulundu (p=0.008). Kornea kalınlığı 580 µm'den fazla olan hastalar arasında GİB ve GİBg değeri, GİBkk değerinden daha yüksekti (sırasıyla p=0.01, p=0.00).

Sonuç: NKT cihazı ile OCA cihazı arasında, tüm hastalar karşılaştırıldığında GİB ve GİBg sonuçları arasında fark bulunmadı. İnce kornealı grupta, GİBkk değeri ile GİB ve GİBg sonuçları arasında fark yokken, kornea kalınlığı yüksek grupta, GİB ve GİBg değeri GİBkk değerinden yüksek saptandı.

Anahtar Kelimeler: Pakimetri, tonometri, oküler cevap analizatörü.

ABSTRACT

Purpose: To compare the intraocular pressure (IOP) measurements obtained with ocular response analyzer (ORA) and non-contact tonometer (NCT) in the pediatric age group.

Material and methods: One hundred forty one eyes of 74 patients were included in the study. IOP measurements of all patients were performed with the Nidek NT 510 NCT. Corneal hysteresis (CH), corneal resistance factor (CRF), corneal-compensated IOP (IOPcc) and Goldmann-correlated IOP (IOPg) were measured with the ORA.

Results: The mean age was 11.39±3.18 years. The mean central corneal thickness (CCT) was 547.51±36.95 µm. The mean IOP, IOPcc and IOPg were 17.96±3.29 mm Hg, 17.06±4.14 mm Hg, and 17.72±4.03 mm Hg respectively. The mean CH and CRF were 11.16±2.18, 11.73± 2.25 respectively. There was no statistically significant difference between IOP and IOPg (p= 0.564). IOPcc values were found to be lower than IOP and IOPg values (p=0.021 and p=0. 003, respectively). There was no difference between IOP, IOPcc and IOPg values in patients with CCT less than 540 µm. There was no difference between IOP-IOPcc and IOP-IOPg values in patients with CCT between 540-580 µm. IOPg value was higher than IOPcc (p=0.008). IOP and IOPg values were higher than IOPcc in patients with CCT greater than 580 µm (p=0.01, p=0.00, respectively).

Conclusion: There was no difference between IOP and IOPg with NCT and ORA devices when all patients were compared. In the low CCT group, there was no difference between IOPcc and IOP or IOPg. In the high CCT group, IOP and IOPg were higher than IOPcc.

Key words: Tonometer, pachymetry, ocular response analyzer.

1- Uz. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi - Received: 21.09.2017

Kabul Tarihi - Accepted: 15.02.2018

Glo-Kat 2018; 13: 65-69

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Sadık Etki BAYRAMOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Kliniği, Küçükçekmece, İstanbul

Phone: +90 505 336 3241

E-mail: sadiketka@windowslive.com

GİRİŞ

Göz içi basıncı (GİB) glokom tanısında ve hastalık progresyonunun takibinde en önemli tanı ve takip yöntemidir.¹ Glokom polikliniklerinde GİB ölçümü için altın standart olarak kabul edilen yöntem, Goldmann aplanasyon tonometrisidir (GAT).² Her ne kadar GAT ile yapılan GİB ölçümü basit ve güvenilir bir yöntem olsa da temaslı bir yöntem olması ve ölçümün hekim tarafından yapılması kullanımını kısıtlamaktadır. Ayrıca GAT ile ölçülen GİB birçok faktörden etkilenmektedir.^{3,4} Ek olarak çocukluk çağında GAT ile yapılan GİB ölçümü, uyum yetersizliği nedeniyle güçleşmektedir.

Genel oftalmoloji polikliniklerinde son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan non-kontakt tonometrilerin (NKT) çalışma prensibi, korneaya püskürtülen hava yastığının korneayı düzleştirici etkisine dayanır. Göz içindeki basıncın etkisi ile normal yapısına dönen korneadaki eğim değişimlerinin cihaz yazılımı tarafından analiz edilmesi sonucu, GİB değeri hesaplanır.

Oküler cevap analizörü (OCA), GİB'nin korneanın biyomekanik özelliklerinden etkilendiği varsayımı ile geliştirilmiş bir GİB ölçüm cihazıdır. Hızlı hava akımı ile çalıştığı için çalışma prensibi temelde NKT'lere benzemektedir. Hızlı hava akımından sonra korneanın düzleşmeye başladığı ve tekrar eski haline dönmeye başlaması esnasındaki aplanasyon değeri elektro-optik sistem tarafından kayıt edilir. Bu iki basınç arasındaki farka göre korneal histerezis (KH) değeri hesaplanır. KH değeri, korneaya göre düzeltilmiş GİB (GİBkk) değerinin hesaplanmasında kullanılır. GİBkk, merkezi kornea kalınlığından (MKK) en az etkilenen GİB değerini verir. Korneanın düzleşmeye ve geri dönmeye başladığı iki basınç ortalaması analiz edilerek Goldmann'a göre düzeltilmiş GİB (GİBg) değeri, mm Hg olarak raporlanır. Korneal direnç faktörü (KDF) hava akımı ile korneada oluşan direncin bir göstergesidir.

MKK, GAT ve NKT'lerde GİB ölçümünü etkileyen en önemli parametredir.^{5,6} Özellikle MKK arttıkça hata payının arttığı bildirilmiştir.⁶

Çalışmamızda çocukluk çağında NKT yöntemi ile ölçülen GİB değerlerini, OCA cihazı ile elde edilen GİB değerleri ile karşılaştırmayı ve GİB ölçümlerine MKK'nin etkisini incelemeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Kliniğine poliklinik muayenesi için başvuran 74 hastanın 141 gözü çalışmaya dahil edildi. Çalışma Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi etik kurul onayı alınarak, "Helsinki Deklarasyonu" prensiplerine uygun olarak yapılmıştır. Tüm hastaların yasal velilerinden

bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır.

Çalışmaya, göz hastalıkları polikliniğine göz muayenesi için başvuran, otorefraktometre ve NKT ile ölçüme iyi uyum sağlayan 5-16 yaş aralığındaki çocuklar dahil edildi. Refraksiyon, biyomikroskop ve göz dibi muayenesini içeren tam bir oftalmik muayene yapıldı. Refraksiyon kusuru dışında ek oküler hastalığı bulunan, göz içi cerrahi geçirmiş hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Beş diyoptriden fazla miyopisi ve 3 diyoptriden fazla hipermetropisi olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Tüm hastaların GİB ölçümleri, Nidek NT 510 (Nidek, Aichi, Japonya) NKT cihazı ile yapıldı. GİBkk, GİBg, KDF ve KH değerleri OCA (Reichert Ophthalmic Instruments, Buffalo, NY, ABD) cihazı ile ölçüldü. Her bir göz için dalga skoru 5'den büyük olan ölçüm çalışmaya dahil edildi. MKK Nidek AL-Scan (Nidek, Aichi, Japonya) cihazı ile ölçüldü. Hastalar MKK'ye göre 540 µm'nin altı, 540-580 µm ve 580 µm'den daha kalın olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Tüm hastalarda ve her grupta ayrı ayrı olmak üzere GİB ile GİBkk, GİBg değerleri karşılaştırıldı.

İstatistiksel analiz olarak SPSS 18.00 (SPSS Inc, PASW Statistics for Windows, Version, 18.0, Chicago, ABD) programı kullanıldı. Her grupta verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılıma uyan parametreler "bağımsız t-testi" karşılaştırıldı. GİB, GİBg, GİBkk, KH, KDF ve MKK arasında Pearson korelasyon analizi yapıldı.

BULGULAR

Yetmiş dört hastanın 43'ü kız 31'i erkek hasta idi. Yaş ortalaması 11.39±3.18 yıldır (5-16). Sferik eşdeğer -0.34±1.28 diyoptri, MKK ortalaması 547.51±36.95 µm, aksiyel uzunluk ortalaması 23.16 ±0.80 mm olarak ölçüldü. GİB ortalaması 17.96±3.29 mm Hg, GİBkk 17.06±4.14 mm Hg, GİBg 17.72±4.03 mm Hg, KH 11.16±2.18, KDF 11.73±2.25 saptandı.

Tüm hastalar değerlendirildiğinde GİB ile GİBg değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı; GİBkk değeri, GİB ve GİBg değerlerinden daha düşük idi (Tablo 1). Kornea kalınlığı 540 µm'den küçük olan hastalarda GİB, GİBkk ve GİBg değerleri arasında fark tespit edilmedi (Tablo 2). Kornea kalınlığı 540-580 µm arası olan hastalarda GİB ile GİBkk ve GİBg değerleri arasında fark bulunmazken, GİBg değeri GİBkk değerinden daha yüksekti (Tablo 2). Kornea kalınlığı 580 µm'den fazla olan hastalar arasında GİB ve GİBg değeri GİBkk değerinden daha yüksekti (Tablo 2).

GİB ile GİBkk, GİBg, MKK ve KDF arasında anlamlı ve pozitif korelasyon saptandı. GİBkk ile GİB, GİBg arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif; GİBkk ile KH arasında

Tablo 1. Tüm hastalarda GİB ölçümleri arasındaki farklar

	Ortalama fark	Farka ait% 95 güven Aralığı		P* değeri	N
		Alt Sınır	Üst Sınır		
GİB-GİBkk	0.88	-0.13	1.6	,021	141
GİB-GİBg	0.16	-0.39	0.72	,564	141
GİBg-GİBkk	0.66	0.23	1.09	,030	141

GİB: Göz içi basıncı
GİBg: Goldmann aplanasyon tonometrisinin eşdeğeri olan GİB
GİBkk: Kompanse edilmiş GİB
* bağımsız t-testi

Tablo 2. Merkezi kornea kalınlığına göre GİB ölçüm ortalamaları ve ölçümlere göre aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlılığının karşılaştırılması

	MKK<540 µm	540≤MKK ≤580µm	580 µm <MKK
GİB	16.14±2.74	19.46±2.79	20.13±3.41
GİBkk	15.90±3.55	18.58±4.81	17.60±3.98
GİBg	15.70±3.46	19.44±3.65	20.17±3.15
p* değeri(GİB-GİBkk)	0.650	0.170	0.015
p* değeri(GİB-GİBg)	0.340	0.804	0.947
p* değeri (GİBg-GİBkk)	0.360	0.008	0.000

GİB: Göz içi basıncı
GİBg: Goldmann aplanasyon tonometrisinin eşdeğeri olan GİB
GİBkk: Kompanse edilmiş GİB
MKK: Merkezi kornea kalınlığı
* bağımsız t-testi

negatif korelasyon saptandı. GİBg ile GİB, GİBkk, MKK, KDF arasında anlamlı ve pozitif korelasyon saptandı (Tablo 3), (Şekil 1).

MKK ile GİB ve GİBg arasında anlamlı ve pozitif korelasyon varken, MKK ile GİBkk arasında korelasyon saptanmadı. KH ile GİBkk arasında anlamlı ve negatif korelasyon varken, KH ile GİB ve GİBg arasında anlamlı korelasyon bulunmadı. KDF ile GİB ve GİBg arasında anlamlı ve pozitif korelasyon bulunurken, KDF ile GİBkk arasında korelasyon saptanmadı (Tablo 3).

MKK ile KH ve KDF arasında anlamlı ve pozitif korelasyon saptandı (p=0.00) (r değeri sırasıyla 0.42;0.57).

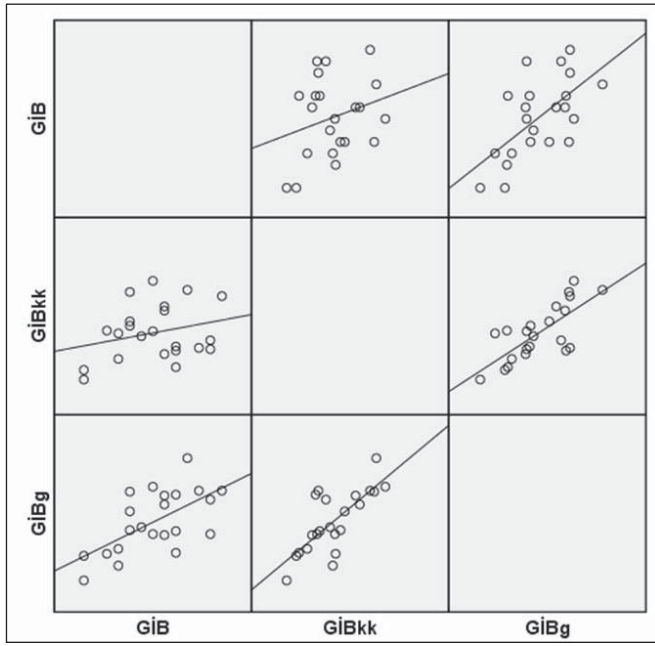
TARTIŞMA

Glokom tanı ve takibinde en önemli parametre GİB ölçümüdür. Glokom kliniklerinde GİB ölçümü için altın standart olarak GAT kullanılmakla birlikte, genel polikliniklerde tarama amaçlı olarak NKT'ler daha sık olarak tercih edilmektedir.

Tablo 3. Pearson Korelasyon Analizi

		GİB	GİBkk	GİBg	MKK	KH	KDF
GİB	r	1	0.44	0.67	0.50	0.19	0.52
	p değeri		0.00	0.00	0.00	0.39	0.00
GİBkk	r	0.44	1	0.82	0.11	-0.53	0.00
	p değeri	0.00		0.00	0.21	0.00	0.99
GİBg	r	0.67	0.82	1	0.56	0.033	0.56
	p değeri	0.00	0.00		0.0	0.71	0.00

GİB: Göz içi basıncı
GİBg: Goldmann aplanasyon tonometrisinin eşdeğeri olan GİB
KH :Korneal histerezis
r: Uyum katsayısı
GİBkk: Kompanse edilmiş GİB
MKK: Merkezi kornea kalınlığı
KDF:Korneal direnç faktörü



Şekil 1. GİB, GİBg, GİBkk ölçümlerinin birbiri ile olan ilişkisini gösteren matris dağılım grafiği.

GİB ile GİBkk arasında zayıf ($r=0.44$), GİB ile GİBg arasında orta ($r=0.67$)

GİBkk ile GİBg arasında yüksek ($r=0.82$) derecede korelasyon saptandı.

GİB: Göz içi basıncı

GİBkk: Kompanse edilmiş GİB

GİBg: Goldmann aplanasyon tonometrisinin eşdeğeri olan GİB

r: Uyum Katsayısı

Tonometrenin kornea teması ile orbiküler kasların elektrik aktivitesinde artış olmaktadır.⁷ Orbiküler kasın artmış aktivitesi sonucu istemsiz olarak hastalar göz kapaklarını sıkmakta, göz kapaklarını açmaya çalışan doktor tarafından da globa basınç uygulanmasına sebep olmaktadır.⁸ Hasta tarafından göz kapaklarının sıkılması, nefes tutma, sıkı yaka, spekulum, göz kapaklarına bası uygulaması GİB'nin olduğundan daha yüksek ölçülmesine sebep olur.^{9, 10} Fazla floresein kullanımı, tekrarlanan ölçümler, ölçüm esnasında hastanın başını geri çekmesi Goldmann tonometrisinde diğer hatalı ölçüm sebeplerindedir.⁴

Bulaş riski GAT'nin en önemli dezavantajıdır. Bakteriyel-viral konjonktivitler, hepatit-HİV virüsleri temaslı ölçüm yöntemleri ile bulaşabilir. NKT'lerin hasta gözüne temas etmemesi, bulaş riskinin daha düşük olması, hekim olmayan yardımcı personel tarafından da kullanılabilir olması güncel pratikte genel polikliniklerde en sık kullanılan tarama yöntemi olmasını sağlamıştır. Feng ve ark.¹¹ 2015'te yayınladıkları yaş ortalaması 8.89 ± 3.41 yıl olan 419 olgu içeren çalışmalarında, 10 yaş altı çocukların NKT ile % 89'undan, GAT ile %64'ünden güvenilir ölçüm alabildiklerini bildirmişlerdir. Pediatrik hastalarda temaslı cihazlar, hastada endişe oluşturmada, valsava manevrası yapılmama-

sı ile sistemik venöz basınç ve GİB artabilmektedir.³ OCA ve GAT ile ölçümü karşılaştıran başka bir çalışmada ise GAT'ye uyum sağlayabilen tüm pediatrik hastalarda OCA ile ölçüm alınabildiği saptanmış; ek olarak aplanasyon tonometresinde %22,3 hastada, OCA'de %10.2 hastada ölçüm alınmadığı bildirilmiştir.¹²

Pediatrik yaş grubunda Pulsair NKT ve GAT sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada Pulsair NKT'nin kullanılabilir ve güvenli bir yöntem olduğu saptanmıştır.¹³ Nidek NT-300 NKT'nin GAT ile karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise NKT'nin GAT ile uyumlu olduğu saptanmış, NKT'nin tekrarlanabilir, güvenilir bir yöntem olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Akman ve ark. NKT ve GAT ile yaptıkları çalışmada her iki cihazın ölçüm sonuçlarını benzer bulmuşlardır. NKT'yi tarama testi olarak önermekle birlikte, yüksek GİB değerlerinde GAT ile doğrulama önermişlerdir.¹⁵ Feng ve ark.¹¹ çocuklar için NKT ile GAT değerlerinin klinik olarak benzer ve birbiri ile önemli derecede korele olduğunu saptamışlardır. Kalın kornealı çocuklarda, yanlış glokom tanısı konulmaması için dikkatli olunmasını önermişlerdir. Ayrıca NKT'nin yüksek GİB'li, anormal kornealı, kötü fiksasyonlu ve düşük vizyonlu hastalarda güvenilirliğinin düştüğü bildirilmiştir.^{16,17} Buscemi ve ark.¹⁸ NKT'lerin pediatrik yaş grubunda kullanılabileceğini belirtmekle birlikte, 9 yaşın altındaki hastalarda NKT kullanımının güvenilirliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

OCA ile yapılan çalışmalarda, GİBkk değerinin MKK'dan diğer ölçümlere göre daha az etkilendiği bildirilmiştir.^{19, 20} Ülkemiz erişkin yaş grubunda yapılan bir çalışmada ise, ortalama GİBkk değeri GAT'ye göre 1.25 mm Hg daha yüksek saptanmıştır. MKK'na göre karşılaştırma yapıldığında ise, ince (545μ 'dan az) ve orta kalınlıktaki kornealarda ($545-580 \mu$ arası) bu yükseklik anlamlı düzeyde iken, kalın kornealarda (580μ 'dan fazla) anlamlılık düzeyinde saptanmamıştır.²¹

Çalışmamızda GİB, GİBg, GİBkk değerlerinin tümünde birbirleri ile anlamlı ve pozitif korelasyon saptandı. GİB ile GİBkk arasında zayıf, GİB ile GİBg arasında orta korelasyon saptanmasına karşın GİBg ile GİBkk arasında kuvvetli korelasyonun olması, GİBg ve GİBkk'nin aynı cihazın aynı ölçümde vermiş olduğu değerler olmasından kaynaklanabilir. Bu bulgular, farklı cihazlar arasındaki GİB ölçüm sonuçlarının korele olduğunu fakat uyumunun yüksek olmadığını göstermektedir. Çalışmamız çocukluk yaş grubunda da GİBkk değerinin MKK'dan etkilenmediğini desteklemektedir. Çalışmamızda KH'nin, MKK'dan bağımsız bir şekilde GİBkk ölçümü sonucunu etkileyen bir parametre olduğu saptandı. KH arttıkça GİBkk değerinin azaldığı görüldü. Özellikle kalın kornealı bireylerde GİB ve GİBg değeri, GİBkk değerinden anlamlı düzeyde daha yüksek çıkmaktadır. GİBkk değeri MKK'dan etkilenmemesi nedeniyle çocukluk yaş grubunda GİB ölçümü için kullanılabilir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002;120(6):701-13; discussion 829-30.
2. Goldmann H, Schmidt T. [Applanation tonometry]. *Ophthalmologica.* 1957;134(4):221-42.
3. Kao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ, et al. Clinical comparison of the Ocular Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. *Ophthalmology.* 1987;94(12):1541-4.
4. UŞ T. Göz İçi Basınç Ölçümünde Hata Kaynakları. *SDÜ Tıp Fak Derg.* 2006;13(3):32-5.
5. Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. *Am J Ophthalmol.* 1993;115(5):592-6.
6. Recep ÖF, Hasrıpi H, Çağıl N, et al. Relation between corneal thickness and intraocular pressure measurement by noncontact and applanation tonometry. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(11):1787-91.
7. Kornblueth W, Jampolsky A, Tamler E, et al. Activity of the Oculomotor Muscles During Tonometry and Tonography: An Electromyographic Study. *AMA Arch Ophthalmol.* 1959;62(4):555-61.
8. Gandhi PD, Gürses-Özden R, Liebmann JM, et al. Attempted eyelid closure affects intraocular pressure measurement. *Am J Ophthalmol.* 2001;131(4):417-20.
9. Brody S, Erb C, Veit R, et al. Intraocular pressure changes: the influence of psychological stress and the Valsalva maneuver. *Biol Psychol.* 1999;51(1):43-57.
10. Yılmaz S, Helvacıoğlu M, Yurdakul NS, et al. Göz İçi Basınç Ölçümü Üzerine Göz Kapaklarının Sıkılmasının Etkisi. *Glo-Kat.* 2007;2(1):23-6.
11. Feng CS, Jin KW, Yi K, et al. Comparison of intraocular pressure measurements obtained by rebound, noncontact, and goldmann applanation tonometry in children. *Am J Ophthalmol.* 2015;160(5):937-43.
12. Kirwan C, O'Keefe M, Lanigan B. Corneal hysteresis and intraocular pressure measurement in children using the reichert ocular response analyzer. *Am J Ophthalmol.* 2006;142(6):990-2.
13. Arıcı M, Ergür Ö, Topalkara A, et al. Pediatrik yaş grubunda göziçi basıncının ölçümünde Keler Pulsair 2000 Nonkontakt tonometresinin güvenilirliği. *MN Oftalmol.* 1998;5:181-2.
14. Güler C, Kayıkçıoğlu Ö, Toprak B, et al. NİDEK NT-3000 nonkontakt tonometrenin Goldmann applanasyon tonometresi ile karşılaştırılması. *T Oft Gaz.* 2002;32:75-9.
15. Akman A, Yaylalı V, Ünal M, et al. Nonkontakt tonometre ve Goldmann applanasyon tonometresi ile yapılan GİB ölçümlerinin karşılaştırılması. *MN Oftalmol.* 1999;6:343-5.
16. Morgan AJ, Harper J, Hosking SL, et al. The effect of corneal thickness and corneal curvature on pneumatonometer measurements. *Curr Eye Res.* 2002;25(2):107-12.
17. Shields MB. The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol.* 1980;24(4):211-9.
18. Buscemi M, Capoferri C, Garavaglia A, et al. Noncontact tonometry in children. *Optom Vis Sci.* 1991;68(6):461-4.
19. Chihara E. Assessment of true intraocular pressure: the gap between theory and practical data. *Surv Ophthalmol.* 2008;53(3):203-18.
20. Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007;52(6):S109-S14.
21. Paşaoğlu I, Eren MH, Demircan A, et al. Göz İçi Basıncı Ölçümünde Goldmann Applanasyon Tonometresi, Tonopen Avia, Oküler Cevap Analizörü Karşılaştırması ve Merkezi Kornea Kalınlığının Ölçümlere Etkisi. *Glo-Kat.* 2012;7(2):101-4.