

# Corvis Scheimpflug Teknoloji, Air-puff Tonometri ve Goldmann Aplanasyon Tonometrisi ile Ölçülen Göz İçi Basınç Değerlerinin Farklı Aksiyel Uzunluk ve Kornea Kalınlığı Olan Gözlerde Karşılaştırılması

## Comparison of Intraocular Pressure Values Measured by Corvis Scheimpflug Technology, Air-puff Tonometry and Goldmann Applanation Tonometer in Eyes with Different Axial Lengths and Corneal Thickness

Arzu Seyhan KARATEPE<sup>1</sup>, Başak BOSTANCI<sup>1</sup>, Hasan Basri ARİFOĞLU<sup>2</sup>, Gökmen ZARARSIZ<sup>3</sup>, Emrullah TAŞINDI<sup>4</sup>

### ÖZ

**Amaç:** Oküler biyomekanik parametreleri de değerlendirerek göz içi basıncını (GİB) ölçen Corvis Scheimpflug Teknoloji (CST) cihazının GİB ölçümleri ile günlük pratikte kullandığımız Air-puff Tonometri (AT) ve altın standart olan Goldmann Aplanasyon Tonometrisinin (GAT) GİB ölçümlerini farklı refraktif kusur, aksiyel uzunluk ve kornea kalınlığına sahip gözlerde kıyaslamak.

**Gereç ve Yöntemler:** Çalışmamıza yaş ortalaması  $31,52 \pm 7,36$  olan 10'u erkek, 13'ü kadın 23 sağlıklı gönüllü bireyin 46 gözü dahil edildi. Gözlere 30 dk aralıklarla sırası ile CST, AT ve GAT ile ölçümler 3 kez ölçülerek bu ölçümlerin ortalaması alındı.

**Bulgular:** Refraksiyon sferik eşdeğeri ortalama  $-1,07 \pm 1,04$  ( $-3,5$  ile  $1,25$  arasında) olan, aksiyel uzunlukları ortalama  $24,17 \pm 1,23$  ( $22,63$ - $27,99$ ) olan ve kornea kalınlıkları ortalama  $552,74 \pm 25,5$  ( $510$ - $623$ ) olan bu 46 gözde ortalama GİB değerleri: AT ile  $17,15 \pm 2,79$ ; GAT ile  $15,82 \pm 2,66$ ; CST ile  $15,69 \pm 2,39$  mmHg idi. Tüm cihazlarda ölçülen GİB değerleri birbirleri ile uyumlu bulunmuştur. Cihazlar arasında farklı ölçümler olmasındaki temel etken santral kornea kalınlığı (SKK) olarak tespit edilmiştir.

**Sonuç:** CST cihazı tonometrik ölçümlerde altın standart yöntem olan GAT ile benzer sonuçlar veren güvenilir bir GİB ölçüm cihazıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Corvis, göz içi basıncı, santral kornea kalınlığı.

### ABSTRACT

**Purpose:** To compare the measurements of intraocular pressures (IOP) by Corvis Scheimpflug Technology (CST), Air-puff Tonometry (AT) and Goldmann Applanation Tonometry (GAT) in the eyes with different refractive errors, axial length and corneal thickness.

**Materials and Methods:** Forty-six eyes of 10 healthy male and 13 healthy female volunteers with a mean age of  $31.52 \pm 7.36$  were enrolled. Observations were made with CST, AT and GAT with 30 min intervals, and the average of these measurements was taken for 3 times.

**Results:** The mean of measurements were found for refraction spherical equivalent  $-1.07 \pm 1.04$  ( $-3.5$  to  $1.25$ ), for axial lengths  $24.17 \pm 1.23$  ( $22.63$ - $27.99$ ), and for corneal thickness  $552.74 \pm 25.5$  ( $510$ - $623$ ), respectively. In these 46 eyes IOP values were measured  $17.15 \pm 2.79$  mmHg by AT;  $15.82 \pm 2.66$  mmHg by GAT;  $15.69 \pm 2.39$  mmHg by CST, respectively. IOP values measured in all devices were found to be compatible with each other. Central corneal thickness (CCT) was the main determinant of different measurements among the devices.

**Conclusion:** The CST instrument is a reliable IOP measuring instrument with similar results to GAT, which is the gold standard method for tonometric measurements.

**Key Words:** Corvis, intraocular pressure, central corneal thickness.

1- Yrd. Doç. Dr., Okan Üniversitesi Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

2- Doç. Dr., Okan Üniversitesi Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

3- Yrd. Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, İstatistik, Kayseri, Türkiye

4- Prof. Dr., Okan Üniversitesi Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi - Received: 18.01.2018

Kabul Tarihi - Accepted: 04.08.2018

Glo-Kat 2018; 13: 190-195

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Arzu Seyhan KARATEPE  
Okan Üniversitesi Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

Phone: +90 505 925 5565

E-mail: arzuskaratepe@hotmail.com

## GİRİŞ

Göz içi basıncı (GİB) ölçümü oftalmik muayenenin vazgeçilmez bir parçasıdır, tam olarak ölçülmesi glokom tanı ve takibinde önemlidir. İdeal GİB ölçüm yöntemi tam göz içindeki basıncı korneal parametrelerden etkilenmeden ölçecek tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntem olmalıdır.

Goldmann aplanasyon tonometrisi (GAT) günümüzde yüksek doğruluk ve yüksek tekrarlanabilirliği nedeniyle klinik altın standart GİB ölçüm yöntemidir; ancak kornea kalınlığı gibi korneal parametrelerden etkilenebilmektedir.<sup>1-2</sup>

Bu nedenle korneal parametrelerden daha az etkilenen yeni ölçüm yöntemleri arayışı devam etmektedir. Son yıllarda Ocular Response Analyzer (ORA, Reichert, Delpew, USA), Reichert 7CR (7CR, Reichert, Delpew, USA) ve Corvis Scheimpflug Technology (CST, Oculus, Wetzlar, Germany) gibi bu amaçla geliştirilmiş birçok cihaz vardır.

CST kornea biyomekaniğini in vivo olarak değerlendirme amacını taşıyan bir cihazdır. Hava püskürterek tüm korneal yüzeydeki dinamik reaksiyonu ölçer. Bu ölçümü yaparken Scheimpflug teknolojisini aynı anda kullanır, 360 derece dönecek korneayı diod ışıkla tararken havanın korneada meydana getirdiği değişiklikler de cihaz tarafından kayıt altına alınarak, havanın korneada yarattığı çökme etkisi ve ona karşı gelen direnç ile tekrar eski haline dönme süreci değerlendirilir. CST, yine non-kontakt olarak bu hava püskürtmesi ile aplanasyon yapan ve aplanasyon sırasında kornea deformasyonunu ve apikal yer değişimini ölçerek GİB'ni değerlendiren bir sistemdir. GİB ölçümleri CST ile ölçüldüğünde Corvis biyomekanik indeks (CBİ) ile hesaplanan (GİBcorvisbi) ve Bİ hiç dahil edilmeden hesaplanan (GİBcorvisnct) iki farklı GİB elde edilmektedir. CST kornea biyomekaniğini değerlendiren son yıllarda geliştirilmiş bir teknolojidir. CST her saniye için 4330 Scheimpflug imajı almaktadır, korneanın aplanasyonu sırasında da Scheimpflug imajı almaktadır.<sup>3</sup>

Çalışmamızda göz içi basıncını ölçmede altın standart yöntem olan GAT ile günlük pratikte sık olarak kullandığımız airpuff tonometri (AT) cihazı ile kornea biyomekaniğini de değerlendirerek ölçüm yapan CST'nin GİB ölçümleri kıyaslanarak, bu cihazların refraksiyon, kornea kalınlığı, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, kornea biyomekanik indekse göre GİB ölçüm farklılıklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

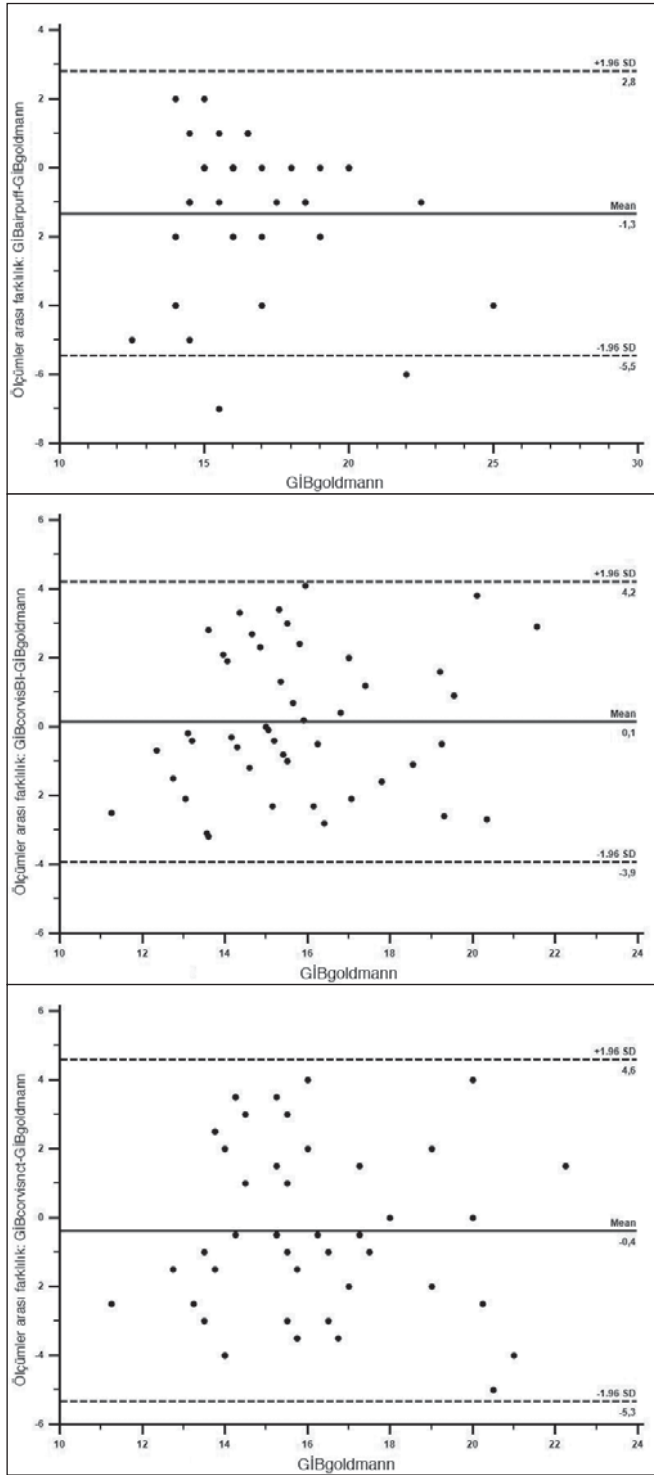
Bu çalışma retrospektif olarak sağlıklı gözlerde olguların aydınlatılmış onamları alınarak ve Helsinki deklarasyonu kriterlerine uyularak Nisan-Mayıs 2017'de kliniğimizde yapıldı. 10'u erkek, 13'ü kadın 23 sağlıklı gönüllü bireyin 46 gözü çalışmaya dahil edildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri: Olguların 20-40 yaş arasında, daha önce kontakt lens kullanımı olmayan, keratokonus ile ilişkili hiçbir bulgusu olmayan, glokom ile ilişkili muayene, sinir lifi bulgusu ve görme alanı defekti olmayan olgular arasından seçildi. Olgularda kornea ve retina patolojileri, refraktif bozukluğun  $\leq -4$ ,  $\geq 4$  D olması, korneal astigmatizmanın  $\geq 1$  D olması, herhangi bir göz cerrahisi geçirilmiş olması, düzeltilmiş görme keskinliğinin tama çıkmaması, ambliyopi olması, olgunun sistemik bir hastalığı (Diabetes mellitus, hipertansiyon, hipertiroidi, romatizmal hastalıklar vb...) olması, sistemik ya da topikal ilaç kullanımı olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmaya dahil edilme kriterleri sağlayan olgulardan korneal topografide keratokonus ile ilişkili bulgusu olan, yüksek kalitede Scheimpflug görüntüler alınamayan hastalar çalışma dışında tutuldu.

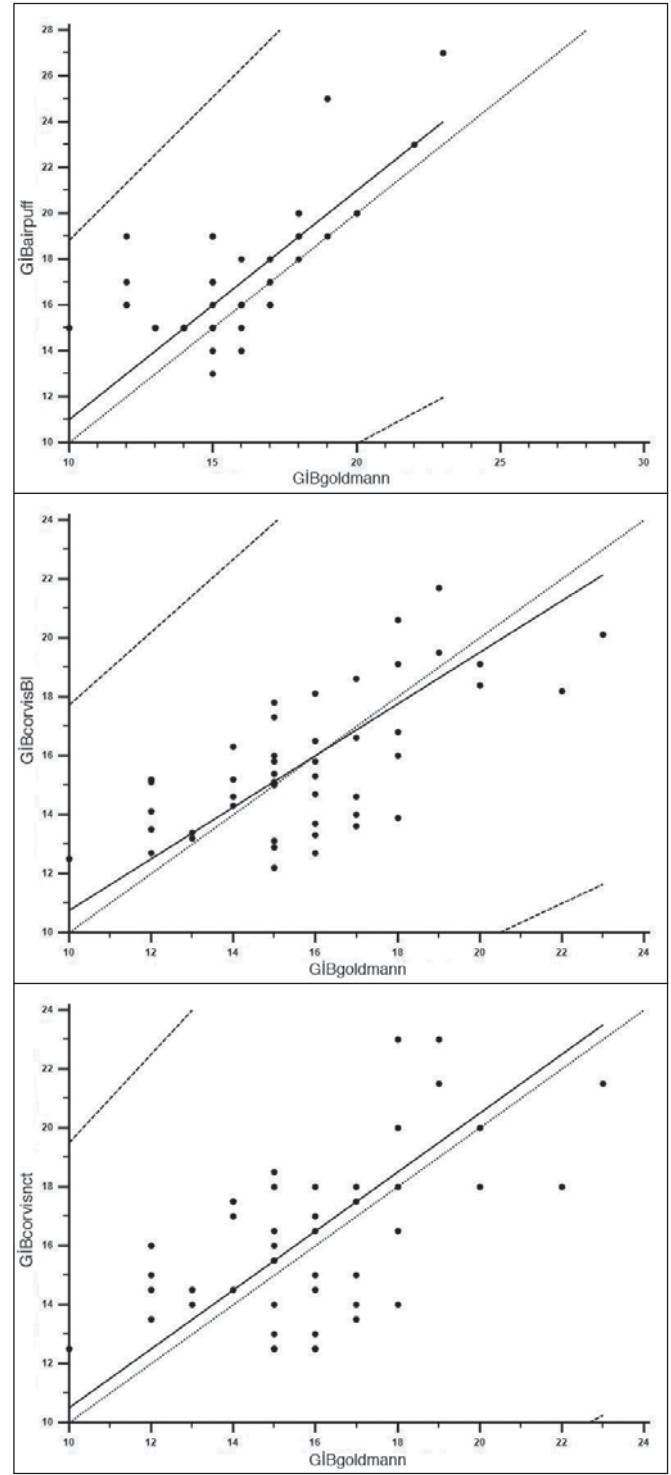
Tüm olgular tam bir oftalmolojik muayeneye tabi tutuldu. Muayene sırasında göz ön-arka segmentinin aksiyel uzunluğu optik biyometri ile ölçüldü (Aladdin; Topcon, Tokyo, Japan). GİB ölçümleri deneyimli bir klinisyen tarafından, hastalar oturur pozisyonda iken aynı gün içerisinde 30 dk aralıklar ile önce airpuff tonometri, sonra Corvis ST, sonrasında Goldmann aplanasyon tonometrisi ile saat 10-12 arasında 3 kez ölçülerek, ölçümlerin ortalaması alındı.

## İstatistiksel Analiz

Histogram, q-q çizimleri ve Shapiro-Wilk testi, verilerin normalliğini test etmek için değerlendirildi. Kantitatif veriler arasındaki ilişki normal dağılım göstermeyen değişkenler için Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildi. Yöntemler Passing-Bablok regresyon analizi ve Bland-Altman grafikleri kullanılarak karşılaştırıldı (Grafik 1 ve 2). Sistemik ve oransal hatalar, tahmini regresyon katsayılarının güven aralıklarına dayanarak değerlendirildi. Sabitin güven aralığı 0'ın dışında ise sistematik bir hata mevcut kabul edildi; eğimin güven aralığı 1'in dışında ise, orantısız bir hata mevcut kabul edildi. Ek olarak, sınıf içi ve uyum korelasyon katsayıları % 95 güven aralıklarıyla hesaplandı. Analiz, R 3.3.0 (www.r-project.org) yazılımı ve Turcosa Cloud (http://www.turcosa.com.tr, Turcosa Analytics Ltd Co, Kayseri) kullanılarak gerçekleştirildi. *p* değerinin %5'in altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



**Grafik 1.** Bland-Altman grafikleri



**Grafik 2.** Passing-Bablok grafikleri.

## BULGULAR

Tablo 1’de hastaların demografik verileri verilmiştir. GİB değerleri 3 gün boyunca ölçülen, kaliteli Scheimpflug görüntüleri alınabilen 23 olgunun 46 gözünden alınan ölçümler değerlendirilmiştir. Yaş ortalamaları  $31.52 \pm 7.36$  olan, 10’u erkek, 13’ü kadın 23 olgunun, 37’si miyop, 5’i emetrop, 4’ü hipermetrop olan 46 gözündeki refraksiyon sferik eşdeğeri

ortalama  $-1.0 \pm 1.04$  D ( $-3.5$  ile  $1.25$  arasında), aksiyel uzunlukları (AU) ortalama  $24.17 \pm 1.23$  mm ( $22.63$ - $27.99$ ), ön kamera derinlikleri (ÖKD)  $3.55 \pm 0.31$   $\mu$ m ( $2.98$ - $4.20$ ), santral kornea kalınlıkları (SKK) ortalama  $552.74 \pm 25.5$   $\mu$ m ( $510$ - $623$ ) idi.

Olguların ortalama GİB değerleri, AT ile  $17,15 \pm 2,79$  mmHg; GAT ile  $15,82 \pm 2,66$  mmHg; CST ile  $15,69 \pm 2,39$  mmHg idi.

<b>Tablo 1. Hastaların Demografik Özellikleri.</b>	
Göz Sayısı	n=46
Yaş (yıl)	31.52±7.36
Cinsiyet	
Erkek	10 (43.5 %)
Kadın	13 (56.5%)
Göz	
Sağ göz	23 (50.0 %)
Sol göz	23 (50.0 %)
Sferik Eşdeğer (diyoptiri)	-1.07 ± 1.04 (-3.5/1.25)
Aksiyel Uzunluk (mm)	24.17 ± 1.23(22.63 - 27.99)
Ön kamara derinliği (µm)	3.55 ± 0.31 (2.98- 4.20)
Santral Korneal Kalınlık (µm)	552.74 ± 25.5 (510-623)
Değerler ortalama ±standart sapma, ortanca veya yüzde (%) olarak verilmiştir.	

Tablo 2’de Passing-Bablok regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Passing-Bablok regresyon analizi sonucuna göre uygulanan metotlarda sistematik ya da oransal hata görülmemektedir. Buna göre ölçüm yöntemleri arasında hata/fark olmadığı için yöntemlerin birbirleri ile benzer ölçtüğü söylenebilir. Uyum katsayılarına bakıldığında da yöntemlerin birbiriyle orta düzey ya da iyi düzeyde uyumlu olduğu görülmekte. GAT ile en uyumlu sonucu veren (ICC değeri en yüksek olan) GIBairpuff, en uyumsuz ise GIBcorvisnctstidir.

Tablo 3’te bu ölçüm metotlarının GİB ölçümleri arasındaki farklılığın nedenini saptamak üzere yaptığımız Spearman korelasyon analizinin sonuçları görülmektedir. Buna göre farklı cihazlar ile GİB ölçümleri arasındaki farklılığı belirleyen en önemli etken SKK olarak görülmektedir. CST ile GAT ölçümlerini az da olsa etkileyen bir diğer etken CBI olarak saptanmıştır. ÖKD, AU, refraksiyon değerinin ise cihazların GİB ölçümlerinde bir farklılık yaratmadığı görüldü.

GİB ölçümleri arasındaki farklılığı SKK’nın etkilediğini saptadık. SKK’nın cihazlar arası uyuma olan etkilerini saçılım grafikleri ile tespit etmeyi amaçladık. (Grafik 4, 5, 6) Grafik 4’te Airpuff ve GAT ile ölçülen GİB değerlerinde SKK’ları 500-540 µm arasında iken sonuçların uyumlu olduğunu, 540 µm’den 580 µm’a doğru artarken uyumun giderek azaldığı, 580 mikron sonrası uyumun tekrar oluşmaya başladığı görülmüyor. Grafik 5 ve 6’de ise CST ve GAT ile ölçülen GİB değerlerinin 540-560 µm aralığında en uyumlu olduğu, bu değerlerden daha düşük ve yüksek SKK değerlerinde uyumun azaldığını tespit ettik (loess yöntemi).

## TARTIŞMA

Çalışmamızda GAT ile yapılan GİB ölçümlerine göre CST ve AT cihazının yaptığı ölçümlerin kıyaslanması ve bu ölçüm farklılığına etki eden faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Önceki çalışmalarda korneal kalınlığının ve korneanın viskozite, elastisite gibi biyomekanik özelliklerinin ve bu biyomekanik özelliklere etkisi olan korneal hidrasyon ve kurvatür gibi özelliklerin tümünün GİB’ni önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.<sup>4-5</sup>

**Tablo 2. Ölçümler arası uyumluluk ve karşılaştırılması**

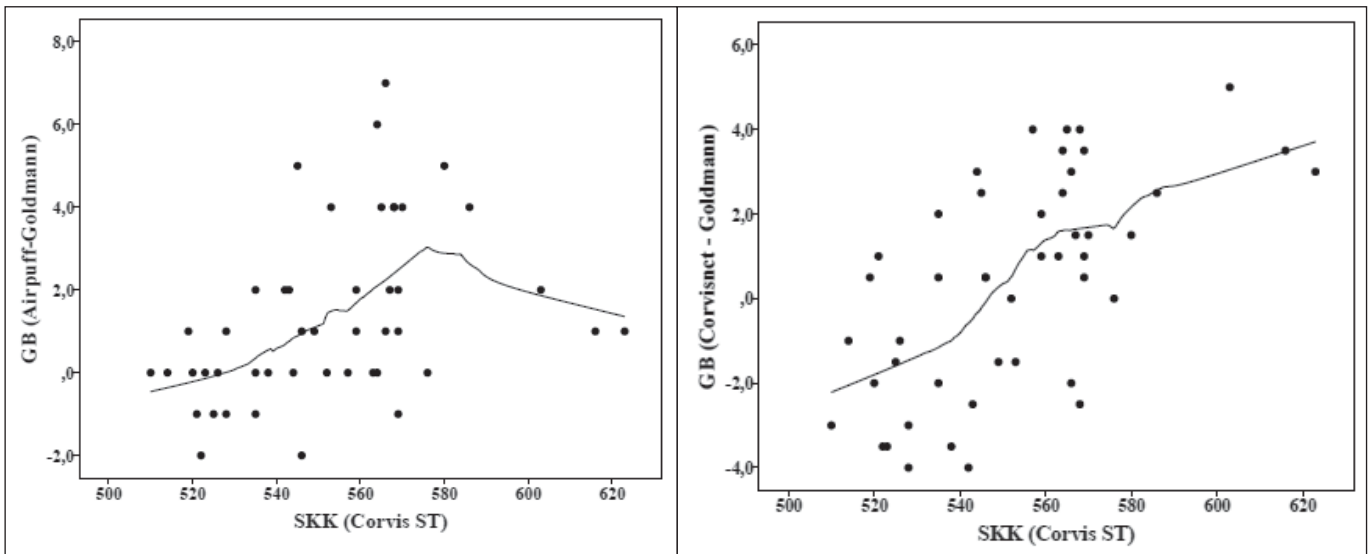
Parametreler	Passing-Bablok Regresyonu		Uyumluluk İstatistiği	
	$\beta_0$	$\beta_1$	ICC	CCC
GIBairpuff-GIBgoldmann				
Katsayı	1.000	1.000	0.702	0.626
95% CI	-3.375-6.333	0.667-1.250	0.519-0.823	0.438-0.762
Yorum	Sistematik hata yoktur	Oransal hata yoktur	İyi uyum	İyi uyum
GIBcorvisnct-GIBgoldmann				
Katsayı	0.500	1.000	0.567	0.561
95% CI	-7.000-4.500	0.750-1.500	0.333-0.735	0.329-0.729
Yorum	Sistematik hata yoktur	Oransal hata yoktur	Orta uyum	Orta uyum
GIBcorvisBI-GIBgoldmann				
Katsayı	2.000	0.875	0.663	0.662
95% CI	-3.317-5.400	0.650-1.233	0.464-0.798	0.465-0.796
Yorum	Sistematik hata yoktur	Oransal hata yoktur	İyi uyum	İyi uyum

ICC: Sınıf içi koreasyon katsayısı (Intra-class correlation coefficient), CCC: Uyum korelasyon katsayısı (Concordance correlation coefficient), CI: Güven aralığı (Confidence interval), GIBairpuff: GİB (Göziçi basıncı) air puff tonometri ile GİB ölçümü, GIBgoldmann: Goldmann aplanasyon tonometri ile GİB ölçümü, GIBcorvisnct: Corvis ST ile GİB ölçümü- Biyomekanik indeks (BI) dahil edilmeden, GIBcorvisBI: Corvis ST ile GİB ölçümü - Biyomekanik indeks (BI) dahil edilerek

**Tablo 3.** Farklı tekniklerle ölçülen GİB değerleri ile refraksiyon değeri, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, santral kornea kalınlığı (air-puff ve Corvis ST ile ölçülen) ve Corvis biyomekanik indeks arasındaki ilişkinin Spearman korelasyon katsayısı ile değerlendirilmesi.

Değişken	Refraksiyon	Aksiyel Uzunluk	Ön kamara derinliği	SKK-Airpuff	SKK- Corvis ST	Corvis biyomekanik indeks
GİBairpuff-GİBgoldmann	-0.196	-0.001	-0.121	0.509***	0.513***	-0.262
GİBcorvisnet-GİBgoldmann	0.069	-0.017	-0.061	0.560***	0.606***	-0.375*
GİBcorvisBI-GİBgoldmann	0.040	-0.017	-0.010	0.337*	0.390***	-0.295*

\* $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ . GİBairpuff: GİB (Göziçi basıncı) air puff tonometri ile GİB ölçümü, GİBgoldmann: Goldmann aplanasyon tonometri ile GİB ölçümü, GİBcorvisnet: Corvis ST ile GİB ölçümü- Biyomekanik indeks (Bİ) dahil edilmeden, GİB corvisBI: Corvis ST ile GİB ölçümü - Biyomekanik indeks (BI) dahil edilerek; SKK: Santral Kornea Kalınlığı



**Grafik 4, 5, 6.** Cihazlar arasındaki uyumun santral kornea kalınlığındaki değişimlere göre kıyaslanması.

GB: Göziçi basınç farklılıkları; SKK (Corvis ST) : Corvis ST cihazı ile ölçülen Santral Kornea Kalınlığı

CST, diğer biyomekanik parametreleri değerlendiren sistemlere göre, korneada daha geniş bir yüzeyi değerlendirmektedir ve korneal deformasyon sürecini daha doğru olarak ölçmektedir.<sup>5-6</sup>

CST, dinamik korneal response için iyi tekrarlanabilirlik olduğu önceki çalışmalarda gösterilmiş güvenilir bir cihazdır.<sup>6-7</sup>

Çalışmamızda GAT ile yapılan GİB ölçümlerine göre CST ve AT cihazının yaptığı ölçümler benzer bulunmuştur. Daha önce yapılan kıyaslama çalışmalarında CST'nin GAT'ne göre GİB yüksek, düşük, ya da benzer, ölçtüğünü bildiren yayınlar mevcuttur.<sup>8-12</sup>

Çalışmamızda GİB değerlerindeki varyansın temel nedeni olarak SKK tespit edildi. Önceki çalışmalarda da GİB'da mevcut olan farklılıktan temel olarak SKK'nın sorumlu olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur. Bao ve ark. CST ile GAT ölçümleri arasındaki temel farklılığı SKK'nın belirlediğini saptamışlardır.<sup>13</sup> Korelasyon analizi yapıldığında

SKK ve GİB arasındaki pozitif korelasyon katsayısı ilişkinin doğrusal nitelikte olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kornea kalınlığı arttıkça cihazlararası ölçüm farklılığı da açılmaktadır.

Çalışmamızda GİB değerlerini SKK kadar olmasa da yine de etkileyen parametre CBI olarak tespit edilmiştir. CBI; 6 farklı CST parametresinden yararlanılarak lojistik regresyon formülü ile tespit edilmektedir. Bunlar: 1 ve 2 mm'deki deformasyon amplitüdü, aplanasyon hızı, en yüksek konvitekteki deformasyon amplitüdünün standart sapması, horizontal profile göre Ambrósio ile ilişkili kalınlık ve yeni sertlik parametresidir.<sup>14</sup>

Bu parametreler özellikle kornea biyomekaniğini etkileyen keratokonus gibi hastalıklarda ve refraktif cerrahi gibi cerrahiler sonrasında normal gözlere kıyasla değişim göstermekte ve CBI değişmektedir. Önceki çalışmalarda laser prosedürleri sonrası CBI'nın değiştiğini ve bunun GİB'na olan etkisi gösterilmiştir.<sup>15-16</sup>

Dolayısıyla çalışmamızda tespit ettiğimiz gibi normal gözlerde CBI'nın GİB ölçümlerine olan etkisi sınırlıdır ve kornea kalınlığı cihazlar arası GİB farklılığını etkileyen temel faktör olarak diğer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

Glokomlu gözlerle normal gözlerin kornea biyomekaniğindeki farklılıkların incelendiği çalışmalarında Tian ve ark, glokomlu gözlerde CST ile tespit edilen deformasyon amplitüdü daha düşük, pik uzaklığı daha az tespit etmişlerdir; yine GİB arttıkça deformasyon amplitüdünün azaldığını saptamışlardır; ancak oküler biyomekanik incelemenin henüz glokom tanısı amacıyla kullanımının söz konusu olmadığını aynı yayında belirtmişlerdir.<sup>17</sup>

Çalışmamızda refraksiyon, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliğinin ise GİB ölçümlerinde bir farklılığa yol açmadığı tespit edildi.

Çalışmamızda bir takım limitasyonlar vardır. Olgu sayısı sınırlıdır. Çalışmamızın dizaynında GİB'nin bir cihazla ölçüldükten sonra diğer cihazla ölçülmesi arasında 30 dk'lık bir zaman dilimi mevcuttur. Bu aralık aplanasyon veya korneanın hava ile indentasyonuna bağlı kornea viskoelastiğindeki rezidüel etkinin geçmesi için yeterli bir süredir. Diurnal varyasyonu ortadan kaldırmak için ölçümler birbirinin peşi sıra günün aynı zaman dilimi içinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamız sağlıklı olguları değerlendirmektedir. Cihazlar arası GİB farklılığını glokomlu, keratokonuslu ve refraktif cerrahi geçirmiş gözlerde de değerlendirmiş yayınlar mevcuttur.<sup>18-20</sup>

Yayınların tümüne genel olarak bakıldığında GİB'na etki eden temel faktörün tüm hastalık gruplarında kornea kalınlığı olduğu, biyomekanik faktörlerin temel belirleyici faktörler olmadığı söylenebilir. Yaptığımız çalışma da bunu destekler niteliktedir.

Sonuç olarak Goldmann aplanasyon tonometrisinin altın standart cihaz olma özelliğini korumaya devam ettiği günümüzde, GİB'i etkileyen temel faktörün kornea kalınlığı olduğu çalışmamızda da gösterilmiştir. GİB'i kornea kalınlığından bağımsız olarak ölçebilecek ideal cihaz arayışı gelecekte de devam edecek gibi gözükmektedir.

## KAYNAKLAR / REFERENCES

- Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol.* 1993; 38: 1-30.
- Feltge N, Leifert D, Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings. *Br J Ophthalmol.* 2001; 85: 85-7.
- Hon Y, Lam AK. Corneal deformation measurement using Scheimpflug noncontact tonometry. *Optom Vis Sci.* 2013; 90: 1-3.
- Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: Quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31: 146-55.
- Kaushik S, Pandav SS, Banger A, et al. Relationship between corneal biomechanical properties, central corneal thickness, and

- intraocular pressure across the spectrum of glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 2012; 153: 840-9.
- G Nemeth, Z Hassan, A Csutak, et al. Repeatability of ocular biomechanical data measurements with a Scheimpflug-based non-contact device on normal corneas. *J Refract Surgery.* 2013; 29: 558-63.
- S Bak-Nielsen, IB Pedersen, A Ivarsen, et al. Repeatability, reproducibility, and age dependency of dynamic Scheimpflug-based pneumotonometer and its correlation with a dynamic bidirectional pneumotonometer device. *Cornea.* 2015; 34: 7-7.
- Reznicek L, Muth D, Kampik A, et al. Evaluation of a novel Scheimpflug-based non-cocontact tonometer in healthy subjects and patients with ocular hypertension and glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2013; 97: 1410-4.
- Smedowski A, Weglarz B, Tarnawska D, et al. Comparison of three intraocular pressure measurement methods including biomechanical properties of the cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014; 55: 666-73.
- Lanza M, Iaccarino S, Cennamo M, et al. Comparison between Corvis and other tonometers in healthy eyes. *Cont Lens Anterior Eye.* 2015; 38: 94-8.
- Salvetat ML, Zeppieri M, Tosoni C, et al. Corneal Deformation Parameters Provided by the Corvis-ST Pachy-Tonometer in Healthy Subjects and Glaucoma Patients. *J Glaucoma.* 2015; 24: 568-74.
- Hong J, Xu J, Wei A, et al. A new tonometer-the Corvis ST tonometer: clinical comparison with noncontact and Goldmann applanation tonometers. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013; 54: 659-65.
- Bao F, Huang Z, Huang J, et al. Clinical evaluation of methods to correct intraocular pressure measurements by the Goldmann applanation tonometer, ocular response analyzer, and corvis ST tonometer for the effects of corneal stiffness parameters. *J Glaucoma.* 2016; 25: 5510-19.
- Vinciguerra R, Ambrósio R Jr, Elsheikh A, et al. Detection of Keratoconus With a New Biomechanical Index. *J Refract Surg.* 2016; 32: 803-10.
- Dou R, Wang Y, Xu L, et al. Comparison of Corneal Biomechanical Characteristics After Surface Ablation Refractive Surgery and Novel Lamellar Refractive Surgery. *Cornea.* 2015; 34: 1441-6.
- Li H, Wang Y, Dou R, et al. Intraocular Pressure Changes and Relationship With Corneal Biomechanics After SMILE and FS-LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016; 57: 4180-6.
- Tian L, Wang D, Wu Y, et al. Corneal biomechanical characteristics measured by the CorVis Scheimpflug technology in eyes with primary open-angle glaucoma and normal eyes. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94: 317-24.
- Shen Y, Su X, Liu X, et al. Changes in intraocular pressure values measured with noncontact tonometer (NCT), ocular response analyzer (ORA) and corvis scheimpflug technology tonometer (CST) in the early phase after small incision lenticule extraction (SMILE). *BMC Ophthalmol.* 2016; 16: 205.
- Matsuura M, Hirasawa K, Murata H, et al. The Relationship between Corvis ST Tonometry and Ocular Response Analyzer Measurements in Eyes with Glaucoma. *PLoS One.* 2016; 11(8): e0161742.
- Lanza M, Iaccarino S, Mele L, et al. Intraocular pressure evaluation in healthy eyes and diseased ones using contact and non contact devices. *Cont Lens Anterior Eye.* 2016; 39: 154-9.