

# Glokom Şüphesi Olan Hastalarda Su İçme Testinin Korneanın Biyomekanik Özellikleri ve Santral Kornea Kalınlığı Üzerine Etkisi

## The Effect of Water Drinking Test on the Corneal Biomechanical Properties and Central Corneal Thickness in Patients with Glaucoma Suspect

Mahmut KAYA,<sup>a</sup>  
Oya DÖNMEZ,<sup>a</sup>  
Gül ARIKAN,<sup>a</sup>  
Taylan ÖZTÜRK,<sup>a</sup>  
Üzeyir GÜNENÇ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Göz Hastalıkları AD,  
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
İzmir

Geliş Tarihi/Received: 21.12.2015  
Kabul Tarihi/Accepted: 23.05.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Mahmut KAYA  
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Göz Hastalıkları AD, İzmir,  
TÜRKİYE/TURKEY  
mahmutkaya78@yahoo.com

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmada, glokom şüphesi olan hastalarda su içme testinin korneanın biyomekanik özellikleri ve santral kornea kalınlığı üzerine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Glokom şüphesi olan 31 hastanın 31 gözü çalışmaya alındı. Goldmann aplanasyon tonometresi ile göz içi basıncı (GİB) ve ultrasonik pakimetri ile santral kornea kalınlıklarının (SKK) bazal ölçümleri yapıldı. Oküler Cevap Analizörü ile korneal kompanse göz içi basıncı (GİBkk), Goldmann ile uyumlu göz içi basıncı (GİBg), korneal direnç faktörü (KDF) ve korneal histerezis (KH) değerleri ölçüldü. Tüm ölçümler her hasta için başlangıçta ve 5 dk içinde 1 L su içmelerinin ardından 15 dk'lık aralarla üç defa uygulandı. **Bulgular:** Çalışma popülasyonunun ortalama yaşı 57,9±7,4 (aralık, 43-67) yılı. Hastaların GİBkk, GİBg ve KH ölçümlerinde, su içme testinin 15, 30 ve 45. dakikalarında bazal ölçümlere göre istatistiksel olarak anlamlı artış saptandı (p<0,001). Hastaların KDF ölçümlerinde, su içme testinden sonra bazal değere göre 15, 30 ve 45. dakikalarda anlamlı düşme saptandı (p=0,022). Su içme testinden sonra SKK ölçümlerinde istatistiksel anlamlı değişiklik saptanmadı (p=0,466). **Sonuç:** Glokom şüphesi olan hastalarda su yüklem testi GİB değerlerinde anlamlı artışa ve kornea biyomekanik özelliklerinde değişikliğe neden olmaktadır. Ancak, testin santral kornea kalınlığı üzerine herhangi bir etkisi olmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Göz hipertansiyonu; kornea

**ABSTRACT Objective:** It is aimed to evaluate the influence of water drinking test (WDT) on corneal biomechanical factors and central corneal thickness (CCT) in patients with glaucoma suspect. **Material and Methods:** Thirty-one eyes of 31 patients with suspected glaucoma were enrolled in this study. Baseline evaluation of intraocular pressure with Goldmann applanation tonometer (GAT) and CCT with ultrasonic pachymeter were performed. Corneal-compensated intraocular pressure (IOPcc), Goldmann-correlated IOP (IOPg), corneal hysteresis (CH), and corneal resistance factor (CRF) were measured by ocular response analyzer (ORA). Such measurements were performed at baseline and 3 times with 15 minutes intervals after drinking 1 liter of water in 5 minutes for each participants. **Results:** The mean age of study population was 57.9±7.4 (range, 43-67 years) years. A statistically significant increase in IOPcc, IOPg and CH was found at 15, 30 and 45 minutes of WDT when compared to baseline scores (p<0.001). In CRF measurements, a significant decrease was found at 15, 30 and 45 minutes of WDT when compared to baseline scores (p=0.022). No statistically significant changes were observed in CCT measurements after WDT (p=0.466). **Conclusion:** The water drinking test lead a significant increase in IOP and to alterations on corneal biomechanical factors in patients with glaucoma suspect. However, any statistically significant changes were not observed in CCT.

**Key Words:** Ocular hypertension; cornea

Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2016;25(4):225-30

doi: 10.5336/ophthal.2015-49150

Copyright © 2016 by Türkiye Klinikleri

**G**lokom hastalığı, progresif bir optik nöropatidir ve uygun tedavi edilmediğinde geri dönüşümsüz görme kaybına neden olur.<sup>1</sup> Bilinen en önemli risk faktörü yüksek göz içi basıncı (GİB) olmakla birlikte,

günümüzde GİB'ı kontrol altına alınmış hastalarda da progresyon olduğu saptanmıştır.<sup>1-4</sup> Bu nedenle GİB'deki gün içi dalgalanmaların ve pik seviyelerinin glokom progresyonu için önemli olabileceği düşünülmüştür.<sup>4</sup> Yapılan diurnal çalışmalarında, GİB'deki artışların en fazla sabah 06:00-08:00 saatleri arasında supin pozisyonda olduğu saptanmıştır. Poliklinik şartlarında yapılan muayenelerde GİB'deki bu pik değerlerin yaklaşık %70 oranında gözden kaçmasına yol açmaktadır. Bu amaçla 24 saat diurnal GİB ölçümü gündeme gelmiştir.<sup>5,6</sup> Klinik uygulamada 24 saat GİB ölçümü hastaların konforu ve zaman açısından pek mümkün olmadığından, diyabetik hastalardaki glukoz tolerans testi ve dobutamin sonrası ekokardiyografi çekiminde olduğu gibi, glokom şüphesi olan hastalar için de bir stres testi olan su içme testi düşünülmüştür.<sup>7,8</sup> Su içme testi, geçtiğimiz dekadlarda glokom tanısı ve progresyon tahmininde kullanıldığı gibi, aköz hümanın dışı akım fonksiyonu ile ilgili bilgiler sağlaması amacıyla yapılan çalışmalarda da kullanılmıştır.<sup>9</sup> Glokom şüphesi olan hastalarda en sık görülen glokom tipi açık açılı glokomdur. Açık açılı glokomlu hastaların histopatolojisinde aköz hümanın çıkışına direnç geliştiği saptanmıştır. Bu çalışma ile su içme testinden (hidrasyon) sonra aköz hümanın dışı akım kapasitesinin ölçülmesi, glokom gelişimi için en önemli risk faktörü olan GİB pik değerlerinin tespiti ve korneanın biyomekanik özelliklerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, test sonrasında GİB dalgalanmalarının fazla olduğu hastaların erken tespiti ile glokom tanısı ve tedavisi için önemli olabileceği kanısındayız.

Oküler Cevap Analizörü (OCA), GİB'yi korneanın biyomekanik özelliklerinden daha az etkilenerek ölçmeyi sağlar. Korneal histerezis (KH), korneal biyomekanik özelliklerinin direkt ölçümüdür. Santral korneal kalınlık (SKK) ile birlikte KH kornea direncinin önemli bir göstergesidir.<sup>10</sup> OCA tarafından ölçülen bir diğer parametre ise korneal direnç faktörüdür (KDF). OCA ile ölçülen korneal kompanse göz içi basıncının (GİBkk), KDF tarafından etkilenmediği, ancak SKK ile anlamlı bir korelasyon gösterdiği bilinse de OCA ile ölçülen korneal biyomekanik parametreler henüz tam olarak anlaşılammıştır.<sup>11</sup>

GİB ölçümleri üzerine SKK'nın etkisi primer açık açılı glokom, oküler hipertansiyon, normotansif glokom ve konjenital glokom hastalarında kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.<sup>12-15</sup> Açık açılı glokom ve normal tansiyonlu glokom hastalarında SKK, hastalığın ilerlemesinde önemli bir risk faktörü olarak saptanmıştır.<sup>12,16</sup> SKK, korneal rijiditeyi etkileyen önemli faktörlerden biridir. Korneanın biyomekanik yapısının daha sıkı olması yüksek GİB, daha gevşek olması düşük GİB ölçümüne neden olmaktadır. KH, GİB ölçümünde hata oranını en fazla yükselten parametrelerden biridir.<sup>17,18</sup>

Su içme testi ile vücuda yüklenen su, SKK'yu etkileyebilir ve korneanın biyomekanik özelliklerini değiştirebilir. Eğer böyle bir etki varsa fazla su içen (hidrasyon) hastaların GİB ölçümlerinde bunun dikkate alınması gerekir. Bu çalışmamızda, glokom şüphesi olan hastalarda, su içme testi ile GİB değişikliklerinin seyri, korneanın biyomekanik özellikleri ve SKK üzerine etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamıza, Temmuz 2010-Aralık 2010 tarihleri arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı Polikliniği'ne başvuran, glokom şüphesi olan 31 hastanın 31 gözü dâhil edildi. Goldmann üç aynalı lens ile yapılan açı muayenesi sonucu açısı açık olan hastalar çalışmaya alındı. Glokom şüphesi tanısı; Goldmann applanasyon tonometresi ile GİB'in >21 mmHg, glokomatöz hasarı işaret eden optik disk veya retina sinir lifi görünümü, disk riminde difüz veya fokal incelme veya eğrilik, diskte kanama, nöral doku kaybını işaret eden disk veya rimde asimetrik görünüm, anormal görme alanı (Humphrey görme alanı testinde artmış patern standart deviasyon) ve glokom aile öyküsü veya bilinen genetik yatkınlık varlığında konuldu. Her iki gözü çalışma için uygun olan hastalarda dominant (baskın) göz alındı. Topikal veya sistemik ilaç kullanımı öyküsü olan, bilinen sistemik hastalığı ya da kronik göz hastalığı bulunan hastalar, geçirilmiş oküler cerrahi veya lazer tedavisi uygulanmış ve ekfoliasyon veya pigment dispersiyon sendromu olan hastalar çalış-

maya alınmadı. Bu çalışma için hastanemiz etik kurulundan onay alındı. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu'nda kabul edilen prensiplere uygun bir şekilde yürütülmüş olup, dâhil edilen tüm katılımcılara çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verilerek aydınlatılmış onam formu imzalatıldı.

Çalışmaya alınan 31 gözün bazal SKK ölçümü ultrasonik pakimetri (Heidelberg Engineering. IOP-AC, Almanya) ile bazal GİBkk, KH ve KDF değerleri OCA (Reichert Inc., Depew, New York, ABD) ile ölçüldü. Bazal ölçümlerin tamamlanmasının ardından, hastalara 1 L su verilerek çalışmaya katılan bir hekim gözetiminde 5 dk içerisinde içmeleri istendi. Su içiminden sonraki 15, 30 ve 45 dakikalarda ölçümler üç kez tekrarlanıp sonuçlar kaydedildi. Çalışma kapsamındaki tüm hastaların ölçümleri sabah 10:00-12:00 saatleri arasında alındı.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Elde edilen veriler SPSS 17.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak değerlendirildi. Kolmogorov-Smirnov testi ile normal dağılıma uygunluğu test edildi, homojenite değerlendirilmesinde ise One-way ANOVA testi kullanıldı ( $p>0,05$ ). Tekrarlanan ölçümler için ANOVA testi uygulandı.  $p$  değerinin 0,05'in altında olması, istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Glokom şüphesi ile değerlendirdiğimiz hastaların 13 (%41,9)'ü erkek, 18 (%58,1)'i kadın idi. Hastaların ortalama yaşı 57,9±7,4 (43-67) yıl idi. Hastaların su içme testi öncesi ve su içme

testi sonrası 15, 30 ve 45. dakikalardaki Goldmann ile göz içi basıncı (GİBg), GİBkk, KH, KDF ve SKK ölçümleri Tablo 1'de görülmektedir.

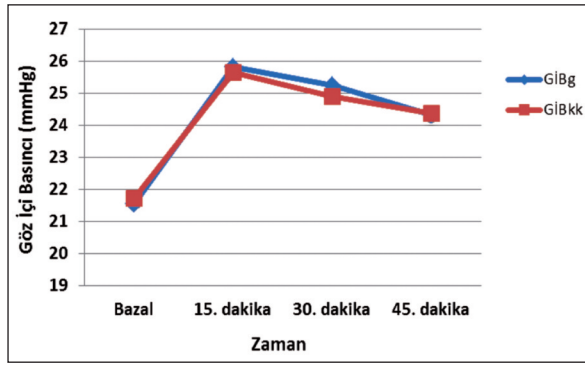
Su içme testi öncesi GİBkk 21,7±3,6 (aralık: 12,8-28,3) mmHg, su içme testi sonrası 15. dk'da ise 25,6±3,8 (aralık: 18,0-34,0) mmHg olarak ölçüldü. Bazal GİBkk ile su içme sonrası 15, 30 ve 45. dakikalardaki ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı yüksek korelasyon saptandı ( $p<0,001$ ). Su içme testi öncesi hastaların ortalama GİBg 21,6±3,7 (aralık: 12,8-28,6) mmHg iken, su içme sonrası 15. dk'da en yüksek ortalama GİBg 25,8±4,2 (aralık: 19,6-33,6) mmHg olarak ölçüldü. Bazal GİBg ile su içme testi sonrası 15, 30 ve 45. dakikalardaki ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı yüksek korelasyon saptandı ( $p<0,001$ ) (Şekil 1). Hastaların bazal KH değeri ortalama 11,5±1,7 (aralık: 8,6-15,1) mmHg iken, su içme testi sonrası en yüksek düzeye 30. dk'da ulaşıldı ve ortalama 12,8±1,6 (aralık: 9,9-17,4) mmHg olarak ölçüldü. Ölçülen bazal KDF değeri ortalama 10,5±1,5 (aralık: 6,7-12,6) mmHg iken, su içme testi sonrası en düşük değer 45. dk'da ortalama 9,6±1,5 (aralık: 5,8-13,8) mmHg olarak saptandı. Hastaların bazal KH ve KDF değerleri ile su içme testi sonrası 15, 30 ve 45. dakikalardaki ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla;  $p<0,001$ ;  $p=0,022$ )

Hastaların bazal SKK değeri ortalama 560,94±32,44 (aralık: 491-627)  $\mu$ m iken, su içme testi sonrası 45. dk'da en yüksek değeri olan ortalama 566,61±35,80 (498-643)  $\mu$ m olarak ölçüldü. Bazal SKK değerleri ile su içme testi sonrası değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ( $p=0,466$ ).

**TABLO 1:** Hastaların su içme testinden sonraki göz içi basınç değişimleri, korneal biyomekanik etkileri ve santral kornea kalınlık değişimleri.

	Su içme öncesi	Su içme sonrası			p
		15. dakika	30. dakika	45. dakika	
GİBg (mmHg)	21,56±3,74	25,83±4,15	25,26±3,56	24,33±4,03	<0,001
GİBkk (mmHg)	21,73±3,61	25,64±3,88	24,90±3,63	24,37±4,18	<0,001
KH	11,46±1,72	12,82±1,97	12,84±1,56	12,31±1,57	<0,001
KDF	10,53±1,49	9,79±1,67	9,78±1,49	9,63±1,52	0,042
SKK ( $\mu$ m)	560±32	563±35	563±33	566±35	0,466

GİBg: Goldmann ile değerlendirilen göz içi basıncı; GİBkk: Korneal kompanse göz içi basıncı; KH: Korneal histerezis; KDF: Korneal direnç faktörü; SKK: Santral kornea kalınlığı.



ŞEKİL 1: Hastaların su içme testi öncesi ve sonrasındaki göz içi basınç değişim eğrisi.

GIBg: Goldmann ile göz içi basıncı; GIBkk: Korreal kompanse göz içi basıncı. (Renkli hâli için Bkz. <http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/oftalmoloji-dergisi/1300-0365>)

## TARTIŞMA

Su içmenin göz üzerinde meydana getirdiği etkiler henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Su ya da herhangi bir hipotonik sıvı vücuda girdikten sonra dokular tarafından emilir. Kan-oküler ozmotik basınç gradientindeki değişiklikler, vitreus hidrasyonu ve artmış aköz hümör üretimiyle sonuçlanır.<sup>19,20</sup> Su tüketimi (hidrasyon), aynı zamanda episkleral venöz basınç artışına ve buna ikincil santral ve periferik venöz basınç artışına yol açar ve bu durum geçici negatif aköz dışı akımla sonuçlanır. Dış akım yeteneğinin azalması sonucu GİB yüksekliği meydana gelir. GİB'ı belirleyen başlıca faktörler, hümör aköz yapım hızı ve dış akım kanallarındaki dirençtir. Gözün bu geçici GİB yüksekliğinden kurtulma durumu dış akım yeteneğine bağlıdır.<sup>21,22</sup> Glokomlu hastalarda bu denge bozulabilir. Glokomatöz gözlerde hümör aközün hızlı içe akımı ve dış akımın bozulmuş kabiliyeti, kısmi olarak GİB'in yükselmesine neden olabilir. Buna karşın, kronik böbrek yetmezliği gibi durumlarda hemodiyaliz süresince (ultrafiltrasyon ve diyaliz) hastalarda aşırı sıvı kaybı sonucu dehidrasyon meydana gelir ve bu durum GİB'de düşme ile sonuçlanır.<sup>23</sup> Serum ozmolaritesindeki azalma ise GİB üzerine ters etkiye sahiptir.<sup>24</sup> Serum ozmolaritesindeki azalma sonucunda GİB seviyeleri artış eğilimindedir. Serumdaki ozmolaritesi düştüğünde, ekstraselüler alandaki sıvı intraselüler alana pasif olarak geçer. Bu durumda, serumdan göze doğru sıvı akımı gelişir ve GİB'e artış meydana gelebilir.

Dinç ve ark. çalışmalarında, kronik böbrek yetmezliği nedeni ile hemodiyaliz alan hastalarda GİB, SKK ve retina sinir lifi kalınlık değişimlerini değerlendirmişlerdir.<sup>23</sup> Hemodiyaliz sonrası hastalarda dehidrasyona bağlı GİB ve SKK'da anlamlı düşüş saptanırken, retina sinir lifi kalınlığında fark gözlenmemiştir.

Mansouri ve ark. çalışmalarında, su içme testi sonrasında makula ve peripapiller koroid kalınlığında ve volümünde anlamlı artış olduğunu saptamışlardır.<sup>25</sup> Aynı çalışmada, koroid kalınlığındaki değişiklikler ile yaş, SKK, aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan ölçümleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı saptanmıştır. Su içme testinin göz dokuları üzerindeki etkileri net değildir. Bizim çalışmamızda, su içme testinden sonra 15. dk'dan itibaren KH'de anlamlı artış ve KDF'de anlamlı azalma saptanmış olup, SKK'da anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Çalışmalarda, su içme testinin skleral rijidite ve kornea kalınlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Su içme testinin skleral rijidite üzerine etkileri ilk yapılmış çalışmalarda saptanmış olsa da sonraki çalışmalarla desteklenmemiştir.<sup>26,27</sup> Çalışmamıza benzer olarak, su içme testinin kornea kalınlığı üzerine etkisi anlamlı bulunmamıştır.<sup>28,29</sup>

Glokom tedavisinin temel amacı, hedef GİB'in belirlenmesidir. Bazı hastalarda, GİB normal sınırlara düşürülse bile progresyon devam edebilir. Diurnal GİB'deki büyük dalgalanmaların önlenmesi, glokom progresyonunun önlenmesinde önemli olabilir. Seçilmiş hastalarda, gün boyunca tekrarlayan GİB ölçümleri alınabilir. Fakat, her hasta için pratik bir uygulama şekli değildir. Son zamanlarda, su içme testinin, diurnal basınç eğrisinin GİB pik değerlerini tahmin etmek amacıyla pratik bir metot olduğu önerilmektedir.<sup>30,31</sup> Önceki çalışmalarda, diurnal tansiyon eğrisi ile su içme testi arasında anlamlı korelasyon olduğu gösterilmiştir.<sup>32,33</sup>

Sağlıklı bireylerde günlük GİB değişimi ortalama 3-5 mmHg arasındadır. Günlük GİB değişiminin 10 mmHg'nın üzerinde olduğu kişilerde glokom oluşma olasılığı yüksek bulunmuştur.<sup>34,35</sup> Çalışmamızda, GİB pik değerlerini tahmin etmek ve değişimler üzerine etkili faktörleri değerlendirmek

amacıyla, hidrasyon sonrası GİB değerlerini saptamak ve SKK ile kornea biyomekanik özellikleri üzerine etkilerini değerlendirdik. Ancak, bu çalışmanın en önemli sınırlılıkları; sağlıklı kontrol grubunun olmaması ve hasta sayımızın yeterli büyüklükte olmadığıdır. GİBg değerlerinin, su içme testi sonrası en yüksek değere 15. dk'da ulaşması ile birlikte, su içme sonrası 15, 30 ve 45. dakikalarda anlamlı yüksek değerler saptandı. Korneal biyomekanik özelliklerden biri olan KH'nin, en yüksek değeri 30. dk'da ölçüldü. Biyomekanik özelliklerden bir diğeri olan KDF ile ilgili en düşük değer 45. dk'da ölçüldü. Korneal biyomekanik faktörlerde, su içme testi sonrası anlamlı değişimler saptandı.

Çalışmamızda, glokom şüphesi olan hastalarda su yükleme testinden sonra GİB değişimlerinde an-

lamlı yüksek dalgalanmalar olduğu saptanmıştır. Korneal biyomekanik faktörlerden bağımsız düzeltilmiş GİB değerlerinde de anlamlı artış olduğu saptanmıştır. Su yüklemeden sonra SKK'da artış gözlemlense de bu artış anlamlı bulunmamıştır. Glokom şüphesi olan hastalarda su yükleme testi sonrasındaki GİB dalgalanmaları, bu hastaların günlük yaşamlarındaki GİB değişimlerinin bir göstergesi olabilir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, glokom şüphesi olan hastalarda su içme testi (hidrasyon) SKK'da anlamlı bir değişikliğe neden olmazken, korneanın biyomekanik özelliklerini etkilemektedir. Hidrate hastalarda bu özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Liu JH. Diurnal measurement of intraocular pressure. *J Glaucoma* 2001;10(5 Suppl):39-41.
- The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. The AGIS Investigators. *Am J Ophthalmol* 2000;130(4):429-40.
- Bengtsson B, Leske MC, Hyman L, Heijl A. Early Manifest Glaucoma Trial Group. Fluctuation of intraocular pressure and glaucoma progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology* 2007;114(2):205-9.
- Asrani S, Zeimer R, Wilensky J, Gieser D, Vitale S, Lindenmuth K. Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma* 2000;9(2):134-42.
- Liu JH, Bouligny RP, Kripke DF, Weinreb RN. Nocturnal elevation of intraocular pressure is detectable in the sitting position. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44(10):4439-42.
- Zeimer R. Circadian variations in intraocular pressure. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T, eds. *The Glaucomas: Clinical Science*. 2nd ed. St Louis: CV Mosby; 1996. p.429-46.
- DECODE Study Group, the European Diabetes Epidemiology Group. Glucose tolerance and cardiovascular mortality: comparison of fasting and 2-h diagnostic criteria. *Arch Intern Med* 2001;161(3):397-405.
- Berthe C, Pierard LA, Hiernaux M, Trotteur G, Lempereur P, Carlier J, et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial infarction by echocardiography during dobutamine infusion. *Am J Cardiol* 1986;58(13):1167-72.
- Spaeth GL. The water drinking test. Indications that factors other than osmotic considerations are involved. *Arch Ophthalmol* 1967;77(1):50-8.
- Kotecha A, Elsheikh A, Roberts CR, Zhu H, Garway-Heath DF. Corneal thickness and age-related biomechanical properties of the cornea measured with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(12):5337-47.
- Ulaş F, Balbaba M, Celebi S. Effects of a water-loading test on intraocular pressure and corneal hysteresis in young healthy subjects. *J Glaucoma* 2014;23(2):101-4.
- Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS. Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Arch Ophthalmol* 2004;122(1):17-21.
- Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* 2000;44(5):367-408.
- Morad Y, Sharon E, Hefetz L, Nemet P. Corneal thickness and curvature in normal-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1998;125(2):164-8.
- Simsek T, Mutluay AH, Elgin U, Gursel R, Batman A. Glaucoma and increased central corneal thickness in aphakic and pseudophakic patients after congenital cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2006;90(9):1103-6.
- Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002;120(6):714-20.
- Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(1):156-62.
- Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: Quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(1):146-55.
- Bruculeri M, Hammel T, Harris A, Malinovsky V, Martin B. Regulation of intraocular pressure after water drinking. *J Glaucoma* 1999;8(2):111-6.
- Vasconcelos-Moraes CG, Susanna R Jr. Correlation between the water drinking test and modified diurnal tension curve in untreated glaucomatous eyes. *Clinics* 2008;63(4):433-6.
- Yoon YH, Sohn JH, Lee SE, Lee YB, Kim JY, Kook MS. Increases in intraocular pressure during hemodialysis in eyes during early postvitrectomy period. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31(6):467-73.
- Leiba H, Oliver M, Shimshoni M, Bar-Khayim Y. Intraocular pressure fluctuations during regular hemodialysis and ultrafiltration. *Acta Ophthalmol* 1990;68(3):320-2.
- Dinc UA, Ozdek S, Aktas Z, Guz G, Onol M. Changes in intraocular pressure, and corneal and retinal nerve fiber layer thickness during hemodialysis. *Int Ophthalmol* 2010;30(4):337-40.

24. Broekema N, van Bijsterveld OP, de Bos Kuil RJ. Intraocular pressure during hemodialysis. *Ophthalmologica* 1988;197(2):60-4.
25. Mansouri K, Medeiros FA, Marchase N, Tatham AJ, Auerbach D, Weinreb RN. Assessment of choroidal thickness and volume during the water drinking test by swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2013;120(12):2508-16.
26. Vucicevic ZM, Ralston J, Burns WP, Gaffney HP. Influence of the water drinking test on scleral rigidity. *Arch Ophthalmol* 1969;82(6):761-70.
27. Saiduzzafar H. Studies in ocular rigidity. *Br J Ophthalmol* 1962;46(12):717-29.
28. Furlanetto RL, Facio AC Jr, Hatanaka M, Susanna Junior R. Correlation between central corneal thickness and intraocular pressure peak and fluctuation during the water drinking test in glaucoma patients. *Clinics (Sao Paulo)* 2010;65(10):967-70.
29. Mosaed S, Chamberlain WD, Liu JH, Medeiros FA, Weinreb RN. Association of central corneal thickness and 24-hour intraocular pressure fluctuation. *J Glaucoma* 2008;17(2):85-8.
30. Susanna R Jr, Vessani RM, Sakata L, Zacarias LC, Hatanaka M. The relation between intraocular pressure peak in the water drinking test and visual field progression in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2005;89(10):1298-301.
31. Kumar RS, de Guzman MH, Ong PY, Goldberg I. Does peak intraocular pressure measured by water drinking test reflect peak circadian levels? A pilot study. *Clin Experiment Ophthalmol* 2008;36(4):312-5.
32. Miller D. The relationship between diurnal tension variation and the water-drinking test. *Am J Ophthalmol* 1964;58:243-6.
33. Medeiros FA, Pinheiro A, Moura FC, Leal BC, Susanna R Jr. Intraocular pressure fluctuations in medical versus surgically treated glaucomatous patients. *J Ocul Pharmacol Ther* 2002;18(6):489-98.
34. Martin XD. Normal intraocular pressure in man. *Ophthalmologica* 1992;205(2):57-63.
35. Fran Smith MA. Clinical examination of glaucoma. In: Yanoff M, Dueker JS, eds. *Ophthalmology*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia, London: Mosby; 1999. p.12: 4.1-4.3.