



Vücut Postürünün Göz İçi Basıncına Etkisinin Rebound Tonometre ile Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effect of Body Position on Intraocular Pressure Measured with Rebound Tonometer

✉ Hüseyin Mayalı, ✉ Beyza Tekin, ✉ Özcan Rasim Kayıkçıoğlu, ✉ Emin Kurt, ✉ Süleyman Sami İlker
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

Öz

Amaç: Göz içi basıncı (GİB) takibi gereken hastaların basınç ölçümlerinde etkili değişkenleri belirlemek önemlidir. Çalışmamızda vücut pozisyonunun GİB'e etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Manisa Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği'ne başvuran refraksiyon kusuru dışında patolojisi olmayan 52 bireyin 52 sağ gözü çalışmaya dahil edilmiştir. Bireylerin GİB'leri Icare-Pro tonometre ile 10'ar dakika aralıklarla oturarak, ayakta ve supin pozisyonda yatarak ölçülmüştür. Sonuçlar arasındaki ilişki korelasyon, Spearman ve Wilcoxon testi ile değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmaya katılan 52 bireyin 36'sı kadın ve 16'sı erkek, yaş ortalaması $31,65 \pm 6,30$ (23-47), GİB değerlerinin ortalamaları otururken $17,76 \pm 3,41$ (12,70-25,60) mmHg, ayakta $17,10 \pm 3,27$ (11,50-25,20) mmHg, yatarak $18,46 \pm 4,67$ (10,50-29,40) mmHg bulunmuştur. Bireylerin otururken ile ayakta olan ölçümleri arasında ($p=0,112$), otururken ile yatarak ki ölçümleri arasında ($p=0,472$) ve ayakta ile yatarak ki ölçümleri arasında ($p=0,071$) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Yaş ile farklı vücut pozisyonlarında ölçülen GİB değerleri arasında bir ilişki izlenmedi ($p>0,45$; $p>0,79$; $p>0,77$). Cinsiyet ile farklı vücut pozisyonlarında ölçülen GİB değerleri arasında ilişki izlenmedi ($p>0,59$; $p>0,69$; $p>0,54$).

Sonuç: Yaş ve cinsiyetin, farklı vücut pozisyonlarında ölçülen GİB'e etkisi olmadığı görülmüştür. Ayrıca bireylerin farklı vücut pozisyonlarında alınan GİB ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Bu nedenle yatağa mahkum hastalarda GİB takibinde Icare PRO'nun güvenli bir şekilde kullanılabileceğini, oturarak alınan klinik GİB değeriyle paralel sonuçlar vereceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Göz içi basıncı, postür, tonometre

Abstract

Objectives: It is important to determine variables that influence intraocular pressure (IOP) measurement. This study aimed to evaluate the effect of body position on IOP.

Materials and Methods: The study included 52 right eyes of 52 patients who presented to the ophthalmology department of our hospital and had no ocular disease except refractive errors. IOP was measured with an Icare PRO tonometer while patients were in sitting, standing, and supine positions, with intervals of 10 minutes between the positions. Correlations between the results were evaluated using Spearman's correlation analysis and Wilcoxon tests.

Results: Thirty-six of the 52 patients were female, 16 were male. Mean age was 31.65 ± 6.30 (23-47) years. Mean IOP values in the sitting, standing, and lying positions were 17.76 ± 3.41 (12.70-25.60) mmHg, 17.10 ± 3.27 (11.50-25.20) mmHg, and 18.46 ± 4.67 (10.50-29.40) mmHg, respectively. There were no statistically significant differences between measurements taken in the different positions ($p=0.112$, $p=0.472$, $p=0.071$). We observed that there was no relationship between age and body position ($p>0.45$, $p>0.79$, $p>0.77$) or between gender and position ($p>0.59$, $p>0.69$, $p>0.54$).

Conclusion: Gender and age had no effect on IOP measured in different body positions. There were also no significant differences between IOP values measured in the different positions. Therefore, we believe the portable Icare PRO tonometer can be used for patients who are confined to bed and will provide IOP measurements that are concordant with values obtained while sitting.

Keywords: Intraocular pressure, body position, tonometer

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Hüseyin Mayalı, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

E-posta: drmayali@hotmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0003-3692-665X

Geliş Tarihi/Received: 13.03.2018 **Kabul Tarihi/Accepted:** 27.08.2018

©Telif Hakkı 2019 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

Giriş

Glokom, optik sinir hasarı ile giden önemli görme kayıplarından birisidir. Göz içi basıncı (GİB) yüksekliği ise; bu durum için bilinen en önemli risk faktörüdür. Ancak, GİB dinamik bir etken olup birçok durumdan etkilenebilmektedir. GİB'nin yatay vücut pozisyonu ile belirgin değişimi daha önceki çalışmalarda da gösterilmiştir ve insan ömrünün üçte birini yatay pozisyonda geçirmektedir.^{1,2,3,4,5,6}

Pozisyon değişimi ile meydana gelen GİB değişimi glokom gelişiminde ve seyrinde önemli olabilmektedir. Daha önceki çalışmalarda da görülmüş ki supin pozisyon ile oturur pozisyonda alınan GİB değerleri arasındaki fark çok çeşitlidir. Bu fark sağlıklı bireylerin ve glokom tanılı olan hastaların değerlendirildiği çalışmalarda ortalama 0,3 mmHg ile 5,6 mmHg arasında değişmektedir.^{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}

Pozisyon değişimi ile olan GİB değişiminin fizyolojisi tam olarak anlaşılamamıştır. Vücut pozisyonuna göre GİB değişiminin anlaşılması, glokom gelişimi ve seyrinin anlaşılması, klinik pratikte hastaların takibi için alınan GİB ölçümündeki değişkenleri belirlemek ve daha standardize takipler sağlamak açısından önemli olabilir. Ayrıca pozisyon değişiminin GİB'ye etkisinin ne yönde olduğu anlaşılırsa, glokom hastalarının günlük hayatlarında kaçınılması gereken ya da kendileri için daha iyi gelecek durumlar hakkında önerilerde bulunulabilir.¹

Biz bu çalışmada sağlıklı bireylerin otururken, ayakta ve supin pozisyonda iken GİB ölçümlerini belirlemeyi ve bu pozisyonlar arasındaki farkı değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamız Helsinki Deklerasyonu'nda belirtilen klinik araştırmaları prensiplerine uygun olarak yapılmıştır ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden etik kurul onayını almıştır. Çalışmamıza Manisa Celal Bayar Üniversitesi Hafsa Sultan Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği'ne başvuran en fazla -4,00 ile +2,00 değerleri aralığında yer alan refraksiyon kusuru olan veya refraksiyon kusuru olmayan 52 bireyin 52 sağ gözü dahil edildi. GİB'yi etkileyecek sistemik ve topikal ilaç kullananlar, oküler yüzey hastalığı, üveit, glokom, retina dekolmanı, oküler enfeksiyon, şaşılık gibi rahatsızlıkları olanlar dahil edilmedi. Bu kriterleri sağlayan bireylerin bulunabilmesi için çalışma öncesi ayrıntılı oftalmolojik muayene yapıldı. Ayrıca çalışma öncesi, çalışmaya katılan bireylerden sözel olarak çalışma ile ilgili bilgiler verildikten sonra aydınlatılmış onam alındı. Ayrıca çalışmaya katılacak olan bireylerden çalışma günü fazla kafein alımından kaçınılması ve normal bir uyku almış olmaları rica edildi.

Çalışmamızda rebound teknolojisi ile çalışan Icare PRO tonometre (Icare; Tiolat Oy, Helsinki, Finland) kullanılmıştır. Her birey öncelikle 10 dakika oturtulmuş ve sonrasında otururken olan sağ gözdeki GİB'ler Icare PRO tonometre ile hızlı ve seri ölçümler şeklinde 6 kez alınmıştır, sonrasında bu 6 ölçümün ortalaması kullanılmıştır. Daha sonra hastalar 10 dakika ayakta bekletilmiş ve bu pozisyonadaki sağ GİB'ler de aynı şekilde 6 kez alınmıştır ve ortalamaları kullanılmıştır. Son olarak da hastalar

klinik sedye masasında 10 dakika supin pozisyonda yastık kullanılmadan bekletilmiş ve yine sağ GİB'leri 6 kez alınmış ve ortalaması kullanılmıştır. Ölçümler alınırken bireylerin göz kapaklarına veya globlarına basınç oluşturabilecek durumlardan kaçınılmıştır (bireylerin kendilerini sıkıkmaları ve rahatlamaları sağlanmıştır). Icare PRO tonometrede bulunan ölçümlerin güvenilirliğini gösteren renk sistemi dikkate alınmıştır ve sadece ölçümler arası çeşitliliğin az, güvenilirliğin yüksek olduğunu belirten yeşil renkteki ortalama değerleri dikkate alınmıştır. Bu sisteme göre Icare PRO tonometrede 6 manuel ölçümden sonra bu ölçümleri birbiriyle karşılaştıran, aralarındaki çeşitliliği değerlendiren ve bunların ortalamasını veren bir otoprogram mevcuttur. Bu sistemde yeşil renk çeşitliliğin en az, güvenilirliğin en yüksek olduğu rengi, sarı orta güvenilirlik ve çeşitliliği, kırmızı ise çeşitliliğin yüksek güvenilirliğin düşük olduğu durumu ifade eder.^{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18}

İstatistiksel Analiz

Alınan ölçümler SPSS programında, örneklem kümesinin normal dağılımına bakıldıktan sonra, Spearman testi ile yaş ile pozisyonlar arasındaki korelasyon ve Wilcoxon testi ile pozisyonlar arasındaki istatistiksel ilişki ve cinsiyet ile pozisyonlar arasındaki istatistiksel ilişki non-parametrik olarak incelenmiştir. Bu sonuçlara göre; $p < 0,05$ olanlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Bulgular

Çalışmamıza katılan 52 gönüllü bireyin 36'sı kadın, 16'sı erkekti ve yaş ortalamaları $31,65 \pm 6,30$ (23-47) idi. Örneklem kümesinin normal dağılmadığı Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 2'de bireylerin otururken, ayakta ve supin pozisyondayken alınan GİB'lerin ortalamaları ve bu pozisyonların birbiri ile Wilcoxon testi ile olan karşılaştırılmasının istatistiksel değerleri gösterilmiştir.

Normal dağılım olup olmadığının bakıldığı bu testte bir tane $p > 0,05$ değerinin olması bize grubun normal dağılmadığını göstermektedir. Bu nedenle geri kalan tüm istatistiksel testlerimiz non-parametrik testlere göre yapılmıştır.

Tablo 1. Normalite testi

Kolmogorov-Smirnov	
	p
Kadın	0,001
Erkek	0,066

Tablo 2. Farklı vücut pozisyonlarındaki göz içi basınçlarının ortalamaları ve bunların karşılaştırılmasının istatistiksel sonuçları

Vücut pozisyonları	Göz içi basınç ortalaması	p
Oturur	$17,76 \pm 3,41$ (12,70-25,60)	Ayakta ile $p=0,112$; supin ile $p=0,472$
Ayakta	$17,10 \pm 3,27$ (11,50-25,20)	Supin ile $p=0,071$
Supin	$18,46 \pm 4,67$ (10,50-29,40)	

Bireylerin vücut pozisyonlarına göre olan GİB'ye bakıldığında otururken alınan ölçümler ile ayakta ve supin pozisyondayken alınan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p=0,112$; $p=0,472$). Ayakta iken alınan ölçümler ile supin pozisyondayken alınan ölçümler arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,071$).

Bireylerin yaş dağılımı ile farklı vücut pozisyonlarındaki GİB'leri arasındaki ilişki Spearman korelasyon testi ile incelenmiştir ve Tablo 3'te, cinsiyet ve farklı vücut pozisyonlarındaki GİB'leri arasındaki ilişki Wilcoxon testi ile incelenmiştir ve Tablo 4'te gösterilmiştir.

Bu çalışmada yaş ile otururken, ayakta ve supin pozisyondayken ölçülen GİB'leri arasında bir ilişki izlenmemiştir ($p>0,45$; $p>0,79$; $p>0,77$). Bununla birlikte otururken ve ayakta yaş ile pozitif korelasyon varken, supin pozisyondayken negatif korelasyon izlenmiştir. Ayrıca cinsiyet ile otururken, ayakta ve supin pozisyondayken ölçülen GİB'leri arasındaki ilişki de Wilcoxon testi ile incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0,59$; $p>0,69$; $p>0,54$).

Tartışma

Vücut pozisyonu değişimi ile GİB değişimi daha önceki yıllarda da birçok çalışmada göz önüne alınmış ve bu konunun glokom tanılı hastalarda önemli olabileceğine dikkat çekilmiştir. Daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir ki oturur pozisyondayken alınan GİB ile supin pozisyondayken alınan GİB arasında istatistiksel fark vardır ve bu fark supin pozisyondayken iken GİB yüksekliği lehinedir. Bu çalışmalarda glokom tanılı olan hastaların oturur pozisyondayken alınan GİB değerleri ile supin pozisyondayken alınan GİB değerleri arasındaki fark değişiminin daha belirgin olduğu belirtilmiştir. Bu fark sağlıklı kişilerde ve glokom tanılı hastalarda 0,3 mmHg ile 5,6 mmHg arasında bulunmuştur.^{1,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}

Pozisyona bağlı olarak GİB değişiminin fizyolojisi hala tam olarak açıklanabilmiş değildir. Ancak bununla ilgili yapılan 24 saatlik izlem ile değerlendirilen bir diğer çalışmada GİB değerinin sirkadyan ritmi olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada gece supin pozisyondayken alınan GİB ile gündüz oturur pozisyondayken alınan GİB arasında 4,5 mmHg ile

20 mmHg aralığında bir değişim olduğu bildirilmiştir. Bu durum glokom tanılı hastalarda takip amaçlı yapılan GİB ölçümlerinin benzer saatlerde yapılması gerektiğine ve bu hastalarda klinisyenlerin görmediği ve fark etmediği zamanlarda glokom seyrini hızlandırabilecek GİB yüksekliği olabileceğine dikkat çekilmiştir.^{2,19}

GİB değişiminin fizyolojisindeki etkenlerden biri olduğu düşünülen aksiyel uzunluk da bazı çalışmalarda değerlendirilmiş, kısa aksiyel uzunluğa sahip olan bireylerde oturur pozisyondayken yatar pozisyona gelindiğinde olan GİB artışı daha fazla izlenmiş ya da -4,00 diyoptriden daha büyük miyopik aksa sahip olan bireylerde oturur pozisyondayken yatar pozisyona gelindiğinde olan GİB artışı daha az izlendiği bildirilmiştir.^{1,20,21}

Birçok çalışmada ise bu GİB değişimini açıklamak için yatar pozisyona gelindiğinde episkleral venöz basıncın (EVV) arttığına değinilmiştir. Ancak bu çalışmalarda EVV artışı ile beklenen GİB artışı arasında tam bir eşitlik bulunamamış ve bu GİB artışı EVV artışı ile mi yoksa başka faktörlerin etkisi ile mi oluyor belirgin bir sonuca varılamamıştır.^{22,23,24,25}

Literatürde vücut postürüne göre GİB değişimleri farklı yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Sağlıklı bireylerin GİB'nin supin pozisyondayken oturur pozisyondayken Perkins aplanasyon tonometresi ile 1,8 mmHg,²⁶ Pnömotonometre ile 2,5-3,9 mmHg,^{1,27} Tono-Pen ile 1,2 mmHg,²⁸ Goldman aplanasyon tonometresi ile 4,1 mmHg daha yüksek bulunmuştur.²⁹ Mosaed ve ark.³⁰ sağlıklı genç bireyler ve sağlıklı gözlerle sahip yaşlı bireyler arasında postural GİB'de göreceli olarak küçük bir fark olduğunu bildirmişler. Bir başka çalışmada, sağlıklı genç bireyler ile yaşlı bireylerin sağlıklı gözleri arasında postural GİB farkları arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir.³¹

Bu çalışmamızda aldığımız sonuca göre önceki çalışmaları destekler nitelikte bir bulgu elde edememiş olmakla birlikte, GİB değişiminin pozisyonla ilişkili olmadığını söyleyebiliriz. Çalışmamız sadece sağlıklı genç bireylerden oluştuğundan mevcut bulguların yaşlı bireylerde veya glokomlu hastalarda aynı olacağı anlamını taşımamaktadır. Bu çalışmamızda sadece GİB'nin vücut postürü ile olan ilişkisi değerlendirilmiş ve supin pozisyon ile oturur pozisyon arasında 0,7 mmHg fark bulunmuştur. Çalışmamızdaki sağlıklı bireylerin kan basıncı, kalp atım hızı ve santral venöz basınç gibi sistemik parametrelerinin kontrol edilmemesi çalışmamızın eksikliklerindendir.

Ayrıca çalışmamızda gördük ki Icare PRO tonometre ile alınan oturur pozisyondayken GİB değerleri ile supin pozisyondayken GİB değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Buradan yola çıkarak, yatağa mahkum olan ve glokom tanısı olan hastaların GİB takiplerinin yapılmasında Icare PRO tonometrenin kullanımının uygun olabileceğini düşünmekteyiz. Diğer aldığımız bir sonuç ise; otururken, ayakta ve supin pozisyondayken alınan GİB değerleri arasındaki değişimin cinsiyetten ve yaştan bağımsız olduğu yönündedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızda Icare PRO tonometre kullanarak, randomize olarak seçilmiş sağlıklı bireylerin GİB değerlerini belli bir sıra göre (önce oturarak sonra ayakta en son supin pozisyondayken olacak şekilde) almış olmamız çalışmamızda bireyler arasında ölçüm alımı sırasındaki standardizasyonu sağlamak açısından

önemliydi. Ancak çalışmanın küçük bir grup ile sınırlı kalması ve sadece sağlıklı bireylerin değerlendirilmiş olması çalışmamızın eksikleri arasındadır.

Sonuç

Daha geniş kapsamlı bir çalışma ile GİB'nin pozisyon ve zamana göre nasıl değiştiğini anlamak ve bu durumların glokoma etkisinin olup olmadığını daha güçlü olarak göstermek için yapılmalıdır. Komorbiditesi olan glokom tanılı hastaların yaşam koşullarını kendilerine uygun hale getirmelerine yönelik önerilerin verilmesi amacı ile daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu-20/12/2017/20.478.486.

Hasta Onayı: Çalışma öncesi, çalışmaya katılan bireylerden sözel olarak çalışma ile ilgili bilgiler verildikten sonra aydınlatılmış onam alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Hüseyin Mayalı, Beyza Tekin, **Konsept:** Hüseyin Mayalı, Beyza Tekin, Özcan Rasim Kayıkçıoğlu, Süleyman Sami İlker, **Dizayn:** Beyza Tekin, Özcan Rasim Kayıkçıoğlu, Süleyman Sami İlker, Emin Kurt, **Veri Toplama veya İşleme:** Hüseyin Mayalı, Beyza Tekin, **Analiz veya Yorumlama:** Özcan Rasim Kayıkçıoğlu, Süleyman Sami İlker, Emin Kurt, **Literatür Arama:** Hüseyin Mayalı, Beyza Tekin, Süleyman Sami İlker, Emin Kurt, **Yazan:** Hüseyin Mayalı, Beyza Tekin.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Malihi M, Sit AJ. Effect of Head and Body Position on Intraocular Pressure. *Ophthalmology*. 2012;119:987-991.
- Barkana Y, Gutfreund S. Measurement of the difference in intraocular pressure between the sitting and lying body positions in healthy subjects: direct comparison of the Icare Pro with the Goldmann applanation tonometer, Pneumatonometer and Tonopen XL. *Clin Exp Ophthalmol*. 2014;42:608-614.
- 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;9:134-142.
- Kriegelstein G, Langham ME. Influence of body position on the intraocular pressure of normal and glaucomatous eyes. *Ophthalmologica*. 1975;171:132-145.
- Jain MR, Marmion VJ. Rapid pneumatic and Mackey-Marg applanation tonometry to evaluate the postural effect on intraocular pressure. *Br J Ophthalmol*. 1976;60:687-693.
- Tarkkanen A, Leikola J. Postural variations of the intraocular pressure as measured with the Mackay-Marg tonometer. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1967;45:569-575.
- Prata TS, De Moraes CG, Kanadani FN, Ritch R, Paranhos A Jr. Posture-induced intraocular pressure changes: considerations regarding body position in glaucoma patients. *Surv Ophthalmol*. 2010;55:445-453.
- Chiquet C, Custaud MA, Le Traon AP, Millet C, Gharib C, Denis P. Changes in intraocular pressure during prolonged (7-day) head-down tilt bedrest. *J Glaucoma*. 2003;12:204-208.
- Hirooka K, Takenaka H, Baba T, Takagishi M, Mizote M, Shiraga F. Effect of trabeculectomy on intraocular pressure fluctuation with postural change in eyes with open-angle glaucoma. *J Glaucoma*. 2009;18:689-691.
- Kiuchi T, Motoyama Y, Oshika T. Postural response of intraocular pressure and visual field damage in patients with untreated normal-tension glaucoma. *J Glaucoma*. 2010;19:191-193.
- Liu JH, Zhang X, Kripke DE, Weinreb RN. Twenty-four-hour intraocular pressure pattern associated with early glaucomatous changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:1586-1590.
- Longo A, Geiser MH, Riva CE. Posture changes and subfoveal choroidal blood flow. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:546-551.
- Parsley J, Powell RG, Keightley SJ, Elkington AR. Postural response of intraocular pressure in chronic open-angle glaucoma following trabeculectomy. *Br J Ophthalmol*. 1987;71:494-496.
- Carlson KH, McLaren JW, Topper JE, Brubaker RF. Effect of body position on intraocular pressure and aqueous flow. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1987;28:1346-1352.
- Weinreb RN, Cook J, Friberg TR. Effect of inverted body position on intraocular pressure. *Am J Ophthalmol*. 1984;98:784-787.
- Jain MR, Marmion VJ. Rapid pneumatic and Mackey-Marg applanation tonometry to evaluate the postural effect on intraocular pressure. *Br J Ophthalmol*. 1976;60:687-693.
- Sit AJ, Nau CB, McLaren JW, Johnson DH, Hodge D. Circadian variation of aqueous dynamics in young healthy adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49:1473-1479.
- Kontiola AI. A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. *Acta Ophthalmol Scand*. 2000;78:142-145.
- Mosaed S, Chamberlain WD, Liu JH, Medeiros FA, Weinreb RN. Association of central corneal thickness and 24-hour intraocular pressure fluctuation. *J Glaucoma*. 2008;17:85-88.
- Loewen NA, Liu JH, Weinreb RN. Increased 24-hour variation of human intraocular pressure with short axial length. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:933-937.
- Liu JH, Kripke DE, Twa MD, Gokhale PA, Jones EI, Park EH, Meehan JE, Weinreb RN. Twenty-four-hour pattern of intraocular pressure in young adults with moderate to severe myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43:2351-2355.
- Sultan M, Blondeau P. Episcleral venous pressure in younger and older subjects in the sitting and supine positions. *J Glaucoma*. 2003;12:370-373.
- Blondeau P, Tetrault JP, Papamarkakis C. Diurnal variation of episcleral venous pressure in healthy patients: a pilot study. *J Glaucoma*. 2001;10:18-24.
- Friberg TR, Sanborn G, Weinreb RN. Intraocular and episcleral venous pressure increase during inverted posture. *Am J Ophthalmol*. 1987;103:523-526.
- Sit AJ, Weinreb RN, Crowston JG, Kripke DE, Liu JH. Sustained effect of travoprost on diurnal and nocturnal intraocular pressure. *Am J Ophthalmol*. 2006;141:1131-1133.
- Zhen Y, Wang H, Hao J, Ding J, Wang N. Posture-induced intraocular pressure measurements. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2014;50:333-337.
- Liu JH, Sit AJ, Weinreb RN. Variation of 24-hour intraocular pressure in healthy individuals: right eye versus left eye. *Ophthalmology*. 2005;112:1670-1675.
- Moster SJ, Fakhraie G, Venkatesh R, Moster ML, Zhao Y, Moster MR. Relationship of central corneal thickness to postural IOP changes in patients with and without glaucoma in southern India. *Int Ophthalmol*. 2012;32:307-311.
- Barkana Y. Postural change in intraocular pressure: a comparison of measurement with a Goldmann tonometer, Tonopen XL, pneumatonometer, and HA-2. *J Glaucoma*. 2014;23:23-28.
- Mosaed S, Liu JH, Weinreb RN. Correlation between office and peak nocturnal intraocular pressures in healthy subjects and glaucoma patients. *Am J Ophthalmol*. 2005;139:320-324.
- Mansouri K, Weinreb RN, Liu JH. Effects of aging on 24-hour intraocular pressure measurements in sitting and supine body positions. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:112-116.