

# Göz İçi Merceklerin Oküler Aberasyonlar Açısından Karşılaştırılması\*

## Comparison of Intraocular Lenses in Terms of Ocular Aberrations

Bekir Sıtkı ASLAN<sup>1</sup>, Bengü EKİNCİ KÖKTEKİR<sup>2</sup>

Klinik Çalışma

Original Article

### ÖZ

**Amaç:** Yüksek düzey aberasyonlar açısından, Alcon SN platformundaki asferik ve sferik göz içi mercekleri (GİM) arasındaki farkları belirlemek ve asferik lenslerden beklenen sonuçları değerlendirmek.

**Gereç ve Yöntem:** Bu retrospektif ve karşılaştırmalı çalışmaya, komplikasyonsuz katarakt cerrahisi geçirmiş 34 göz dahil edildi. 1. gruba, sferik SN60AT göz içi merceği implante edilmiş 20 göz, 2. gruba ise asferik SN60WF göz içi merceği implante edilmiş 14 göz alındı. Oküler aberasyonlar, cerrahiden en az 2 ay sonra, damla ile dilate edilmiş 6.0 mm'lik pupillalarda, 6. düzey Zernicke polinomları kullanılarak, Nidek OPD Scan ile ölçüldü.

**Bulgular:** Birinci grupta, toplam yüksek düzey aberasyonların ortalama root-mean-square (RMS) değeri  $2.31 \pm 1.18$  idi. Bu grupta, tilt, coma, trefoil, tetrafoil, sferik aberasyon ve sekonder astigmat RMS değerleri ise sırasıyla  $1.12 \pm 0.71$ ,  $0.43 \pm 0.32$ ,  $0.60 \pm 0.34$ ,  $0.35 \pm 0.47$ ,  $0.31 \pm 0.21$  ve  $0.31 \pm 0.42$  olarak bulundu. İkinci grupta toplam yüksek düzey aberasyonların ortalama RMS değeri  $1.62 \pm 0.62$  idi. Bu grupta, tilt, coma, trefoil, tetrafoil, sferik aberasyon ve sekonder astigmat RMS değerleri ise sırasıyla  $0.46 \pm 0.21$ ,  $0.20 \pm 0.11$ ,  $0.31 \pm 0.16$ ,  $0.10 \pm 0.07$ ,  $0.093 \pm 0.08$  ve  $0.15 \pm 0.10$  olarak bulundu. İki grup arasında tilt, tetrafoil ve sferik aberasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (Student's t-test ve Mann Whitney U teste göre  $p < 0.05$ ). SN60AT GİM implante edildiği 1. grupta daha fazla aberasyon saptandı. İki grup arasında, ortalama takip süresi, aksiyel uzunluk, GİM gücü ya da korneal kurtür açısından istatistiksel fark görülmedi.

**Sonuç:** Katarakt cerrahisinden sonra, implante edilen GİM'nin dizaynı oküler aberasyonları etkiler. Tilt, tetrafoil ve sferik aberasyon SN60AT GİM'nin implante edildiği grupta daha fazla görülmüştür, bu nedenle, arka optik yüzeyi asferik ve santralde daha ince olan SN60WF GİM, uygun gözlerde, katarakt cerrahisinde daha iyi bir seçim olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Oküler aberasyonlar, sferik göz içi mercekleri, asferik göz içi mercekleri.

### ABSTRACT

**Purpose:** To show the differences in aspheric and spheric Alcon SN platform lenses in terms of high order aberrations and to find out whether we achieve the expected results with the aspheric lenses.

**Materials and Methods:** In this retrospective comparative study, 34 eyes which has undergone uneventful cataract surgery are included. In group 1, spheric SN60AT lenses were implanted in 20 eyes and in group 2, 14 eyes received aspheric SN60WF lenses. Ocular aberrations are measured at least 2 months after surgery, with Nidek OPD-Scan for a 6.0 mm pharmacologically dilated pupil using 6 th-order Zernike polynomials.

**Results:** In group 1, the mean root-mean-square (RMS) coefficient for the total high order aberration was  $2.31 \pm 1.18$ . In this group, the mean RMS of the tilt, coma, trefoil, tetrafoil, spherical aberration and secondary astigmatism were  $1.12 \pm 0.71$ ,  $0.43 \pm 0.32$ ,  $0.60 \pm 0.34$ ,  $0.35 \pm 0.47$ ,  $0.31 \pm 0.21$  and  $0.31 \pm 0.42$  respectively. In group 2, the RMS coefficient for the total high order aberration was  $1.62 \pm 0.62$ . The RMS of tilt, coma, trefoil, tetrafoil, spherical aberration and secondary astigmatism were  $0.46 \pm 0.21$ ,  $0.20 \pm 0.11$ ,  $0.31 \pm 0.16$ ,  $0.10 \pm 0.07$ ,  $0.093 \pm 0.08$  and  $0.15 \pm 0.10$  respectively. There was statistical difference in terms of tilt, tetrafoil and spherical aberration between 2 groups ( $p < 0.05$  according to Student's t-test and Mann Whitney U test). There were more aberrations in the spheric SN60AT IOL group. There was no statistical difference between 2 groups in mean follow-up time, axial length, IOL power or corneal curvature.

**Conclusion:** The design of lenses affect the ocular aberrations after cataract surgery. Tilt, tetrafoil and spherical aberration were higher in spheric SN60AT group, thus an aspheric posterior optic design with thinner center, like SN60WF may be a better choice in appropriate eyes having cataract surgery.

**Key Words:** Ocular aberrations, spheric intraocular lenses, aspheric intraocular lenses

Glo-Kat 2009;4:35-38

Geliş Tarihi : 18/12/2008

Kabul Tarihi : 03/02/2009

Received : December 18, 2008

Accepted : February 03, 2009

\* Bu çalışma, 8-12 Eylül 2007 tarihleri arasında, Stockholm-İsveç'teki XXV. ESCRS kongresinde serbest bildiri olarak sunulmuştur.

1- Ankara Mesa Hastanesi, Göz Kliniği, Ankara, Doç. Dr.

2- Ankara Gazi Devlet Hastanesi, Göz Kliniği, Ankara, Uzm. Dr.

1- M.D., Ankara Mesa Hospital, Eye Clinic Ankara/TURKEY

ASLAN B.S., bekirsitkiaslan@superonline.com

2- M.D., Ankara Gazi Hospital, Eye Clinic Ankara/TURKEY

KÖKTEKİR E. B., benguekinci@hotmail.com

Correspondence: M.D. Bengü EKİNCİ KÖKTEKİR

Ankara Gazi Hospital, Eye Clinic Gazi Mahl. Ankara/TURKEY

## GİRİŞ

Oküler yüksek düzey aberasyonların, kontrast duyarlılık ve görme fonksiyonu üzerine olumsuz etkileri olduğu ve bu sebeple, maksimum kontrast görme keskinliği olsa bile glare, halo ve yansımalara, ayrıca gece araba kullanmada zorluğa sebep oldukları bilinmektedir.<sup>1-8</sup> Gözün toplam sferik aberasyonunda kristal lens ve korneanın önemli rolü vardır. Genç ve sağlıklı bir gözde, normal korneanın pozitif sferik aberasyonu kristal lensin negatif sferik aberasyonu ile dengelenmektedir.<sup>9,10</sup> Kornea yaşam boyunca stabil bir optik sistem sağlasa da,<sup>11</sup> yaşlanmayla birlikte kristal lensin negatif sferik aberasyonu azalmakta ve hatta 40 yaşından sonra nükleusun sertleşmesi, refraktif indeksteki değişiklikler ve lensin şeklindeki değişiklikler gibi yapısal değişikliklerle birlikte lensde pozitif sferik aberasyona gidüş olmaktadır.<sup>12,13</sup> Pozitif sferik aberasyondaki bu artış, korneanın wavefront dengesini bozarak, diğer yüksek düzey aberasyonlarla birlikte gözün toplam sferik aberasyonunda artışa sebep olmaktadır.

Oküler yüksek düzey aberasyonların, retinal görüntü kalitesinde düşüşe büyük katkısı vardır. Katarakt cerrahisinden sonra, sferik bir göz içi merceğinin yerleştirilmesi, mükemmel bir Snellen görme keskinliği varlığında bile optik ve görme kalitesinde düşmeye neden olan pozitif sferik aberasyona yol açmaktadır. Bu sorunu çözmek için, ön optik yüzeyi prolate olan<sup>15,16</sup> Technis Z9001 (Pharmacia) gibi, ya da arka yüzeyi asferik ve optik santrali daha ince olan Acrysof IQ SN60WF (Alcon) gibi yeni göz içi mercekleri (GİM) üretilmiştir. Bu merceklerle negatif sferik aberasyon oluşturularak, korneanın pozitif sferik aberasyonu dengelenmeye çalışılmaktadır. Oküler aberasyonları azaltmak, görme kalitesinde artışa yol açmaktadır. Bu çalışmada, aynı platformda iki ayrı GİM karşılaştırarak, asferik ve sferik mercekler arasındaki farkları belirlemek ve asferik GİM'nin performansını değerlendirmeyi amaçladık.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu retrospektif ve karşılaştırmalı çalışmamıza, Ağustos 2006- Mart 2007 tarihleri arasında, fakoemülsifikasyonla komplikasyonsuz katarakt cerrahisi geçirmiş ve Acrysof SN60AT ya da SN60WF yerleştirilmiş 34 göz dahil edilmiştir. Eksklüzyon (çıkarma) kriterlerimiz; intrao-

peratif komplikasyon, 0.5 mm'den fazla göz içi lens de-santralizasyonu, daha önce geçirilmiş göz içi cerrahisi ya da üveit, vitreoretinal ya da korneal hastalık varlığı, göze travma hikayesi ve gözü etkileyebilecek herhangi bir sistemik hastalık varlığı olarak belirlendi. Hastalar iki gruba ayrıldı; 1. grupta, sferik SN60AT yerleştirilen 20 göz ve 2. grupta, asferik SN60WF yerleştirilen 14 göz vardı. Her iki GİM aynı fiziksel özelliklere sahipti: ikisi de hidrofobik akrilik olup, tek parçalı dizaynda, keskin kenarlı 6.0 mm optikli, aynı refraktif indekte (1.55), loop dizaynları, materyalleri ve toplam uzunlukları aynı idi (Tablo-1). Aralarındaki fark ise, her iki optik yüzeyi eşit olarak bikonveks olan SN60AT sferik iken, SN60WF'nin arka yüzeyinin asferik yapıda olmasıydı.

Tüm ameliyatlar aynı cerrah tarafından (BSA), topikal anestezi altında yapıldı. Temporal korneal tünel tercih edildi ve 5.0 mm'lik kapsüloleksis tamamlandı. Hidrodiseksiyon sonrası, nükleus emülsifiye edilerek irrigasyon ve aspirasyonla kortikal materyal temizlendi. GİM Monarch II enjektörü ile kapsül içine implante edildi. GİM'nin santralize olmasına özen gösterildi.

Oküler yüksek düzey aberasyonlar cerrahiden en az 2 ay sonra, Nidek OPD Scan ile 6.0 mm'ye büyütülmüş pupillalarda 6. düzey Zernike polinomları kullanılarak ölçüldü. Dilatasyon için, ölçümden 20 dakika önce 1 damla tropikamid damlatıldı. Tüm gözlerde, tilt, coma, trefoil, tetrafoil, sferik aberasyon ve sekonder astigmat için ortalama root-mean-square (RMS) değerleri ölçüldü ve sonuçların Student's t-test ve Mann Whitney U test kullanılarak istatistiksel analizi yapıldı. Ayrıca, iki grup arasında, yaş, aksiyel uzunluk, GİM gücü ve korneal kurtür istatistiksel olarak karşılaştırıldı. 0.05'den küçük p değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Her iki gruptaki hastaların özellikleri Tablo-2'de özetlendi. Ortalama takip süresi açısından iki grup arasında istatistiksel fark bulunmadı. Birinci grupta cerrahi sonrası ortalama takip süresi  $4.9 \pm 2.1$  ay (2-6 ay arasında) iken, 2. grupta  $4.2 \pm 0.8$  ay (2-8 ay arasında) olarak bulundu. Birinci gruptaki hastaların yaş ortalaması  $72.2 \pm 4.2$  iken, 2. gruptakilerin  $67.5 \pm 9.2$  olarak bulundu; iki grup arasında yaş açısından istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Birinci gruptaki GİM gücü ortalama-

**Tablo 1:** Acrysof IQ SN60WF ve Acrysof Natural SN60AT göz içi merceklerin özellikleri

Özellikler	Acrysof IQ SN60AT	Acrysof SN60AT
Optik yüzey	Asferik arka yüzey	Eşit olarak bikonveks
Optik dizayn	Keskin kenar	Keskin kenar
Optik çap	6.0 mm	6.0 mm
Optik materyal	Hidrofobik akrilik	Hidrofobik akrilik
Refraktif indeks	1.55	1.55
Loop dizaynı	Tek parçalı GİM	Tek parçalı GİM
Loop materyali	Hidrofobik akrilik	Hidrofobik akrilik
Toplam çap	13 mm	13 mm

**Tablo 2:** Hastaların özellikleri.

Characteristics	Acrysof SN60AT	Acrysof IQ SN60WF
Göz sayısı	20	14
Erkek/Kadın	3/7	3/4
Ortalama yaş±SD,yıl	72.2±4.2	67.5±9.2
Ortalama takip süresi±SD, ay	4.2±0.8	4.9±2.1
Ortalama GİM gücü ±SD, D	22.4±3.8	21.6±3.7

GİM: Göz İçi Mercek, SD: Standart Deviyasyon, D: Dioptr, (Her hastanın iki gözü de çalışmaya dahil edilmiştir).

**Tablo 3:** Ortalama yüksek düzey aberasyonlar (HOA).

Mean HOAs(RMS)	Acrysof SN60AT	Acrysof IQ SN60WF
Toplam yüksek düzey aberasyon±SD	2.31±1.18	1.62±0.62
Tilt±SD	1.12±0.71	0.46±0.21
Koma ±SD	0,43±0.32	0.20±0.11
Trefoil ±SD	0,60±0.34	0.31±0.16
Tetrafoil ±SD	0.35±0.47	1,02±0,73
Sferik aberasyon±SD	0.31±0.21	0,93±0,81
Sekonder astigmat±SD	0.31±0.42	0.15±0.10

RMS: Root Mean Square, SD: Standart Deviyasyon.

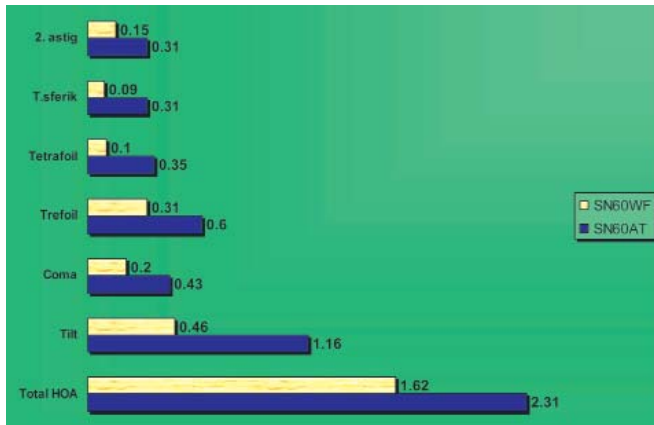
sı 22.4±3.8 iken, 2. grupta ortalama 21.6±3.7 olarak bulundu, her iki grup arasında bu fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmedi.

Her iki grup için yüksek düzey aberasyonların tek tek ve toplam değerleri Tablo-3'de özetlendi. Birinci grupta, yüksek düzey aberasyonların ortalama RMS değeri 2.31±1.18 idi, bu grupta tilt, koma, trefoil, tetrafoil, sferik aberasyon ve sekonder astigmat için ortalama RMS değerleri ise sırasıyla 1.12±0.71, 0.43±0.32, 0.60±0.34, 0.35±0.47, 0.31±0.21, ve 0.31±0.42 olarak bulundu. İkinci grupta, toplam yüksek düzey aberasyonların ortalama RMS değeri 1.62±0.62 idi, bu grupta tilt, koma, trefoil, tetrafoil, sferik aberasyon ve sekonder astigmat için ortalama RMS değerleri ise sırasıyla 0.46±0.21, 0.20±0.11, 0.31±0.16, 1.02±0.73, 0.93±0.81 ve 0.15±0.10 olarak bulundu. İki grup arasındaki aberasyon karşılaştırması grafikte sunuldu. İki grup arasında, tilt, tetrafoil ve sferik aberasyon açısın-

dan istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu(p<0.05 Student's t-test ve Mann Whitney U test). Sferik SN60AT GİM grubunda daha fazla miktarda aberasyon olduğu görüldü.

## TARTIŞMA

Asferik lensler, pseudofakik gözlerde korneanın pozitif sferik aberasyonunu dengelemek için dizayn edilmiştir. Bu nedenle, asferik Acrysof IQ SN60WF implante edilen gözlerde, sferik Acrysof SN60AT implante edilen gözlerle göre daha az sferik aberasyon beklenmektedir. Bizim çalışmamız da bu fikri desteklemektedir. Çalışmamızda iki GİM arasında tilt ve tetrafoil gibi yüksek düzey aberasyonlar açısından da bazı farklılıklar tespit ettik. Acrysof SN60AT grubunda daha fazla tilt ve tetrafoil bulduk. Tilt; Zernike sınıflama şemasında first radial order denilen düşük düzey aberasyona denk gelen ve distorsiyondan çok, pozisyonadaki kaymayı gösteren prizmatik bir hatadır. Tetrafoil de aynı şekilde SN60AT grubunda daha fazla olarak bulundu, ancak bu aberasyonun görme kalitesindeki düşüşe daha az etki ettiği bilinmektedir. Görme kalitesini en çok düşürdüğüne inanılan aberasyon sferik aberasyon olarak bildirilmiştir.<sup>17-19</sup> Piers ve ark., adaptif bir optik sistem kullanarak, sferik göz içi mercek implante edilmiş pseödo-fakik gözlerdeki oküler sferik aberasyonun düzeltilmesiyle, görme keskinliği kadar kontrast duyarlılığın da düzeldiğini göstermişlerdir.<sup>17</sup> Yamani ve ark. LASİK cerrahisi geçirmiş gözlerde sferik aberasyonla, kontrast duyarlılık arasında negatif korelasyon saptamışlardır.<sup>18</sup> Ayrıca, Casprini ve ark., pseödo-fakik gözlerde skotopik durumlarda sferik aberasyonla glare (kamaşma) arasında ilişki saptamışlardır.<sup>19</sup> Bizim çalışmamızda iki grup arasında sferik aberasyon açısın-



**Grafik:** İki grup arasında ortalama yüksek düzey aberasyonların karşılaştırılması.

sından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur; asferik SN60WF GİM grubunda beklenenden daha az sferik aberasyon görülmüştür.

Çalışmamızda, skotopik durumların simülasyonu için, yüksek düzey aberasyonları 6.0 mm'ye genişletilmiş pupillalarda ölçtük. Bazı çalışmalarda, asferik GİM'lerinin glare düşürücü etkilerini daha iyi gösterebilmek için aberasyonlar hem küçük hem de geniş pupillalarda ölçülmüştür.<sup>20,21</sup> Bizim çalışmamızda, küçük pupillalarda ölçüm alınmadı ancak, pupillalar büyüyünce glare ve sferik aberasyon daha fazla olduğundan, daha önceki çalışmalarla uyumlu olacak şekilde asferik GİM'lerinden beklenen sonuçları elde ettik.

Asferik GİM'lerinin desantralizasyonu sonucu oluşacak tilt ve coma konusunda bazı endişeler bulunmaktadır.<sup>22-24</sup> Altmann ve ark. yaptığı bir başka çalışmada, desantralizasyon sonucu oluşan aberasyon miktarı en az nötral sferik GİM'lerinde sonra da sırasıyla sferik ve asferik olanlarda bulunmuştur.<sup>25</sup> Dietze ve Cox'un yaptığı bir çalışmada ise asferik GİM'lerindeki 0.5 mm'den fazla kayma, sferik olanlara göre daha fazla aberasyona yol açmaktadır.<sup>26</sup> Bizim çalışmamızda, sferik SN60AT grubunda daha fazla tilt bulunmuştur. Biyomikroskopik muayenemizde herhangi bir GİM'inde 0.5 mm'den fazla desantralizasyon saptamakla birlikte, tilt'in ölçüm miktarı kesin olarak ancak Scheimpflug görüntülemesiyle yapılabilmektedir. Bu nedenle, asferik GİM'nin desantralizasyonu, sferik olana göre daha fazla tilt ve coma aberasyonuna yol açar düşüncesi ya da endişesi, bizim çalışmamızda geçerli olmamıştır. Coma aberasyonu açısından her iki grup arasında fark bulunmamıştır.

Daha önceki bazı çalışmalarda, ön prolate yüzeyle asferik Technis GİM diğer konvansiyonel sferik GİM'leriyle, yüksek düzey aberasyonlar açısından karşılaştırılmıştır.<sup>27,28</sup> Bu çalışmalarda Technis göz içi merceği daha iyi sonuçlar vermiş olsa da karşılaştırılan GİM'lerinin refraktif indeksi, optik materyali ve tüm dizayn özelliklerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu özellikler de aberasyon ve kontrast duyarlılık karşılaştırılması için karıştırıcı ve etkileyici öğeler olabilmektedir. Bu etkileyen öğeleri azaltmak için, çalışmamızda arka optik yüzeyinin farklı olması dışında aynı platforma sahip ve aynı fiziksel özellikleri olan iki ayrı GİM'ni karşılaştırmayı uygun bulduk.

Sonuç olarak, asferik Acrysof SN60WF GİM'nin implantasyonu, konvansiyonel sferik GİM'ne göre daha az sferik aberasyona yol açmaktadır. Yüksek sferik aberasyon değerleri düşük görme fonksiyonuyla ilişkilendirildiği için.<sup>17,19</sup> Acrysof SN60WF aberasyonları azaltmak için daha uygun bir seçim olabilir. Bu yeni teknoloji GİM'lerinin görme fonksiyonuna ve kalitesine etkilerini daha iyi anlayabilmek için, daha büyük ölçekli çalışmalar yapılmalı ve kontrast duyarlılık testleri de eklenmelidir:

## KAYNAKLAR/REFERENCES

- Hemenger RP, Tomlinson A, Caroline PJ.: Role of spherical aberration in contrast sensitivity loss with radial keratotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1989;30:1997-2001.
- Gücükoğlu A.: Görme ve değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci.* 2007;3:1-8.
- Tang CY, Charman WN.: Effects of monochromatic and chromatic oblique aberrations on visual performance during spectacle lens wear. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1992;12:340-349.
- Applegate RA, Hilmantel G, Howland HC, et al.: Corneal first surface optical aberrations and visual performance. *J Cataract Refract Surg.* 2000;16:507-514.
- Marcus S.: Aberrations and visual performance following standart laser vision correction. *J Cataract Refract Surg.* 2001;17:596-601.
- Negishi K, Ohnuma K, Hirayama N, et al.: Policy-Based Medical Services Network Study Group for Intraocular Lens and Refractive Surgery. Effect of chromatic aberration on contrast sensitivity in pseudophakic eyes. *Arch Ophthalmol.* 2001;119:1154-1158.
- Guirao A, Porter J, Williams DR, et al.: Calculated impact of high-order monochromatic aberrations on retinal quality in a population of human eyes. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2002;19:620-628.
- Amano S, Amano Y, Yamagami S et al.: Age related changes in corneal and ocular high-order wavefront aberrations. *Am J Ophthalmol.* 2004;137:988-992.
- El-Hage SG, Berny F.: Contribution of the crystalline lens to the spherical aberration of the eye. *J Opt Soc Am.* 1973;63:205-211.
- Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P.: Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2002;19:137-143.
- Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, et al.: Changes in corneal wavefront aberrations with aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40:1351-1355.
- Glasser A, Campbell MC.: Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. *Vision Res.* 1998;38:209-229.
- Glasser A, Campbell MC.: Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Res.* 1999;39:1991-2015.
- Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, et al.: A new intraocular lens design to reduce spherical aberration in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2002;18:683-691.
- Munoz G, Alberran-Diego C, Montes-Mico R et al.: Spherical aberration and contrast sensitivity after cataract surgery with the Tecnis Z9000 intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:1320-1327.
- Thibos LN.: The optics of wavefront sensing. *Ophthalmol Clin North Am.* 2004;17:111-117.
- Piers PA, Fernandez EJ, Manzanera S, et al.: Adaptive optics simulation of intraocular lenses with modified spherical aberration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004;45:4601-4610.
- Yamane N, Miyata K, Samejima T, et al.: Ocular higher-order aberrations and contrast sensitivity after conventional laser in situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004;45:3986-3990.
- Casprini F, Balestrazzi A, Tosi GM, et al.: Glare disability and spherical aberration with five foldable intraocular lenses: a prospective randomized study. *Acta Ophthalmol Scand.* 2005;83:20-25.
- Kasper T, Bühren J, Köhnen T.: Individual comparison of higher-order aberrations after implantation of aspherical and spherical intraocular lenses as a function of diameter. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:78-84.
- Awward ST, Lehmann JD, McCulley JP, et al.: A comparison of higher order aberrations in eyes implanted with Acrysof IQ SN60WF and Acrysof SN60AT intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol.* 2007;17:320-326.
- Taketani F, Matuura T, Yukawa E, et al.: Influence of intraocular lens tilt and decentration on wavefront aberrations. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:2158-2162.
- Taketani F, Yukawa E, Ueda T et al.: Effect of tilt of 2 acrylic intraocular lenses on high-order aberrations. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:1182-1186.
- Oshika T, Kawana K, Hiraoka T et al.: Ocular higher-order wavefront aberration caused by major tilting of intraocular lens. *Am J Ophthalmol.* 2005;31:744-746.
- Altmann GE, Nichamin LD, Lane SS, et al.: Optical performance of 3 intraocular lens designs in the presence of decentration. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:574-585.
- Dietze HH, Cox MJ.: Limitations of correcting spherical aberration with aspheric intraocular lenses. *J Cataract Refract.* 2005;21: 541-546.
- Belluci R, Scialdone A, Buratto L et al.: Visual acuity and contrast sensitivity comparison between Tecnis and Acrysof SN60AT intraocular: a multicenter randomized study. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31: 712-717.
- Belluci R, Morselli S, Pucci V.: Spherical aberration and coma with an aspherical and spherical intraocular lens in normal age-matched eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:203-209.