

Mavi Işığın Süzen Göz İçi Mercekleri

Blue-Light Filtering Intraocular Lenses

Banu ÖNCEL¹, Yonca AKOVA²

ÖZ

Göz içi merceklerinin (GİL) yerleştirildiği yaşlı katarakt olgularının yaşam beklentisi uzamakta ve GİL'ler pediatrik katarakt gibi yaşam beklentisi daha da uzun olan olgularda kullanılmaktadır. Yaşam beklentisinin uzaması ışık hasarına karşı daha koruyucu olan mavi ışığı süzen lenslerin kullanılmasını artırmıştır. Yapılan çalışmalar bu lenslerin renkli görme, görme keskinliği, kontrast duyarlılık, skotopik görme ve günlük döngü üzerine olumsuz etkisi olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Göz içi merçeği, mavi ışığı süzen lens, UV filtre eden lens.

ABSTRACT

The life expectancy of elderly cataract patients is increasing and intraocular lens (IOL) implantation is performed in pediatric cataract patients who will have an even longer life expectancy. Longer life expectancy has increased the implantation of blue-filtering IOLs, which are more protective against the harmful effects of light. Studies showed that these IOLs have no negative effect on visual acuity, contrast sensitivity, color vision, scotopic vision, or circadian rhythm.

Key Words: Intraocular lens, blue-light filtering lens, UV-filtering lens.

GİRİŞ

Yaşlı popülasyonda görmeyi azaltan en sık neden katarakt olup bu olgularda görme rehabilitasyonunun sağlanması için günümüzde yapılması gereken en ideal tedavi şekli küçük kesili katarakt cerrahisi ve cerrahi sırasında göz içi merçeği (GİL) yerleştirilmesidir. Katarakt cerrahisindeki gelişmeler ve böylece cerrahinin daha erken yaşlarda uygulanabilmesi, katarakt cerrahisi sırasında GİL yerleştirilen olguların yaşam beklentisinin uzaması, pediatrik katarakt olgularında GİL kullanımı, refraktif lens değişimi gibi başka endikasyonlarda genç olgulara GİL'lerinin artan sıklıkta yerleştirilmesi ve bu olguların katarakt cerrahisi geçiren olgulara göre daha da uzun olan yaşam beklentisi yerleştirilen GİL'lerinin retinayı ışığın zararlı etkilerinden ne kadar koruduğu konusunu daha önemli hale getirmiştir.

GİL kullanıma girdiğinden beri bu merceklerin ışık filtrasyon özellikleri ve bu özelliklerin önemi üzerinde tartışmalar devam etmektedir.¹⁻³ İlk GİL'leri tüm ultraviyole (UV) ve görünür ışığı geçirerek retinayı direkt ışığa maruz bırakıyorlardı. Ham ve ark. tarafından UV ışınlarının ciddi retinopatiye neden olabileceğinin gösterildiği çalışma bu konuda önemli bir dönüm noktası oluşturmuştur.⁴ Potansiyel retina fotoreseptör hasarını engellemek için 1980'li yıllardan beri yaygın olarak UV blokağı yapan GİL'leri kullanılmaktadır. Laboratuvar ve hayvan çalışmaları kısa dalga boylu görünür ışığa maruz kalmanın yaşa bağlı maküla dejeneresansı (SMD) ve retina hasarı riskini artırdığını göstermektedir.^{5,6} Bu nedenle son zamanlarda UV-koruyucu lenslerin ışık emilim yelpazesinin kısa dalga boylu ışığında (400-480 nm) retinaya ulaşmasını engelleyecek şekilde artırılması desteklenmiştir. Bu nedenle UV blokağı yanında GİL'lerine mavi ışığı süzme özelliği de eklenmesi önerilmiş ve bu özellikte GİL'leri piyasaya sürülmüştür. Bu derlemedeki amacımız mavi ışığı süzen GİL'lerinin laboratuvar ve klinik sonuçlarını son çalışmalar ışığında tartışmaktır.

- 1- M.D. Asistant Professor, Başkent University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, İstanbul/TURKEY
ÖNCEL B., banuoncel@superonline.com
- 2- M.D. Professor, Başkent University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, Ankara/TURKEY
AKOVA Y., yoncaakova@yahoo.com

Geliş Tarihi - Received: 04.10.2011
Kabul Tarihi - Accepted: 12.01.2012
Glo-Kat 2012;7:132-136

Yazışma Adresi / Correspondence Address: M.D. Asistant Professor,
Banu ÖNCEL
Tekin Sokak. Acıbadem Sitesi B Blok Daire 5 Acıbadem, İstanbul/TURKEY
Phone: +90 532 273 43 94
E-Mail: banuoncel@superonline.com

RETİNA IŞIK HASARI

Doğal kristalin lens UV ışığın ve görünür ışığın önemli bir miktarını emerek retinayı ışığın zararlı etkilerinden korumaktadır. Katarakt cerrahisinde kristalin lensin alınıp yerine yeterli ışık emilim yelpazesi olmayan bir GİL yerleştirmenin SMD'yi artırıcı bir risk olabileceği yönünde bir hipotez öne sürülmüştür. Yaşlanan kristalin lens doğal sararmaya ve kesifleşmeye bağlı olarak ışığa daha az geçirgen hale gelir ve genç lenslere göre retinayı mavi ışık hasarından üç kat daha fazla korur.⁷ Işığın retinaya zararlı etkileri laboratuvar ortamlarında gösterilse de etik sebeplerden insan üzerinde çalışılamamıştır.

Epidemiyolojik çalışmalar ışık hasarı ile SMD arasındaki ilişkiyi tam olarak ortaya koyamamıştır.⁸⁻¹³ Bir çalışmada sadece çok düşük antioksidan seviyeleri olan olgularda ışık ve SMD arası bağlantı saptanırken başka bir çalışmada SMD grubuna göre kontrol grubunda daha fazla ışığa maruz kalma saptanmıştır.^{12,13} Bu çalışmalarda ışığın SMD için risk faktörü olduğunu kesin bir şekilde gösterememiştir.

Ancak SMD ile ışık ilişkisinin öne sürüldüğü hipotez katarakt cerrahisinin SMD ilerlemesine etkisi olduğunun gösterilememesi ile önemini biraz yitirmiştir.¹⁴⁻¹⁶ Bu konuda en önemli çalışma AREDS çalışmasıdır ve geniş serili çalışmada olgular cerrahi öncesi ve sonrası 5 yıl izlenmiş ve katarakt cerrahisinin ileri evre SMD riskini artırmadığı görülmüştür.¹⁷

Potansiyel ışık hasarı 25 yaş civarında pik yapar. Yaşlanma ile birlikte pupillanın daralması, kristalin lensin geçirgenliğinin azalması yine yaşla birlikte artan lipofuskin ışık hasarına rağmen potansiyel ışık hasarını azaltır.¹⁸⁻²¹ Fakik ve psödofakik olgular kıyaslandığında 20 D mavi-ışığı süzen GİL takılan 65 ve 75 yaşında psödofak olgularda ışık koruyuculuğu sırasıyla 28 ve 34 yaş fakik olgulara eş bulunmuştur.^{20,22} Ancak SMD olgularının çoğu 60 yaşın üstünde fakik olgulardır.²³

Dolayısıyla SMD mavi ışığa koruyucu özelliği mavi ışığı süzen lenslerden 3 kat yüksek olan kristalin lense rağmen gelişmektedir. Yaşlı kristalin lens SMD'yi engelleyemiyorsa mavi ışığı süzen GİL'lerinin bunu engellemesi mümkün görünmemektedir, ancak kısmi bir koruma sağlamaktadır.

SKOTOPİK GÖRME

Mavi ışığı süzen GİL'leri ile görülebileceği öne sürülen bir problem skotopik veya az ışıkta olan görmeyi azaltmasıdır.^{24,25} Mavi ışık fotopik görmeyi %75'ten sorumlu iken afakik skotopik görmeyi %35'ten sorumludur.³ Mavi ışığı süzen GİL'leri mavi ışığın %40'ını bloke ederken UV bloke eden lensler mavi ışığın %6'sını bloke ederler.

Mainster ve ark.,²⁶ mavi ışığı süzen GİL'lerini sadece UV koruyucu GİL ile karşılaştırılınca mavi koruyucu GİL'leriyle skotopik duyarlılıkta %14-21 azalma tespit etmişlerdir. Bu nedenle mavi ışığı süzen GİL'leri karanlıkta görmeyi selektif olarak azaltabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak bu duyarlılık azalmasının gerçek önemi çok tartışmalıdır.

Kiser ve ark.,²⁷ mavi koruyucu filtre ile yaptıkları çalışmada skotopik görme fonksiyonunda anlamlı fark olmadığını ve mavi filtrenin klinik olarak önemli bir etki ve risk oluşturmadığını belirtmişlerdir. Daha önemlisi çoğu mavi ışığı süzen GİL'leri ışığın geçişini 70 yaşında kristalin lensten daha fazla etkilememektedir. Başka bir çalışmada mavi ışığı süzen lenslerin ışık geçirgenliği ölçülmüş ve hepsinde mavi ışık geçirgenliğinin 75 yaşında kristalin lensten daha fazla olduğu saptanmıştır.²

Başka bir çalışmada ise çoğu mavi ışığı süzen GİL'nin ışık geçirgenliği doğal kristalin lense yakın bulunmuştur.²⁸ UV koruyucu lenslere göre daha fazla ışığı emse de mavi ışığı süzen GİL'leri katarakt cerrahisi sonrası artmış ışık geçirgenliğine sebep olurlar.

RENKLİ GÖRME VE KONTRAST DUYARLILIK

Mavi ışığı süzen lenslerin sık kullanımı renkli görme ve kontrast duyarlılık üzerine etkileri olup olmadığı sorusunu akla getirmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu lenslerin görme performansına anlamlı negatif etkileri olmadığı yönünde birçok bilgi elde edilmiştir.^{24,29-32} Yapılan çalışmalarda sarı boyanmış mavi koruyucu gözlük camlarının görme netliğini artırdığı ve fotopik ve mezopik durumlarda glare oranını azalttığı gösterilmiştir.³³

Yuan sarı boyanmış mavi ışığı süzen GİL'lerinin de aynı avantajlara sahip olduğunu göstermiştir.³⁴ Randomize ve kontrollü olarak düzenlenen bu klinik çalışma 60 kataraktlı olgu üzerinde yapılmıştır.³⁰ Olguluk kontrol grubuna standart UV koruyucu GİL, 30 olguya ise sarı boyama ilave edilmiş UV koruyucu GİL yerleştirilmiştir. Sarı boyalı lens (Hoya Tokyo, Japan) UV koruyuculuğu yanında 400-500 nm'lik aralıkta mavi ışığı da bloke etme özelliğine sahiptir. Bu çalışmada sarı boyalı lensler ile düşük ve orta frekanslarda renkli görmeyi etkilemeden kontrast duyarlılıkta anlamlı artış tespit edilmiştir.

Sarı boyalı lensler ameliyat sonrası görme iyileşmesini negatif yönde etkileyen fotofobi ve siyanopsi sıklığını azaltmıştır. Sarı boyalı lenslerle sağlanan daha iyi görme iki nedene bağlanmıştır. Rayleigh kuralına göre dağılan radyasyon yoğunluğu ışığın dalga boyunun 4. gücü ile ters orantılıdır.³⁵ Böylece sarı boyalı lensler dağılmayı azaltarak daha az glare ve dolayısıyla kontrast duyarlılıkta artışa neden olmaktadır.

Ayrıca bu lenslerin mavi ışığı bloke ederek fotoreseptör fizyolojik reaksiyonlarını güçlendirmek yoluyla da fotoreseptör reaksiyon süresini geliştirdiği gösterilmiştir.³⁶ Bu nedenle bu lensler kontrast duyarlılığı artırırken ameliyat sonrası görülen fotofobi ve siyanopsi riskini azaltabilirler.

Daha geniş randomize prospektif bir çalışmada AcrySof-Natural GİL (mavi ışığı süzen) ve AcrySof tek parçalı GİL (mavi ışığa süzme fonksiyonu yok) implante edilen olgular karşılaştırılmıştır. İki yüz doksan sekiz hasta (147 AcrySof, 150 AcrySof-Natural) renkli görme, görme keskinliği ve kontrast duyarlılık açısından ameliyat sonrası ilk 180 gün ve 1. yılda incelenmiştir. İki grup arasında bu üç parametre açısından anlamlı fark saptanmamıştır.³⁰

Benzer bir çalışmada bir göze Hoya AF-1(UV) GİL (mavi ışığı süzme fonksiyonu yok) bir göze Hoya AF-1 (mavi ışığı süzen (UY)) GİL takılan olgularda renkli görme, görme keskinliği, kontrast duyarlılık açısından yine benzer sonuçlar elde edilmiştir.³⁷

Yine bu iki lensin aynı kişinin birer gözüne uygulandığı başka bir çalışmada kontrast görme ve görme keskinliği farkı bulunmasa da mavi renk persepsiyonunda istatistiksel olarak anlamlı azalma tespit edilmiştir. Ancak bu azalma normal sınırlar içinde olup renkli görmede subjektif bozukluk yaratmamaktadır.³⁸

Altıparmak ve ark.,³⁹ yaptıkları bir çalışmada mavi ışığı geçirmeyen sarı pigmentli lens (Alcon AcrySof SN60AT-Natural GİL) ve pigmentsiz GİL (Alcon AcrySof SA60AT) yerleştirilen psödo-fak olguları fotopik, mezopik koşullarda renk algılaması ve mezopik koşullarda kontrast duyarlılık açısından karşılaştırmışlardır.

Sonuç olarak sarı pigmentli GİL yerleştirilen olgularda ideal olmayan şartlarda bile en az pigmentsiz GİL yerleştirilen olgular kadar iyi görsel performans gözlemlenmiştir.

Bir başka çalışmada 27 olguya bir göze mavi ışığı süzen GİL bir göze sadece UV koruyucu GİL takılmış ve olguların 24 derecelik alanda tam eşik kısa dalga boyu otomatize görme alanı (SWAP) (sarı üzeri mavi testi) sonuçları karşılaştırılmıştır. Arada istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.²⁹

Başka bir çalışmada standart görme alanı ile SWAP sonuçları karşılaştırılmış ve mavi ışığı süzen GİL'leriyle konvansiyonel mercekler arasında SWAP ta farklılıklar saptanmıştır.⁴⁰ Bu nedenle özellikle yaşlı olgularda ve mavi ışığı süzen GİL uygulanmış olgularda SWAP uygulaması ve sonuçlarının değerlendirilmesinde daha dikkatli olunması gerekliliği vurgulanmıştır.⁴⁰⁻⁴²

GÜNLÜK (24 SAATLİK) DÖNGÜ (İnsan Vücudundaki İç Saat)

İnsan gözü görmeyen dışında vücut ısısının düzenlenmesi, pupilla refleksi ve günlük vücut ritmi düzenlenmesinde rol almaktadır. Çevre aydınlanması insan sağlığında kritik rol oynamaktadır. Çünkü mavi ışığa hassas retina gangliyon hücreleri hipotalamus'ta bulunan suprakiazmatik çekirdeği de (SCN) içeren birçok görme dışında işlevi olan beyin merkezine çevre aydınlanması hakkında bilgi iletir.⁴³ Çevre ışığı ile ilgili bilgi metabolik hemostaz, uyku uyanıklık döngüleri, hormonların ve nörotransmitterlerin salınımı gibi birçok günlük ritmi yönetir.⁴³

Gözün yaşlanması ve çevre aydınlanma problemleri göze giren ışık miktarını azaltır. Buna bağlı olarak günlük döngüde gelişen problemler yaşlıların depresyon, erken ölüm, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi problemlere daha yatkın olmasına sebep olabilirler. Görmeyen olgular ile erken ölüm arasındaki bağlantı SCN disfonksiyonuna bağlanmaktadır.⁴³

Bin dokuz yüz seksen yılında Lewy ışığa maruz kalmanın melatonin baskıladığını ve bu baskılanmanın uyku düzeni ile alakası olduğunu öne sürmüştür.⁴⁴ Göz hastalıkları özellikle körlük melatonin baskılanmasını azaltarak uyku bozukluklarına yol açabilir.⁴⁵⁻⁴⁸ Ancak ışığın bu etkisi koni ve basillere değil melanopsin bulunduran retina gangliyon hücrelerinin bir kısmına (%1-2) bağlıdır.

Melanopsin ışık kenetlenmesinden sorumlu opsin ışık pigmentidir.⁴⁹⁻⁵¹ Melanopsin yaklaşık 480 nm mavi ışıkla en fazla uyarılır ve 420 nm de bile hala anlamlı emilim gösterir.⁵² Mavi ışığı süzen GİL ile bloke edilen ışık ile melanopsini uyaran ışık yelpazesi hemen hemen aynıdır.

Yaşlılarda derin uyku daha azdır, uyku süreleri daha kısadır ve gündüz uyuklamaları daha fazladır. Bu daha az ışık geçiren lense bağlı olabileceği gibi prostat ve genitoüriner sistem kaynaklı sık uyanmaya bağlı lens dışı nedenlerden de kaynaklanabilir.⁵³ Katarakt cerrahisi sonrası kataraktlı lens yerine yapay mercek yerleştirilmesi retinaya giren ışığı artırarak yaşlı olgularda görülen depresyon ve uyuşukluğu azaltabilir diye düşünülmüştür.

Mavi ışığı süzen GİL'lerinin sadece UV koruyucu lenslere göre %28-38 daha az melatonin baskılanmasına neden olduğu ve bu durumun günlük döngünün bozulması için bir risk faktörü olabileceği ileri sürülmüştür.³ Melatonin baskılanması UV koruyucu GİL'lerine göre az olmakla birlikte hafif düzeyli bir katarakt ile karşılaştırıldığında daha fazladır. Lens sararması ve kesifleşmesi gibi yaşa bağlı değişiklikler yaşlı bir kişinin gençlerle kıyaslandığında 10 kat daha az ışığa maruz kalmasına neden olur.⁵⁴

Bu lenslerle görülen melatonin baskılanmasındaki azalma zaten yaşlı olgularda katarakt nedeniyle hali hazırda mevcut olan ve giderek artacak olan baskılanmayı göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Bu açıdan bakılınca ameliyat sonrası günlük döngüde mavi ışık süzen GİL ile anlamlı değişiklik olması olası gözükmemektedir.

Landers ve ark.,³⁰ yaptıkları araştırmada konvansiyonel ve mavi ışığı süzen lens uygulanan olgular arasında uyku alışkanlığı farklılığı olmadığını sonucuna varmışlardır.

Bir başka çalışmada ise her iki gözüne mavi koruyucu veya konvansiyonel lens takılan olgularda uyku kalitesi ve bozuklukları açısından değerlendirilmiş ve iki grup arasında fark bulunmamıştır.⁵⁵

Herlijevic ve ark.,⁵⁶ bir grup genç ve yaşlı olguyu mavi ışığa kontrollü bir şekilde maruz bırakarak bu olgularda noktürnal melatonin seviyelerini ölçmüşlerdir. Yaşlılarda 456 nm kısa dalga ışığa maruz kalma sonrasında gençlere göre anlamlı oranda daha az melatonin baskılanması olduğunu göstermişlerdir. Bu sonucu katarakt gelişimine bağlamışlardır.

Mainster viyole ışık (400-440) koruyucu lensleri (AMO Optiblue, SofPort AO Violet Shield) önermiştir. Bu lenslerin melatonine bağlı uyku döngülerini etkilemeden ve az ışıkta düşük görme yaratmadan gözü kısa dalga boylu ışığın zararlı etkilerinden koruyacağını öne sürmüştür.³

Sonuç olarak yapılan çalışmalar mavi ışığı süzen GİL'lerinin kontrast duyarlılık, renkli görme, görme keskinliği, skotopik görme ve uyku düzeni üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını göstermektedir. SMD'ye karşı koruma özelliği ise son çalışmalarla önemini biraz kaybetmiş görünmektedir.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Mainster MA, Sparrow JR. How much blue light should an IOL transmit? Br J Ophthalmol 2003;87:1523-9.
2. Mainster MA. Intraocular lenses should block UV radiation and violet but not blue light. Arch Ophthalmol 2005;123:550-5.
3. Mainster MA. Violet and blue light blocking intraocular lenses: photoprotection versus photoreception. Br J Ophthalmol 2006;90:784-92.
4. Ham WT Jr, Mueller HA, Sliney DH. Retinal sensitivity to damage from short wavelength light. Nature 1976;260:153-5.
5. Grimm C, Wenzel A, Williams T, et al. Rhodopsin-mediated blue-light damage to the rat retina: effect of photoreversal of bleaching. Invest Ophthalmol Vis Sci 2001;42:497-505.
6. Hafezi F, Marti A, Munz K, et al. Light-induced apoptosis: differential timing in the retina and pigment epithelium. Exp Eye Res 1997;64:963-70.
7. Van Norren D, van de Kraats J. Spectral transmission of intraocular lenses expressed as a virtual age. Br J Ophthalmol 2007;91:1374-5.
8. The Eye Disease Case-Control Study Group. Risk factors for neovascular age-related macular degeneration. Arch Ophthalmol 1992;110:1701-8.
9. Taylor HR, West S, Munoz B, et al. The long term effects of visible light on the eye. Arch Ophthalmol 1992;110:99-104.
10. Tomany SC, Cruickshanks KJ, Klein R, et al. Sunlight and the 10 year incidence of age related maculopathy: the Beaver Dam Eye Study. Arch Ophthalmol 2004;122:750-7.
11. Arnarsson A, Sverrisson T, Stefansson E, et al. Risk factors for five-year incident age-related macular degeneration: the Reykjavik Eye Study. Am J Ophthalmol 2006;142:419-28.
12. Fletcher AE, Bentham GC, Agnew M, et al. Sunlight exposure, antioxidants and age related macular deeneration. Arch Ophthalmol 2008;126:1396-403.
13. Darzins P, Mitchell P, Heller RF. Sun exposure and age related macular degeneration. An Australian case-control study. Ophthalmology 1997;104:770-6.
14. Sutter FK, Menghini M, Barthelmes D, et al. Is pseudophakia a risk factor for neovascular age-related macular degeneration? Invest Ophthalmol Vis Sci 2007;48:1472-5.
15. Xu L, Li Y, Zheng Y, et al. Associated factors for age related maculopathy in the adult population in China: the Beijing eye study. Br J Ophthalmol 2006;90:1087-90.
16. Baatz H, Darawsha R, Ackermann H, et al. Phacoemulsification does not induce neovascular age-related macular degeneration. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:1079-83.
17. Chew EY, Sperduto RD, Milton RC, et al. Risk of advanced age-related macular degeneration after cataract surgery in the Age-related Eye Disease Study: AREDS report 25. Ophthalmology 2009;116:297-303.
18. Yang Y, Thompson K, Burns SA. Pupil location under mesopic, photopic and pharmacologically dilated conditions. Invest Ophthalmol Vis Sci 2002;43:2508-12.
19. Barker FM, Brainard GC. The direct spectral transmittance of the excised human lens as a function of age (FDA 785345 0090 RA). Washington, DC, U.S. Food and Drug Administration 1991.
20. Mainster MA, Turner PL. Retinal phototoxicity in the aging pseudophakic and phakic eye. J Cataract Refract Surg 2009;35:209-10.
21. Mainster MA, Turner PL. Intraocular lens spectral filtering in Steinert RF (ed). Cataract Surgery: Technique, complications, and management. London, UK, Saunders, ed 3, pp: 477-486.
22. Mainster MA, Turner PL. Blue-blocking intraocular lenses myth or reality? Am J Ophthalmol 2009;147:8-10.
23. Evans JR, Fletcher AE, Wormald RP. 28.000 cases of age related macular degeneration causing visual loss in people aged 75 years and above in the United Kingdom may be attributable to smoking. Br J Ophthalmol 2005;89:550-3.
24. Schwiegerling J. Blue light absorbing lenses and their effect on scotopic vision. J Cataract Refract Surg 2006;32:141-4.
25. Werner JS. Night vision in the elderly: consequences for seeing through a blue filtering intraocular lens. Br J Ophthalmol 2005;89:1518-21.
26. Mainster MA. Blue-blocking intraocular lenses and pseudophakic scotopic sensitivity. J Cataract Refract Surg 2006;32:1403-4.
27. Kiser AK, Deschler EK. Visual function and performance with blue-light blocking filters in age-related macular degeneration. Clin Experiment Ophthalmol 2008;36:514-20.
28. Brockmann C, Schulz M, Laube T. Transmittance characteristics of ultraviolet and blue-light-filtering intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2008;34:1161-6.

29. Kara-Junior N, Jardim JL, de Oliveira Leme E, et al. Effect of the AcrySof Natural intraocular lens on blue-yellow perimetry. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1328-30.
30. Landers J, Tan TH, Yuen J, et al. Comparison of visual function following implantation of AcrySof Natural intraocular lenses with conventional intraocular lenses. *Clin Experiment Ophthalmol* 2007;35:152-9.
31. Marshall J, Cionni RJ, Davison J, et al. Clinical results of the blue-light filtering AcrySof Natural foldable acrylic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2319-23.
32. Rodriguez-Galietero A, Montes-Mico R, Munoz G, et al. Blue-light filtering intraocular lens in patients with diabetes: contrast sensitivity and chromatic discrimination. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2088-92.
33. Yap M. The effect of a yellow filter on contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt* 1984;4:227-32.
34. Yuan Z, Reinach P, Yuan J. Contrast sensitivity and color vision with a yellow intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 2004;138:138-40.
35. Van den Berg TJ. Light scattering by donor lenses as a function of depth and wavelength. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:1321-32.
36. Kinney JA, Schlichting CL, Neri DF, et al. Reaction time to spatial frequencies using yellow and luminance-matched neutral goggles. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:132-8.
37. Wirtitsch MG, Schmidinger G, Prskavec M, et al. Influence of blue-light-filtering intraocular lenses on color perception and contrast acuity. *Ophthalmology* 2009;116:39-45.
38. Mester U, Holz F, Kohlen T, et al. Intraindividual comparison of a blue-light filter on visual function: AF-1 (UY) versus AF-1 (UV) intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:608-15.
39. Altıparmak UE, Aslan BS, Duran S. Mavi ışık filtre eden göz içi mercek ile görsel performans. *Glo-Kat* 2007;2:83-7.
40. Jang SY, Ohn YH, Kim SW. Effect of yellow-tinted intraocular lenses on short-wavelength automated perimetry. *Am J Ophthalmol* 2010;150:243-7.
41. Ho J. Comment on effect of yellow-tinted intraocular lenses on short-wavelength automated perimetry. *Am J Ophthalmol* 2011;151:380.
42. Jang SY, Kim SW. Reply to comment by HO JC on effect of yellow-tinted intraocular lenses on short wavelength automated perimetry. *Am J Ophthalmol* 2011;151:380-1.
43. Turner PL, Mainster MA. Circadian photoreception: ageing and the eye's important role in systemic health. *Br J Ophthalmol* 2008;92:1439-44.
44. Lewy AJ, Wehr TA, Goodwin FK, et al. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* 1980;210:1267-9.
45. Tabandeh H, Lockley SW, Batters R, et al. Disturbance of sleep in blindness. *Am J Ophthalmol* 1998;126:707-12.
46. Moseley MJ, Fouladi M, Jones HS, et al. Sleep disturbance and blindness. *Lancet* 1996;348:1514-5.
47. Lockley S, Tabandeh H, Skene D, et al. Day-time naps and melatonin in blind people. *Lancet* 1995;346:1491.
48. Lamberg L. Blind people often sleep poorly; research shines light on therapy. *JAMA* 1998;280:1123-4.
49. Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 2002;295:1070-3.
50. Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci* 2001;21:6405-12.
51. Thapan K, Arendt J, Skene DJ. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, noncone photoreceptor system in humans. *J Physiol* 2001;535:261-7.
52. Lucas RJ, Douglas RH, Foster RG. Characterization of an ocular photopigment capable of driving pupillary constriction in mice. *Nat Neurosci* 2001;4:621-6.
53. Buysse DJ, Browman KE, Monk TH, et al. Napping and 24-hour sleep/wake patterns in healthy elderly and young adults. *J Am Geriatr Soc* 1992;40:779-86.
54. Charman WN. Age, lens transmittance the possible effects of light on melatonin suppression. *Ophthalmic Physiol Opt* 2003;23:181-7.
55. Landers JA, Tamblin D, Perriam D. Effect of a blue-light-blocking intraocular lens on the quality of sleep. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:83-8.
56. Herljevic M, Middleton B, Thapan K, et al. Light-induced melatonin suppression: age-related reduction in response to short wavelength light. *Exp Gerontol* 2005;40:237-42.