

DERLEME / REVIEW

Blue Cut Kaplamaların Göz Sağlığına Etkileri

Zeynep IŞIK KARADOĞAN ¹¹ Atatürk Üniversitesi, Hınıs Meslek Yüksekokulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü Optisyenlik Programı, Erzurum, Türkiye. **ORCID:** 0000-0001-5083-6816

ÖZET

Son yıllarda artan ekran süresi, göz hastalıklarını ve göz hassasiyetini artırmaktadır denebilir. Bu sebeple bireyler, ışık kirliliğinin gözleri üzerindeki etkilerine karşı giderek daha dikkatli ve özenli olmaya başlamıştır. Özellikle akıllı telefonların, tabletlerin kullanımı ve iş yaşamında bilgisayar kullanım süresinin artışı mavi ışığa maruziyeti artırmakla birlikte gözlerde çeşitli hastalıklara da sebep olmaktadır. Görünür spektrumda dalga boyu 415 nanometre (nm) ile 455 nm arasında olan kısa dalga mavi ışık olarak nitelendirilebilir. Mavi ışık, göz ışığı hasarıyla yakından ilişkilidir. Bu yüksek enerjili mavi ışık, kornea ve mercek yoluyla retinaya geçerek göz kuruluğu, katarakt, yaşa bağlı makula dejenerasyonu gibi hastalıklara neden olmakta, hatta beyni uyarak, melatonin salgılanmasını inhibe edip adrenokortikal hormon üretimini artırarak hormonal dengeyi bozmakta ve uyku kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle mavi ışıkların oküler üzerindeki etkisi gelecek için önemli bir endişe haline gelmektedir. Belirtilen bu sebeplerden ötürü bu çalışmada mavi ışığın göze verdiği zararları azaltmayı amaçlayan Blue Cut kaplamaların göz sağlığı üzerindeki etkileri üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Blue Cut kaplama, göz sağlığı, optisyenlik.

The Effects of Blue Cut Coatings on Eye Health

ABSTRACT

It can be said that increasing screen time in recent years increases in eye diseases and eye sensitivity. For this reason, individuals have become increasingly careful and attentive to the effects of light pollution on their eyes. In particular, the use of smartphones, tablets and the increase in computer usage time in business life increase exposure to blue light and cause various diseases in the eyes. In the visible spectrum, the short wave with a wavelength between 415 nm and 455 nm can be characterised as blue light. Blue light is closely associated with eye light damage. This high-energy blue light passes through the cornea and lens to the retina and causes diseases such as dry eye, cataract, age-related macular degeneration, and even disrupts the hormonal balance by stimulating the brain, inhibiting melatonin secretion and increasing adrenocortical hormone production, and directly affects sleep quality. Therefore, the effect of blue rays on ocular health is becoming an important concern for the future. For these reasons, this study will focus on the effects of Blue Cut coatings, which aim to reduce the damage caused by blue light to the eye, on eye health.

Keywords: Blue Cut coating, eye health, opticianry.

1. Giriş

İnsan gözü farklı doku özelliklerine sahip olmakla birlikte dalga boyu <300 nanometre (nm) olduğunda ışık, göz üzerinde farklı nüfuz etme etkilerine sahiptir. Bunun yanında 300 ila 400 nm arasındaki bir dalga boyu korneaya nüfuz edebilir ve iris ya da gözbebeği tarafından emilebilir. 415 ile 455 nm arasında ve yüksek enerjili kısa dalga olan mavi ışık ise göz için en zararlı olanlardan biridir. Mavi ışığa bağlı göz rahatsızlıklarının giderek yaygınlaşması ile toplum tarafından mavi ışığın zararlı etkileri gündün güne daha çok fark edilmektedir. Mavi ışığın dalga boyu kısa olduğundan, odak noktası retinanın merkezinde değil, retinanın önünde yer alır. Böylece mavi ışığa uzun süre maruz kalma, görsel yorgunluğun ve miyoplüğün daha kötü bir hâl almasına neden olur. Bunun yanı sıra çift görme ve konsantrasyon olamama gibi belirtiler insanların öğrenme ve çalışma verimliliğini etkileyebilir (1).

Gomes ve Preto (2) çalışmalarında günümüzde, özellikle teknolojik aletlerde bol miktarda mavi ışık açısından zengin ışık kaynağı bulunduğu bahsederek çalışmalarında bir iş yerinde aydınlatma tasarımında yapılması ve yapılmaması gerekenleri incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda Shapiro (3) da çalışmasında Gomes ve Preto (2)'nin çalışmasını destekler sonuçlara ulaşmaktadır. Modern aydınlatma ve elektronik aletlerin kullanımının artmasıyla, mavi ışığa maruz kalınmasının, ultraviyole (UV) ışığa maruz kalma kadar ciddiye alınması gerektiği (2, 3) ifade edilmektedir. Özellikle ergenlik yıllarında ve erken yetişkinlikte gözleri uygun şekilde korumak ve ileri yaşlarda geri döndürülemez kalıcı körlük riskini azaltmada böylelikle uzun bir yol kat edilebileceği de belirtilmektedir (2, 3). Ayrıca hastaların bu konuda eğitmesi ve zararlı mavi ışık kaynaklarına maruz kalma konusunda bilinçli olmaları bağlamında tavsiyelerde bulunulmasının da gerekli hale geldiğini vurgulanmaktadır (3).

Geliş Tarihi/Received: 06.01.2025, Kabul Tarihi/Accepted: 03.11.2025

Sorumlu Yazar

Zeynep Işık Karadoğan, Atatürk Üniversitesi, Hınıs Meslek Yüksekokulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü Optisyenlik Programı, Erzurum, Türkiye.

E-posta: isik.zeynep25@hotmail.com **ORCID:** 0000-0001-5083-6816

Makale herhangi bir bilimsel etkinlikte sunulmamıştır.

Chen ve ark. (4) ise çalışmalarında mavi ışık blokajlı lens için bir ölçüm sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Konunun önemini iyice ortaya çıkardığı düşünülmekle birlikte sistemin temel özellikleri, ortam ışığı girişini önlemek için bir ışık darbe modülatörü ve filtreleme devresi teknolojisi kullanılmasına dayanmaktadır. Bu kapsamda pahalı optik filtreler gerek olmadığı düşünülebilir. Tosini ve ark. (5) çalışmalarında mavi ışığın fizyolojik işlevlerin düzenlenmesi üzerindeki etkilerine ve mavi ışık maruziyetinin göz sağlığı üzerindeki olası etkilerine ilişkin mevcut bilgileri özetleyerek derlemiştir. Heiting (6) ise çalışmasında mavi ışığın iyi ve kötü yanlarını ele alarak hem göz için zararlarını ortaya koymuş hem de gelecekte yaşanabilecek sorunlara vurgu yapmıştır. Bunun yanında göz için zararlı olmayan mavi ışığa dair açıklamalar da yapmıştır.

Shuker ve Ali (7) çalışmalarında 12 yaşına kadar olan çocuklarda cep telefonunun biyofiziksel etkinliğini değerlendirmiştir. Çalışmaya 50 çocuk katılmıştır. Hastalardan hassas ölçümler elde etmek için kullanılan birçok optik cihaz (Snellen çizelgesi, otorefraktometre, retinoskop vb.) kullanılmıştır. Gerekli istatistiksel yöntemler ve testler yapıldıktan sonra, en fazla etkiye sahip faktörün cep telefonu cihazlarını kullanma saati olduğu ve 6-8 yaş arasındaki çocukların yoğun bir şekilde cep telefonu kullanıcısı olduğu ortaya çıkmıştır.

Konu ile ilgili en önemli deneysel çalışmalardan biri Ueda ve ark. (8) tarafından yapılmış olup çalışmanın amacı, mavi ışık ve ultraviyole kesme filtresinin (mavi filtre) sürekli spektrumlu bir kaynak tarafından kısa dalga boyulu retinal pigmentli epitelyumun (Retinal Pigment Epithelium, RPE) hasar eşiğini azaltabileceğini göstermektir. İki rezüs maymunu ve altı sinomolgus maymununun sağlıklı gözleri 20, 24, 27.4, 30, 35, 45, 50 ve 60 J/cm² enerji yoğunluklarında maküler ışınlamaya tabi tutulmuştur. Enerji yoğunluğu değerleri mavi filtreden önce ölçülmüştür. Lezyonlar, maküler ark içinde 2,8 mm çapındaki bir bölgenin ışınlanmasından önce, 2 ve 30 gün sonra ölçülmüştür. Ölçümler funduskopi, floresan anjiyografi ve Heidelberg Retinal Tomografi (HRT) ünitesi tarafından uzun dalga boyu taraması şeklindedir. Oluşturulan lezyonlar skorlanmış ve mavi ışık yayan diyotun (Light-emitting diode, LED) (NSPB500S, Nichia, Tokushima, Japonya) ışınım enerjisi yoğunluğu ile karşılaştırılmıştır. 20 J/cm²'deki maruziyet 2 veya 30 günde tespit edilebilir bir sonuç üretmezken, 35 J/cm²'deki maruziyet mavi filtre olmadan kesin lezyon üretimi göstermiştir. Filtre eklendiğinde küçük bir değişiklik ortaya çıkmıştır. 60 J/cm²'de filtre olmadan kapsamlı, ağır, kalıcı hasar var iken filtreyle de hasar görülmüş ancak bu hasar filtre sayesinde önemli ölçüde azaltılmıştır. Bu bulgular filtre ile ışığın zayıflatılmasının maruziyet neticesinde oluşan hasarı azalttığı sonucunu güçlü bir şekilde desteklemektedir. Bu deneysel sistem normal insan göz yaşlanması ve sürekli spektrum ortamı ışınımı için yararlı bir modeldir denebilir.

Görünür ışığın retinaya ve pigmentli destekleyici dokuya zarar verebileceği iyi bilinmektedir. Özellikle mavi ışık, retina ışık hasarı riskini artırır. Ayrıca, LED'lerden gelen sürekli spektrumlu mavi ışığın normal genç rhesus maymunlarında retinalar için bir tehlike olduğunu gösterir (9). Maruziyetten 30 gün sonra yapılan histolojik incelemeler, 60 J/cm²'den fazla mavi LED ışınımının fotoreseptör hücrelerinin disklerinde belirgin bir bozulmaya, RPE apikal villuslarına zarar verdiğini ve RPE melaninini azalttığını göstermektedir.

Yine Ueda ve ark. (8) tarafından yapılan çalışmada üç periyodik ölçüm ve kayıt vardır. Bir dizi ölçüm ve kayıt, maruziyetten iki gün

önce, maruziyetten iki gün sonra ve maruziyetten 30 gün sonra tamamlanmıştır. Gözler %2 fenilefrin hidroklorik asit (Hydrochloric acid, HCl) ile genişletilmiş ve akomodasyon tropicamide topikal damlalarla kontrol edilmiştir. Kornea kalitesini korumak için kontakt lensler takılmıştır. Perifovea merkezli 30°'lik bir alanı kapsayan renkli fundus fotoğrafları, Zeiss F serisi klinik fundus kamerası kullanılarak çekilmiştir. Aynı fundus kamerası, dizilenmiş florescein anjiyogramlarının üretimi için uygun uyarıcı ve bariyer filtreleriyle kullanılmıştır. Floresceinin (0,3 ml, %10) hızlı (safen ven) enjeksiyonundan önce kırmızı içermeyen fotoğraflar, fundus kamerasının arka modifikasyonu olan Cannon Elektro-Optik Sistem (Electro-Optical System, EOS) dijital kamera ile çekilmiştir. Aynı sistem daha sonra, erken dolunun 0,8 sn ve 5 sn aralıklarla kaydedildiği ve geç faz fotoğraflarının 3 dakikada sona erdiği floresan karelerini kaydetmek için kullanılmıştır.

Fotoğraflama tamamlandığında, merkezi retinanın tomogramları konfokal, taramalı HRT ile dijital olarak elde edilmiştir. Her tomogram, referans amaçlı mavi ışık maruziyet bölgesi, fovea ve optik diskin bir kenarını içeren 20°'lik bir alanın z eksenine 10 µm'lik artışlarla 32 birleştirilmiş konfokal dilimden oluşmaktadır. Lezyonlar görüldüğünde, lezyonlarla ilişkili lif tabakası yüksekliği değişikliklerini değerlendirmek için lezyon bölgesinden ortalaması alınmış yansıyan ışık tomogramının z eksenini profilleri alınmıştır. Lezyon sonuçları, pozlamalar hakkında bilgisi olmayan deneyimli bir gözlemci tarafından bir defada değerlendirilmiştir. Geç florescein anjiyogramları, fundus fotoğrafları ve 2. ve 30. gün HRT lezyon sonuçları güçlü (++) , hafif (+) ve zayıf (-/+) olarak derecelendirilmiştir.

60 J/cm² pozlamadan sonra renkli fundus fotoğraflarına göre lezyon bölgesindeki renk sağ gözlerde (filtre yok) değişmiş, ancak sol gözde (filtreli) 2. ve 30. günlerde değişmemiştir. 60 J/cm² maruziyetinin geç floresan sonucu, sağ gözde (filtre yok) 2. ve 30. günde lezyon boyutlarına eşit bölgesel hiperfloresan göstermiştir. Sol göz (filtreli) maruz kalan bölge, iki günde net bir floresan ve 30. günde minimal bir floresan kalıntısı göstermiştir. 35 J/cm²'de (maymun CA9V), floresan boyası sağ göz (filtre yok) için 2. günde hafif ama geç bir floresan göstermiştir. Floresan anormalliği sağ göz (filtre yok) için 30 günlük görüntüde gözlenmemiştir. Görünüşte maruz kalan bölge, sol gözde (filtreli) 35 J/cm² maruziyetten 2 veya 30 gün sonra gözlenmemiştir. HRT görüntüleri, 60 J/cm² pozlamadan sonra sağ gözde (filtre yok) iki günde bir lezyonun kanıtını göstermektedir. Sağ gözdeki (filtre yok) HRT, 2 günde ve 30 günde şaşırıcı derecede küçük bir değişim göstermiştir. Neredeyse tamamen dairesel bir lezyonda pigment göçünün açık kanıtı vardır. Sol göz (filtreli) tepkisi, iki günde yansımada küçük, yerel bir değişiklik olarak gözlemlenmiş ve 30 günde boyutları azalmıştır. Sol gözde (filtreli) 35 J/cm² pozlamadan sonra pozlamadan iki veya 30 gün sonra bir lezyonun HRT kanıtı gözlemlenmemiştir. Enerji yoğunluğu, filtrenin olmadığı optik yolda ölçülmüştür. Filtresiz sağ gözlerde, filtreli sol gözlere kıyasla daha güçlü hasar gözlemlenmiştir (p<0,001).

50 J/cm² maruziyetten sonra sağ gözün (filtresiz) histopatolojik sonuçlarına göre lezyon alanı, reseptör dış segmentlerinde kısmi bir kayıp ve koni iç segment boyutlarında bir azalma göstermektedir ve epitelde çok az pigment kalmıştır. Bu patolojik değişiklikler, hem erken (koroidal veya arteriyel faz) hem de geç floresan anjiyogramlarında 30. günde bölgesel hiperfloresans alanına karşılık gelmektedir. Giderek artan sayıda katarakt cerrahı, yalnızca UV ışığını engelleyen geleneksel intraoküler lensler (Intraocular Lens, IOL) yerine mavi ışığı zayıflatan IOL'leri tercih

etmektedir. Bu sonuçlar, görünür kısa dalga boyulu optik ürünlerin insanların göz sağlığı üzerine olumlu etkide bulunduğunu göstermektedir.

Ele alınan konu ile ilgili önemli bir diğer çalışma da Tatsumoto ve ark., (10) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada amaç prevalansı yüksek ve sıklıkla çalışma çağındaki kişilerde ortaya çıkan birincil bir baş ağrısı olması nedeniyle üretkenliğin azalmasına bağlı olarak sosyal kayıplara yol açan bir hastalık olan migrenin ışık hassasiyetini betimlemektir. Bu kapsamda ganglion hücrelerine ışık uyarımını azaltan Blue Cut for Night (BCN) camı geliştirilmiş ve denekler üzerinde test edilmiştir. Çalışmaya 10 migren hastası katılmıştır. Her katılımcının 4hafta boyunca sadece geceleri BCN gözlük takmaları sağlanmıştır. BCN gözlük kullanmadan önceki ve sonraki baş ağrısı gün sayısı ölçülmüştür. Migrenli 10 hasta sadece 4 hafta boyunca gece boyunca BCN gözlüğü taktığında, bu süre içindeki baş ağrısı günlerinin sayısı gözlük takmadan önceki döneme (8,7±5,03 gün) kıyasla azalma eğilimi (7,0±4,37 gün) görülmüştür. Sonuç olarak içsel olarak ışığa duyarlı retina ganglion hücrelerine (ipRGCs) yönelik ışık uyarımını azaltan BCN camının migren ataklarını azaltmak için bir araç olduğu öne sürülmektedir (11).

1.1. Mavi Işığın Göz Sağlığı Üzerine Etkileri

Konu ile ilgili çalışmalara bakıldığında alanın güncelliğini koruduğu ve yeni çalışmaların yapıldığı görülürken Türkiye'de konu ile ilgili deneysel çalışmaya rastlanmamıştır. Uluslararası literatürde Tatsumoto ve ark. (12), migreni olan hastalarda gece boyunca kullanılan BCN gözlüğün profilaktik tedavisini değerlendirmektedir. BCN gözlüklerin, özellikle migren ataklarını tetikleyebilen ışığa duyarlılığı azaltarak baş ağrısı ile geçen gün sayısını azaltabileceği ve böylece migren ataklarını hafifletmeye yardımcı olabileceği öne sürülmektedir. Çalışma sonuçları, BCN gözlüğün migren ataklarını azaltmada potansiyel bir araç olabileceğini göstermektedir.

Bunun yanında, mavi ışığı engelleyen gözlüklerin genç emmetroplarda renk ayrımı ve kontrast duyarlılığı üzerindeki etkisini inceleyen çeşitli araştırmaları ve yayınları ele almaktadır (13). Akıllı telefon kullanımının artması ve evden çalışma trendiyle birlikte mavi ışığa maruz kalma durumu artmış, bu da mavi ışığı engelleyen lenslere olan talebi yükseltmiştir. Bu tür lenslerin görsel performans, makula sağlığı ve uyku düzeni üzerindeki etkilerini değerlendirirken, bazıları renk algısı ve kontrast duyarlılığında potansiyel değişiklikler olduğunu göstermektedir. Mavi kesim odak noktası lensleri, gözleri güvenli olmayan mavi ışıktan korumak için kullanılır (14).

Görünür spektrumun konumu tam olarak UV ve kızılötesi (IR) radyasyon arasındadır, temel olarak 360 ila 720 nm arasındadır ve kısa dalga boyulu radyasyonu (mavi) veya orta (yeşil) veya uzun (kırmızı) olarak belirtilir (15). Mavi ışık 415 nm'de başlar ve 500 nm'de biter (2). Mavi ışık 415 nm ile 495 nm arasında yer alır, bu nedenle görünür ışık spektrumunun bir parçası olarak kabul edilir (2, 3).

Uzun süre mavi ışığa maruz kalmak fotokimyasal hasara neden olabilir, bu durum yaşa bağlı makula dejenerasyonu (Age-related macular degeneration, AMD) gibi retina patolojilerine neden olabilecek toksik reaktif oksijen türlerinin oluşumunu tetikleyebilir (6).

Göze yaklaşan mavi ışık, gözün önü ile retina arasındaki şeffaf dokular ve sıvılar olan oküler ortama girmelidir. UV radyasyonu üç banda ayrılır: dalga boyu (100 ila 280 nm) olan UV C, dalga boyu (280 ila 315 nm) olan UV B ve 100-400 nm dalga boyu

aralığı için UV A (315 ila 400 nm). UV A'nın ultraviyole ışıktan daha az zararlı olduğunu belirtmek önemlidir. Katarakt ve pterijyum potansiyeli kümülatif UV maruziyetinin sonuçlarından biri olabilir (6, 15).

1.1.1. Mavi Işığın Kornea Üzerindeki Etkileri

Kornea, göz küresinin ön ucunda yer alır ve ışığın gözden geçerken karşılaştığı ilk yapıdır. Bazı çalışmalar, blue-ray ışınlanmasından sonra kornea epitel hücrelerinin sağ kalma oranının azaldığını gösterirken, mavi ışığın kornea epitel hücrelerinde reaktif oksijen türleri (Reactive Oxygen Species, ROS) üretimini artırdığı, ROS-nükleotid bağlayıcı alanı, lösin açısından zengin, pirin alanı içeren-3 (NACHT-, LRR- and Pysin Domain Containing 3, NLRP3)-interlökin (IL)-1β sinyal yolunu aktive ettiği ve NLRP3'ten kaynaklanan hiperozmotik basınç ve IL-1 beta salgılanmasının yukarı regülasyonu ile indüklenen insan kornea epitel hücrelerinin (Corneal Epithelial Cells, HCEC) iltihaplanmasını tetiklediğini göstermiştir. Böylece, aracılık edilen oksidatif hasar ve apoptozis daha fazla oküler iltihaplanmaya ve kseroftalmi oluşumuna yol açar (11, 12). Üstelik, mavi ışığın neden olduğu oksidatif hasarın, serbest radikal eliminasyonu ile ilişkili etkili antioksidan özütüyle azaltıldığı gösterilmiş, böylece kuru göz fare modelinde göz yüzeyinin klinik semptomları iyileştirilmiş ve mavi ışığın kuru göz oluşumuyla ilişkili olduğu doğrulanmıştır (16, 17). Bu nedenle, antioksidanların topikal uygulaması, mavi ışık kaynaklı kuru gözler için bir ilaç seçeneği olarak kullanılabilir. Niwano ve ark. vitro hücre kültürü deneyi kullanarak mavi ışığın kornea epitel hücreleri üzerindeki fototoksitesini tespit etmiştir (18). Sonuçlar, yakın ultraviyole bölgesindeki mavi ışığın, kornea epitel hücrelerinin mitotik fazını doz ve zamana bağlı bir şekilde etkileyebileceğini göstermektedir. Kornea epitelinin epitel tabakasındaki mikrovilluslar, gözyaşı filminin desteğini ve stabilitesini kaybeder ve bu da kuru göz oluşumuna yol açar. Ancak, mavi ışığın kornea üzerindeki etkileri kornea epitel hücreleriyle sınırlı değildir. Mavi ışık ışınımının ayrıca doza ve zamana bağlı olan kornea stromal hücre aktivitesi üzerinde önemli bir inhibitör etkisi vardır. İnhibitör etkilerinin mavi ışığın kornea stromal hücre otofajisi üzerindeki etkisiyle ilişkili olabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda, blue-ray ışınımı bakteriyel keratit tedavisinde de kullanılır. Bakteriyel keratit için riboflavin kornea çapraz bağlama ile birleştirilen 440 nm dalga boyulu mavi ışık, mavi ışığın *Staphylococcus aureus* enfeksiyonunun neden olduğu kornea ülserini etkili bir şekilde kontrol edebileceğini göstermektedir ve gelecekte refrakter kornea ülserleri için bir tedavi olması beklenmektedir. Güvenlik ve uzun vadeli etkinliğin daha fazla araştırılması gerekmektedir (19, 20).

1.1.2. Mavi Işığın Lens Üzerindeki Etkileri

Katarakt, lens opaklığının bir sonucu olan dünya çapında körlüğün önde gelen nedenlerinden biridir (21). 1980'lerin başlarında, insanlar lensin sadece ana optik gücü (diyoptri cinsinden) sağlamadığını, aynı zamanda retina ışık hasarı oluşumunu azaltmak için kısa ışık dalgalarını etkili bir şekilde filtreleyebileceğini fark etmiştir (21). Lens, kısa dalga ışığını emen yapısal proteinler, enzimler ve protein metabolitleri içerir. Bu maddeler ve türevler, lensin proteinine eklenerek lensin proteininde sarı pigmentler üretir ve lensin kademeli olarak koyulaşıp sarıya dönmesine neden olur. Lens tarafından emilen mavi ışık önemli ölçüde artar ve böylece olası mavi ışık retina hasarını engeller (22). Ancak, retina üzerinde koruyucu etkisini gösterdiğinde, lensin şeffaflığında bir azalma veya renk değişimi yaşanması gerekir ve bu da katarakt oluşumuna yol açar. Bilindiği

üzere, güneş ışığına maruz kalmanın katarakt için bir risk faktörü olduğu düşünülmektedir. Çalışmalar, mavi ışığın lens epitel hücrelerinin (hLEC'ler) mitokondrilerinde ROS üretimini indükleyebileceğini ve bunun da katarakt gelişimine yol açabileceğini göstermiştir (23, 24). Ayrıca, oksidatif stres yaşa bağlı kataraktların patogeneğinde önemli bir ortam olarak kabul edilmiştir. Eklene antioksidanların kullanımı, antioksidan savunma sistemlerini oksidatif stresten korumak için makul bir stratejidir ve hLEC'lerde antioksidan enzim ifadelerindeki artışın, hidrojen peroksidin etkilerini azaltmak için doğrudan serbest radikalleri temizlediği bilinmektedir. Apoptozis ve ROS birikimi lensi temiz tutabilir ve katarakt oluşum ve gelişimini yavaşlatabilir (25). Gözde, karotenoid lutein (L) ve zeaksantin (Z) etkili antioksidanlardır ve lenste bulunan tek karotenoidlerdir. Bunlar kısa dalga mavi ışığı emen bileşiklerin özelliklerine sahiptir (26). Araştırma verileri (26), L veya Z'nin lensin proteinlerini, lipitlerini ve DNA'sını oksidatif hasardan koruyabildiğini göstermektedir. Oksidatif stres sırasında, bu antioksidanların redoks durumu iyileştirilebilir ve böylece lens için koruma sağlanabilir (27).

1.1.3. Mavi Işığın Retina Üzerindeki Etkileri

Retina, görme oluşumunun ilk yeridir ve aynı zamanda çeşitli kör edici göz hastalıklarının lezyon yeridir. Körlüğü önlemede retina korunumu önemli bir rol oynar. Mavi ışık, mercekten retinaya nüfuz edebilir ve retinal fotokimyasal hasara neden olabilir. Şu anda, mavi ışığın retina üzerindeki etkileri hakkında uluslararası literatürde nispeten çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte bu alanda yapılan çalışmalar günden güne gelişmektedir denebilir.

1.1.4. Retina Dejenerasyonu Ve Morfolojik Değişiklikler

Mavi ışık ve LED kaynaklı ışınlamanın retina fonksiyonu ve morfolojisi üzerindeki etkileri Kim ve ark. (28) tarafından incelenmiştir. Sonuçlar, elektoretinogramın a ve b genliğinin mavi ışık ışınlanmasından sonra azaldığını göstermiştir. Mikroglia hücrelerinin aktivasyonundan sonra, elektron mikroskobu altında, dış nükleer tabakanın fagositik parçasına göç ettiği görülmektedir. AMD hastalarında, retinanın çubuk şeklindeki hücre ölüm bölgesinin dış nükleer tabakasına sızan birçok aktif mikroglia bulunmuştur (28, 29). Bazı çalışmalar, mavi ışığın, yıllar önce gerçekleşen katarakt ameliyatından sonra AMD oluşumunu ve gelişimini hızlandırabileceğini göstermiştir (28, 29). Ek olarak, tavşan retinalarında mavi ışık kaynaklı oksidatif stres hasarıyla ilgili Nakamura ve ark. (30), tavşan retinalarının 24 saatlik mavi ışık ışınlanmasından sonra normal kontrol grubuyla karşılaştırıldığında fotoreseptör hücrelerinin iç ve dış segmentlerinde düzensizlik olduğunu saptamıştır. Yine Nakamura ve ark. (30) çalışmasında dış retina çekirdekleri ödemli hücrelerde dağılımı, fotoreseptör hücrelerinde ise hafif düzensizlik bulunduğunu saptamıştır (28).

1.1.5. Kan Retina Bariyer Fonksiyonunun Bozulması

Geiger ve ark. (31) ve Jaadane ve ark. (32) çalışmalarında retinal lösin fermuar transkripsiyon faktörünü vahşi fare modellerinde mavi ışık maruziyetinden sonra çubuk hücreleri tarafından domine edilen vahşi farelerle karşılaştırmıştır. Vahşi farelerin retinasının dış nükleer tabakasında büyük miktarda nükleer yoğunlaşma görüldüğü ve tüm konik hücreli farelerin retina çekirdek tabakasında ek ölü koni hücrelerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Makrofajların tam bir tabakası ve aktive edilmiş mikroglia eşliğinde gerçekleşen dış koni hücre ölümünün, tümör nekroz faktörü (Tumor Necrosis Factor, TNF) ve Interleukin-1 (IL-1) dahil olmak üzere çeşitli proinflatuar faktörlerin

salınmasıyla kan retina bariyer fonksiyonu bozulmasına aracılık ettiği gösterilmiştir. Bunun yanında fundus görüntüleme ve optik koherens tomografi (Optical Coherence Tomography, OCT) yoluyla iki fare modelinde de mavi ışık kaynaklı retina ödemi tespit edilmiştir. Proinflatuar faktör salınımının bir sonucu olarak, kan damarlarının geçirgenliği artmış ve bağıışıklık kompleksleri ve lenfotoksin gibi kanın bazı zararlı bileşenleri retinaya atılmıştır (31, 32). Zhao ve ark. (33) hücre ölümünün bir kısmının mavi ışık maruziyetinin doğrudan bir sonucu olmayabileceğini, ancak eksüdat kan bileşenlerinin toksitesinden dolayı olarak kaynaklandığını ve kan bileşeni katılımının kanıtlanabileceğini ileri sürmüşlerdir. İltihaplı yanıtın şiddeti ve fotoreseptör hücre dejenerasyonunun şiddetinin kontrolü, mavi ışığın kan retina bariyerinin yıkılmasından sonra dolaylı olarak iltihaplı reaksiyonlara ve fotoreseptör hücre hasarına neden olabileceğini düşündürmektedir.

1.1.6. Retinanın Oksidatif Stres Hasarı

Lipofuscin, RPE hücrelerinin fagositik ve sindirilebilir çubuklarının ve konik hücrelerinin kalıntısıdır. Yaş ilerledikçe, RPE sekonder enziminin arttığı gözlenmiştir. Parçalanmayan pigmentlerde, oksidatif stres aracılı RPE hücrelerinin apoptozu ve nekrozu yoluyla mavi ışığın güçlü emilimini gösterir (34, 35). Mitokondriler, mavi ışıkla ilişkili oksijen serbest radikallerinin ana hedefleridir. Aerobik koşullar altında, mavi ışık retinal başlatma ve oksidasyon mekanizmasını uyarır, çok sayıda serbest radikali indükler, haberci ribonükleik asit (messenger Ribonucleic Acid, mRNA) ve proteinleri yok eder, fotoreseptör hücreleri ve pigment epitel hücrelerinin nekrozuna neden olur bunun yanında vücudun normal redoks durumunun dinamik dengesini bozar. Şiddetli oksidatif stres koşulları altında, retina ganglion hücreleri (Retinal Ganglion Cells, RGCs) intraoküler aksonlarda ve fotoreseptörlerde çok sayıda mitokondri sunar. Fotoreseptörün iç tabakasının Henle tabakasındaki maküler karotenoidler, 400 ila 480 nm arasında oluşan kısa dalga mavi ışığı emer, böylece mavi ışığın RGCs mitokondrilerine verdiği hasar önemli bir durum olarak karşımıza çıkar (36, 37). Yine Osborne ve ark. (36) ve Olmo-Aguado (37) çalışmalarında geniş reseptör etkileşimli protein (RIP)1/RIP3 aktivasyonunun RGCs ölümünü indüklediğini bunun da Receptor-Interacting Protein (RIP) kinaz inhibitörünün mavi ışık kaynaklı hücre nekrozunu azaltmak için bir nöroprotektif olarak kullanılabileceği yönünde spekülasyonlara yol açtığını belirtir (36, 37). Mavi ışığın retinaya verdiği ışık hasarının mekanizması, Ishii ve Rohrer (38) tarafından "seyirci etkisi" olarak etiketlenmiştir. Çünkü hedeflenmeyen hücrelerde biyolojik etkilere neden olan tek hücreli foto-oksidatif stres tarafından tetiklenmektedir. Mavi ışık, RPE tek hücrelerinde lokal oksidatif stresi uyarır ve aktif bir ROS kaynaklı sinyale neden olur. Radyasyon çevreye hızla yayılırken, Ca²⁺ sinyali bitişik hücrelere yavaş ve düzensiz bir şekilde iletilir. Bu durum da mitokondriyal membran potansiyelinde değişikliklere neden olur. Son olarak, yüksek bazal Ca²⁺ seviyelerinin metabolik özellikleri, RPE hücrelerinde lokalize hücre hasarına yol açar (38). Ek olarak, mavi ışığın retinal pigmentlerin bozunmasına neden olabileceği (38) belirtilmektedir. Cilt hücrelerindeki L tipi kalsiyum kanalı alfa 1D alt biriminin mRNA ve protein ifadeleri hem Damar Endotelial Büyüme Faktörü (Vascular Endothelial Growth Factor, VEGF) hem de temel fibroblast büyüme faktörü konsantrasyonları artmış ve alfa 1D alt birimi protein ifadesi VEGF konsantrasyonu ile pozitif olarak ilişki (39) görülmüştür. Bu nedenle, Li ve ark. (39) alfa 1D alt biriminin RPE hücrelerinde mavi ışık kaynaklı hasarda rol oynayabileceğini ifade eder.

1.1.7. Mavi Işığın Kırılma Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Epidemiyolojik kanıtlar, açık hava etkinliklerinin miyopinin oluşumunu ve gelişimini önleyebileceğini göstermektedir (40), ancak daha düşük miyopi oranının çalışma süresi ve açık hava etkinliklerinin yoğunluğu ile belirgin bir korelasyonu yoktur (41). Ekran okumanın okul çocuklarının görme keskinliği üzerindeki etkisine ilişkin bir araştırma yakın zamanda yürütülmüştür. Sonuçlar, ekran okumanın okul çocuklarında zayıf görmenin oluşumuna ve gelişimine yol açabileceğini ve miyopluğun daha yüksek görülme sıklığının ekran okuma süresinin uzunluğundaki artışla ilişkili olduğunu gösterilmektedir (42). Rucker ve ark. çalışması (43), güneş ışığının çoğu yapay aydınlatıcıdan daha kısa dalga boylu ışık açısından zengin olduğunu ve bunun retinal dopamin salınımı mekanizması üzerine etkili olduğunu öne sürmüştür. Ek olarak, araştırma ayrıca mavi ışığın gelişim sırasında astigmatizmanın azaltılması için gerekli olduğunu da göstermiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler, monokromatik kısa dalga mavi ışığın kobaylarda göz ekseninin ve lens boşluğunun büyümesini engelleyerek göreceli bir hipermetropi ürettiğini göstermiştir (44-46). Ayrıca, miyopinin mavi ışık ışınımından sonra hızla hipermetropiye dönüşebileceği de gösterilmiştir. Bu durum, mavi ışığın refraktif gelişimi etkileyebileceğini ve miyopiyi tersine çevirebileceğini açıklamaya yardımcı olabilir (46). Ek olarak, çalışma, kısa dalga mavi ışığın kobayın refraktif gelişiminde retina koni yoğunluğunu artırmada rol oynadığını göstermiştir, ancak nedenleri kesin ve etkiler de tam anlamıyla belirleyici değildir. Bu sebeple ek çalışmalar yapılması gerekmektedir (47).

1.1.8 Mavi Işığın Sirkadiyen Ritim Üzerindeki Etkileri

Çok sayıda çalışma, mavi ışığın vücut saatini düzenleyebileceğini ve uyanıklığı, hafızayı ve bilişi destekleyebileceğini göstermiştir. Ana mekanizma, mavi ışığın epifiz bezindeki melatonin salgısını uyarması ve bunun da günün saatine bağlı olarak kortizol ekspresyonunu artırıp azaltabilmesi ve insan sirkadiyen ritmini düzenlemesidir (47-50). Uyku kalitesini inceleyen araştırmacılar, katarakt ameliyatından sonra yaşlı insanların uyku kalitesinin bir dereceye kadar iyileştiğini bulmuşlardır. Bunun nedeni, şeffaf yapay kristalin göze daha fazla mavi ışığın nüfuz etmesine izin vermesidir. Böylece mavi ışığın sirkadiyen ritmi düzenleyebileceği doğrulanmıştır. Ancak, mavi ışık aşırı olması durumunda ve özellikle de melatonin üretiminin zirve yaptığı gece saatlerinde, sadece göz yüzeyi yoluyla retinaya zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda beyni uyandırabilir, melatonin salgılanmasını engelleyebilir ve kortikosteroid üretimini artırabilir, böylece hormonal salgıyı yok edebilir ve uyku kalitesini doğrudan etkileyebilir. Daha on yıl önce, bazı bilim insanları çeşitli uyku bozukluklarının görme bozukluğuyla yakından ilişkili olduğunu ve uyku kalitesinin göz hastalıklarıyla ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Uyku bozuklukları kortikosteroid üretiminde artışa neden olur, bu da parasempatik sinir uyarılabilirliğini azaltabilir ve gözyaşı salgısını düşürebilir (49). Böylece göz kuruluğunun ortaya çıkmasına neden olabilir. Aynı zamanda, mavi ışık kaynaklı uyku bozuklukları göz kırpmaya süresinde azalmaya neden olur ve daha uzun bir süre sonra açık gözler gözyaşı buharlaşmasında artışa neden olarak kuru göz semptomlarına yol açabilir. Ek olarak, uyku eksikliğinin vücudun androjen seviyelerini azaltabileceğini göstermiştir. Androjen eksikliğinin göz kapağı bezinin işlevini bozabileceğini, böylece lakrimal lipid tabakasının salgılarını azaltabileceğini ve göz yaşının aşırı buharlaşmasıyla kuru göz semptomlarına yol açabilir.

1.2. Mavi Işık Hasarının Önlenmesi

Çalışma ve yaşam koşullarıyla birlikte insanların yaşam tarzlarındaki değişiklikler sonucu mavi ışığa maruz kalma günden güne artmaktadır denebilir. Bu sebeple mavi ışık hasarının önlenmesi ve kontrolü de giderek daha önemli hale gelmektedir. Bunun sonucu olarak da mavi ışık önleyici veya azaltıcı ürünler her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Mavi ışığı doğrudan ve tek taraflı olarak göz yaralanmasına neden olan bir şey olarak eşitlemek bilimsel değildir ve belirli bir derecede mavi ışık yalnızca karanlık oda kontrolünü iyileştirmekle kalmaz, göz ekseninin büyümesini yavaşlatır, miyopinin oluşumunu ve gelişimini önler ve ayrıca sirkadiyen ritimleri düzenler (36-38). Ayrıca, günlük ışık alımı için belirlenen en kapsamlı standartlara bir referans olarak, bilimsel araştırmalar normal dijital ekranların minimum risk sunduğunu ve ekranların çoğunun standart aralıkta olduğunu göstermiştir, ancak bu yalnızca kısa süreli maruziyetle ilgili bir sonuçtur. Uzun süreli maruziyetten sonra bir dizi anti-blue-ray ölçümü alınması gerekmektedir. Geceleri elektronik cihaz kullanımını en aza indirmeli ve geceleri melatonin salgılanması üzerindeki mavi ışık etkisinden kaçınılmalıdır, böylece iyi bir uyku ve göz dinlenme süresi sağlanabilir (36-38). Ayrıca, geceleri mavi ışık açısından zengin ürünler kullanıldığında, onaylı mavi ışık önleyici gözlükler veya ekran koruyucular mavi ışık kaynaklı hasarı önlemek için iyi bir seçim olabilir. Mavi ışık hasar mekanizması ele alındığında, göz dokusunu korumak için antioksidan baz temizleyiciler, enzim aktivitesi koruyucuları ve optik nöroprotektif ajanlar kullanılabilir, ancak spesifik ilaçlar ve etkileri üzerinde daha fazla çalışılmalıdır.

Özetle, mavi ışık belli bir ölçüde insan gözünün refraktif gelişimini destekleyebilir ve sirkadiyen ritmi düzenleyebilir, ancak insan gözlerinde mavi ışığın neden olduğu zararlı etkiler göz ardı edilmemelidir. Mavi ışık aynı zamanda kornea, lens ve retinaya farklı derecelerde hasar verebilir. Bu nedenle, özellikle geceleri mavi ışıkla ilgili ürünleri kullanırken uygun koruyucu önlemler almak gerekebilir.

Mavi ışık filtreleri, ekranın görünürlüğünü etkilemeden bu cihazlardan yayılan yüksek enerjili görünür ışık (high-energy visible, HEV) olan mavi ışığın gözlere ulaşmasını azaltabilir. Bunun yanında, mavi ışık filtreli bilgisayar gözlükleri dijital cihazlardan kaynaklanan mavi ışık maruziyetini azaltmada da yardımcı olabilir. Ayrıca, iç mekanlarda UV ve mavi ışık filtrelemesi sağlayan, dış mekanlarda konforu artırmak ve parlamayı azaltmak için güneş ışığında otomatik olarak karar veren fotokromik camlar da mavi ışık filtreli camların daha da gelişmiş versiyonu olarak düşünülebilir.

2. Sonuç ve Öneriler

Mevcut literatür taraması sonucunda mavi ışık yayan cihazların kullanımının artması sonucu Blue Cut kaplama ve bu ışık kaynaklarından ortaya çıkan rahatsızlıklarla ilgili çalışma sayısının çeşitlendiğini ve arttığını söylemek mümkündür. Literatür taraması olarak yürütülen bu çalışmada hafıza, uyanıklık, dikkat süresi, tepki süreleri, öğrenme yeteneği ve bilişsel performans mavi ışık altında çok daha iyi performans göstereceğini ancak melatonin salgılanmasını da baskılayabileceğini ifade eder. Bunun yanında artan mavi ışık maruziyetinin göze ve göz içerisindeki yapılara zarar vereceği de yadsınmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda yukarıda zikredilen çalışma sonuçlarına da dayanarak gözlüklerde kullanılacak Blue Cut kaplamaların özellikle mavi ışık maruziyeti altındaki bireylerce

tercihinin göz sağlığı açısından olumlu etkilerde bulunacağı söylenebilir.

Gözleri mavi ışıktan korumak için öncelikli olarak mavi ışıktan mümkün mertebe kaçınmak gerektiği söylenebilir. Günümüz çalışma koşullarında bilgisayar, tablet ve özellikle sosyal hayatın vazgeçilmez olan akıllı telefonlarda mavi ışık korumalı ekran koruyucuların kullanılması önerilebilir. Bunun yanında mavi ışık filtreli gözlüklerin ekran karşısında uzun zaman geçirenler için göz sağlığını korumada bir alternatif olabileceği de düşünülmektedir.

Ayrıca herhangi bir dijital cihaza uzun süre bakmak, mavi ışıkların yüksek enerjili ve kısa dalgalı olması nedeniyle göz yorgunluğuna neden olur ve bu tür ışığı yoğunlaştırmak gerçekten zordur. Bu sebeple mavi ışık maruziyeti fazla olan meslek çalışanlarının göz hekimlerine başvurarak hem göz kuruluğu hem de mavi ışık etkisini azaltmak amacıyla gözlük kullanımına teşvik edilmesi göz yorgunluğunu nispeten azaltabilir.

Blue Cut gözlüklerin en önemli avantajı, güneş ışığını hayati doğru akıma (Direct Current - DC) dönüştürmekten sorumlu olan retina epitelindeki temel dokosaheksaenoik asit (Docosahexaenoic Acid, DHA) yağının zarar görmesini önlemektir. Bundan daha fazlasını engelleyen gözlükler, ışığa karşı özellikle hassas olan kişiler için daha faydalı olabilir. Işığa karşı anormal bir hassasiyet varsa, muayene sırasında ve sonrasında bu özelliğe sahip gözlüklerin tercih edilmesi kullanıcı açısından avantajlar sağlayabilir. Bunların yanında mavi ışık ile ilgili boylamsal çalışmaların yapılması insan sağlığı üzerindeki etkileri daha derinlemesine inceleyebileceğinden bu alanla ilgili çalışma sayısının artırılması gerektiği düşünülmekte ve alanda çalışanların da konu ile ilgili deneysel çalışmalar yapılması önerilebilir.

3. Alana Katkı

Optisyenliğin bir meslek olarak ele alınmasından sonra gündemde olan ve sıklıkla adından söz ettiren optisyenlik ön lisans bölümleri ile ilgili mevcut literatür incelendiğinde alan ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı olduğu ve mevcut literatürün geliştirilmesinin gerekliliği görülmüştür. Günümüzde birçok insanın mağduriyet yaşadığı güncel bir konu olan mavi ışık kesebilen camlara ilgili literatür tarandığında ise herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple konu ele alınarak mevcut çalışma tasarlanmıştır. Hem optisyenlik alanına dikkat çekmek hem de ekran süresi uzayan günümüz insanının mavi ışığa aşırı maruziyet sonucu yaşadığı göz hastalıklarına dikkat çekip çözüm yolları sunabilmek amaçlanmaktadır.

Günümüzde dijital ekranlara maruz kalma süresi artarken, mavi ışığın göz sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Bu bağlamda, Blue Cut kaplamalı gözlük camlarının da popülerliğinin artırmış durumda olduğu söylenebilir. Bu konuda yapılan bu çalışma, hem profesyoneller hem de kullanıcılar için değerli bilgiler sunarak bu alandaki mevcut bilgi birikimine önemli katkılarda bulunabilir. Bu katkılar şu şekilde sırlanabilir;

3.1 Bilgi Eksikliğini Giderme ve Farkındalığı Artırma

Mavi ışık ve Blue Cut kaplamalar hakkında hala birçok yanlış ve eksik bilgi mevcuttur. Bu alanda yapılacak çalışmaların ve niteliklerinin artması, bu yanlış bilgileri düzelterek, bilimsel verilere dayalı doğru bilgiler sunmaya yardımcı olur. Bu sayede, hem göz sağlığı profesyonelleri mavi ışığın gerçek etkilerini ve

Blue Cut kaplamaların faydalarını daha iyi anlayabilir, hem de tüketiciler bilinçli kararlar verebilir.

3.2. Kanıta Dayalı Uygulamaların Teşviki

Piyasada birçok Blue Cut kaplamalı ürün bulunsa da bunların etkinlikleri ve potansiyel yan etkileri hakkında yeterli bilimsel kanıt olduğu söylenemez. Bu kapsamda bu alana dikkat çekmek ve alanla ilgili çalışmaların gereksinimine vurgu yapılmaktadır. Makale, Blue Cut filtresi kullanmanın göz sağlığı üzerindeki etkilerini araştırarak bilimsel bir temele dayanan veriler sunmaktadır. Bu durumda, okuyucuların mavi ışığın potansiyel zararları hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasına yardımcı olabilir.

3.3. Uzun Dönem Etkilerin Araştırılmasına Katkı

Mavi ışığa uzun süreli maruz kalmanın retinal hücreler üzerindeki potansiyel etkileri, özellikle makula dejenerasyonu (sarı nokta hastalığı) gibi ciddi göz hastalıklarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu makale, bu konuda yapılan güncel araştırmaları derleyerek veya yeni araştırmalar için bir temel oluşturarak, Blue Cut kaplamaların uzun dönem göz sağlığı üzerindeki koruyucu etkileri hakkında daha fazla bilgi edinilmesine katkıda bulunabilir. Bu, gelecekteki araştırmalar için yol gösterici olabilir.

3.4. Hasta Eğitimi ve İletişimine Destek

Göz sağlığı profesyonelleri, hastalarına mavi ışık ve Blue Cut kaplamalar hakkında bilgi verirken zorlanabilirler. Bilimsel ve anlaşılır bir makale, bu konuda güvenilir bir referans kaynağı olabilir. Hekimler bu bilgiyi kullanarak hastalarını daha etkili bir şekilde eğitebilir ve onların sorularını doğru ve açıklayıcı bir şekilde yanıtlayabilirler. Ayrıca mavi ışığa maruz kalmanın göz yorgunluğu, uyku bozuklukları ve diğer göz rahatsızlıkları üzerindeki etkileri hakkında bilgilendirici içerikler sunarak, toplumda göz sağlığına yönelik bir farkındalık oluşturabilir.

Teşekkürler

Yok.

Çıkar Çatışması

Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

Yazarlık Katkısı

Fikir/Kavram: ZİK; Tasarım: ZİK; Denetleme: ZİK; Kaynak ve Fon Sağlama: - ; Malzemeler: - ; Veri Toplama ve/veya İşleme: - ; Analiz/Yorum: ZİK; Literatür Taraması: ZİK; Makale Yazımı: ZİK; Eleştirel İnceleme: ZİK.

Finansal Destek

Araştırma için bütçe desteği alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Zhao HL, Jiang J, Yu J, Xu HM. Role of short-wavelength filtering lenses in delaying myopia progression and amelioration of asthenopia in juveniles. *Int J Ophthalmol.* 2017 Aug 18;10(8):1261-1267. DOI: 10.18240/ijo.2017.08.13.
2. Gomes CC, Preto S. Blue light: A blessing or a curse?, *Procedia Manufacturing.* 2015;3:4472-4479. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.459.
3. Shapiro A. Understing and blue light. *Retina Today.* 2016;3:22-23.
4. Chen DC, Huang KL, Lee SL, Wang JT. Blue light blocking lenses measuring device. *Procedia engineering.* 2016;1:140. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.150.

5. Bowen, G. A. Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*. 2019;9(2):27-40.
6. Heiting G. Blue light: it's both bad and good for you. AAV Media LLC. 2017.
7. Shuker MS, Ali ZT. The biophysical efficacy of smart phones on the eyes of children from 3-12 years. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 2020;14(4): 3194-3200.
8. Ueda T, Nakanishi-Ueda T, Yasuhara H, Koide R, Dawson WW. Eye damage control by reduced blue illumination. *Experimental eye research*. 2009;89(6):863-868. DOI: 10.1016/j.exer.2009.07.018.
9. O'leary, Z. (2014). Primary data: surveys, interviews and observation. *The essential guide to doing your research project*, 201-216.
10. Tatsumoto M, Suzuki E, Nagata M, Suzuki K, Hirata K. Prophylactic treatment for patients with migraine using blue cut for night glass. *Internal Medicine*. 2023; 62(6), 849-854. DOI: 10.2169/internalmedicine.0132-22.
11. Melton R. Ultraviolet and blue light. *Review of Optometry* 2014; 151(2): S1.
12. Tatsumoto, M., Suzuki, E., Nagata, M., Suzuki, K., Hirata, K. Prophylactic treatment for patients with migraine using blue cut for night glass. *Internal Medicine*. 2023;62(6): 849-854.
13. Rehman MU, Ullah A, Shehzad S, Shah A. Effect of blue cut glasses on color discrimination and contrast sensitivity in young emmetropes. *Khyber Medical University Journal*. 2024;16(4): 322-7.
14. Sengupta D, Mandal S. Blue cut lenses. A boon to human society. *Journal of Pharmacological Research and Developments*. 2021;3(2):45-51.
15. Abed RI. Study the effect of blue light on the eyes for locally available models. *Al-Nisour Journal for Medical Sciences*.2020; 2(1). DOI: 10.70492/2664-0554.1052.
16. Zheng QX, Ren YP, Reinach PS, Xiao B, Lu HH, Zhu YR, et al. Reactive oxygen species activated NLRP3 inflammasomes initiate inflammation in hyperosmolarity stressed human corneal epithelial cells and environment-induced dry eye patients. *Exp Eye Res*. 2015;134:133-140. DOI: 10.1016/j.exer.2015.02.013.
17. Lee HS, Cui L, Li Y, Choi JS, Choi JH, Li ZR, et al. Correction: influence of light emitting diode-derived blue light overexposure on mouse ocular surface. *PLoS One*. 2016;11(11):167-171. DOI: 10.1371/journal.pone.0161041.
18. Choi W, Lee JB, Cui L, Li Y, Li ZR, Choi JS, et al. Therapeutic efficacy of topically applied antioxidant medicinal plant extracts in a mouse model of experimental dry eye. *Oxid Med Cell Longev*. 2016;16:1-10. DOI: 10.1155/2016/4727415.
19. Makdoui K, Goodrich R, Bäckman A. Photochemical eradication of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* by blue light activation of riboflavin. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(5):498-502. DOI: 10.1111/aos.13409.
20. Wei S, Zhang C, Zhang S, Xu Y, Mu G. Treatment results of corneal collagen cross-linking combined with riboflavin and 440 nm blue light for bacterial corneal ulcer in rabbits. *Curr Eye Res*. 2017;42(10):1401-1406. DOI: 10.1080/02713683.2017.1332767
21. Resnikoff S, Pascolini D, Etya'ale D, Kocur I, Pararajasegaram R. Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull World Health Organ*. 2004;82(11):844-851.
22. Xue L, Bo YU, Hong X. The establishment of a rat model for experimental retinal photic injury and observation of pathological changes in the retina. *Chinese Journal of Optometry & Ophthalmology*. 2003;5(1):29-32.
23. Xie C, Li XY, Tong JP, Gu YS, Shen Y. Effects of white light-emitting diode (LED) light exposure with different correlated color temperatures (CCTs) on human lens epithelial cells in culture. *Photochem Photobiol*. 2014;90(4):853-859. DOI: 10.1111/php.12250.
24. Babizhayev MA. Mitochondria induce oxidative stress, generation of reactive oxygen species and redox state unbalance of the eye lens leading to human cataract formation: disruption of redox lens organization by phospholipid hydroperoxides as a common basis for cataract disease. *Cell Biochem Funct*. 2011;29(3):183-206. DOI: 10.1002/cbf.1737.
25. Bai J, Yang F, Dong L, Zheng Y. Ghrelin protects human lens epithelial cells against oxidative stress-induced damage. *Oxid Med Cell Longev*. 2017;17:1-8. DOI: 10.1155/2017/1910450.
26. Bernstein PS, Khachik F, Carvalho LS, Muir GJ, Zhao DY, Katz NB. Identification and quantitation of carotenoids and their metabolites in the tissues of the human eye. *Exp Eye Res*. 2001;72(3):215-223. DOI: 10.1006/exer.2000.0954.
27. Gao S, Qin T, Liu Z, Caceres MA, Ronchi CF, Chen CY, et al. Lutein and zeaxanthin supplementation reduces H2O2-induced oxidative damage in human lens epithelial cells. *Mol Vis*. 2011;17:3180-3190.
28. Kim GH, Kim HI, Paik SS, Jung SW, Kang S, Kim IB. Functional and morphological evaluation of blue light-emitting diode-induced retinal degeneration in mice. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254(4):705-716. DOI:10.1007/s00417-015-3258-x.
29. Gupta N, Brown KE, Milam AH. Activated microglia in human retinitis pigmentosa, late-onset retinal degeneration, and age-related macular degeneration. *Exp Eye Res*. 2003;76(4):463-471. DOI: 10.1016/S0014-4835(02)00332-9.
30. Nakamura M, Kuse Y, Tsuruma K, Shimazawa M, Hara H. The involvement of the oxidative stress in murine blue LED light-induced retinal damage model. *Biol Pharm Bull*. 2017;40(8):1219-1225. DOI: 10.1248/bpb.b16-01008.
31. Geiger P, Barben M, Grimm C, Samardzija M. Blue light-induced retinal lesions, intraretinal vascular leakage and edema formation in the all-cone mouse retina. *Cell Death Dis*. 2015;6(11):e1985-e1985. DOI: 10.1038/cddis.2015.333.
32. Jaadane I, Villalpando Rodriguez GE, Boulenguez P, Chahory S, Carré S, Savoldelli M, et al. Effects of white light-emitting diode (LED) exposure on retinal pigment epithelium in vivo. *J Cell Mol Med*. 2017;21(12):3453-3466. DOI: 10.1111/jcmm.13255.
33. Zhao L, Ma WX, Fariss RN, Wong WT. Minocycline attenuates photoreceptor degeneration in a mouse model of subretinal hemorrhage microglial inhibition as a potential therapeutic strategy. *Am J Pathol*. 2011;179(3):1265-1277. DOI: 10.1016/j.ajpath.2011.05.042.
34. King A, Gottlieb E, Brooks DG, Murphy MP, Dunaief JL. Mitochondria-derived reactive oxygen species mediate blue light-induced death of retinal pigment epithelial cells. *Photochem Photobiol*. 2010;79(5):470-475. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2004.tb00036.x.
35. Lu B, Zhang PF, Zhou MW, Wang WQ, Gu Q, Feng JY, et al. Involvement of XBP1s in blue light-induced A2E-containing retinal pigment epithelium cell death. *Ophthalmic Res*. 2017;57(4):252-262. DOI: 10.1159/000452282.
36. Osborne NN, Núñez-Álvarez C, del Olmo-Aguado S. The effect of visual blue light on mitochondrial function associated with retinal ganglions cells. *Exp Eye Res*. 2014;128:8-14. DOI: 10.1016/j.exer.2014.08.012.

37. del Olmo-Aguado S, Núñez-Álvarez C, Osborne NN. Blue light action on mitochondria leads to cell death by necroptosis. *Neurochem Res.* 2016;41(9):2324–2335. DOI: 10.1007/s11064-016-1946-5.
38. Ishii M, Rohrer B. Bystander effects elicited by single-cell photo-oxidative blue-light stimulation in retinal pigment epithelium cell networks. *Cell Death Discov.* 2017;3:16071. DOI: 10.1038/cddiscovery.2016.71.
39. Li H, Cai S, Gong X, Wu Z, Lyn J, Su G, Xie B. The effect of blue light on human retinal pigment epithelium cells α 1D subunit protein expression and vascular endothelial growth factor and basic fibroblast growth factor secretion in vitro. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi.* 2014;50(11):814–819.
40. Rose KA, Morgan IG, Ip J, Kifley A, Huynh S. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology.* 2008;115(8):1279–1285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019.
41. Rose KA, Morgan IG, Smith W, Burlutsky G, Mitchell P, Saw SM. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch Ophthalmol.* 2008;126(4):527–530. DOI: 10.1001/archophth.126.4.527.
42. Czepita D, Mojsa A, Ustianowska M, Czepita M, Lachowicz E. Reading, writing, working on a computer or watching television, and myopia. *Klin Oczna.* 2010;112(10-12):293–295.
43. Rucker F, Britton S, Spatcher M, Hanowsky S. Blue light protects against temporal frequency sensitive refractive changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(10):6121–6131. DOI: 10.1167/iops.15-17238.
44. Liu R, Qian YF, He JC, Hu M, Zhou XT, Dai JH, et al. Effects of different monochromatic lights on refractive development and eye growth in guinea pigs. *Exp Eye Res.* 2011;92(6):447–453. DOI: 10.1016/j.exer.2011.03.003.
45. Qian YF, Dai JH, Liu R, Chen MJ, Chu RY. Effect of short-wavelength monochromatic light on refractive development and eye growth in guinea pigs. *Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica.* 2012;20(5):5–8.
46. Foulds WS, Barathi VA, Luu CD. Progressive myopia or hyperopia can be induced in chicks and reversed by manipulation of the chromaticity of ambient light. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(13):8004–8012. DOI: 10.1167/iops.13-12476.
47. Münch M, Nowozin C, Regente J, Bes F, De Zeeuw J, Hädel S, et al. Blue-enriched morning light as a countermeasure to light at the wrong time: effects on cognition, sleepiness, sleep, and circadian phase. *Neuropsychobiology.* 2016;74(4):207–218. DOI: 10.1159/000477093.
48. Zou L, Zhu X, Liu R, Ma F, Yu M, Liu H, et al. Effect of altered retinal Cones/Opsins on refractive development under monochromatic lights in guinea pigs. *J Ophthalmol.* 2018;2018:9197631. DOI: 10.1155/2018/9197631.
49. Gabel V, Reichert CF, Maire M, Schmidt C, Schlangen LJM, Kolodyazhnyi V, et al. Differential impact in young and older individuals of blue-enriched white light on circadian physiology and alertness during sustained wakefulness. *Sci Rep.* 2017;7(1):7620. DOI: 10.1038/s41598-017-07060-8.
50. Scheuermaier K, Münch M, Ronda JM, Duffy JF. Improved cognitive morning performance in healthy older adults following blue-enriched light exposure on the previous evening. *Behavioural Brain Research.* 2018;348:267–275. DOI: 10.1016/j.bbr.2018.04.021.