

N95 MASKE KULLANIMININ RETİNA DAMAR DENSİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ ANJİYOĞRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF THE EFFECT OF N95 MASK USE ON RETINAL VASCULAR DENSITY BY OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY

Sebile ÇOMÇALI¹, Uğur YILMAZ², Raşit KILIÇ³, Çiğdem COŞKUN¹, Cemal ÇAVDARLI¹, Mehmet Numan ALP⁴

¹Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, TÜRKİYE

²Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Denizli, TÜRKİYE

³Gazi Osmanpaşa Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Tokat, TÜRKİYE

⁴Dünya Göz Hastanesi, Ankara, TÜRKİYE

Cite this article as: Çomçalı S, Yılmaz U, Kılıç R, Coşkun Ç, Çavdarlı C, Alp MN. N95 Maske Kullanımının Retina Damar Dansitesi Üzerine Etkisinin Optik Koherens Tomografi Anjiyografi ile Değerlendirilmesi. Med J SDU 2023; 30(3): 532-537.

Öz

Amaç

Sağlık çalışanlarında FFP2/N95 yüz maskesinin oksijen satürasyonu (SpO₂), maküla ve optik disk damar dansitesi üzerindeki etkisinin optik koherens tomografi anjiyografi (OKTA) ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya 19 gönüllü sağlık çalışanının 38 gözü dahil edilmiştir. Tam oftalmolojik muayeneleri yapılmıştır. N95 maske takılmasından hemen önce ve 4 saat süreklili kullanımından hemen sonra oksijen saturasyonunu değerlendirmek için parmak tipi puls oksimetre ve optik disk ile retinal damar dansitelerini değerlendirmek için Angiovue OKTA cihazı kullanılmıştır. Katılımcılardan bu süre içerisinde maskelerini çıkarmamaları istenmiştir. OKTA ile maske takılmadan ve çıkarılmadan hemen önce maküla ve optik disk damar dansiteleri değerlendirilmiştir.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen 19 gönüllünün 15'i kadın, 4'ü erkekti. Ortalama yaş 36,64 ± 9,3 yıldır. Tüm gözlerde Snellen'e göre düzeltilmiş görme keskinliği 20/20

idi ve tümünün göz içi basınç ölçümleri normal sınırlardaydı. N95 maske takılmadan önceki oksijen satürasyonu %97,94 ± 0,8, dört saat kullanım sonrasında ise %96,14 ± 1,8 idi. Maske kullanımı sonrası santral maküla kalınlığında (SMK) anlamlı artış (p<0,001), süperfiyal parafovea ve foveal koryokapillaris damar dansitelerinde maske kullanımı sonrası anlamlı azalma saptandı (p<0,05). Optik disk süperior ve inferior radial peripapiller kapiller pleksus (RPK) damar dansitelerinde ise maske kullanımı sonrası anlamlı artış bulundu (p<0,05).

Sonuç

N95 maske kullanımı sonrası oksijen satürasyonu düşmektedir. Maske kullanımı sonrası CO₂ seviyesinde artış ve O₂ seviyesinde düşüşe cevap olarak retinal ve koroidal vazoreaktivite değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Damar dansitesi, Maküla, N95 maske, Optik disk, Optik koherens tomografi anjiyografi

Abstract

Objective

This study aims to evaluate the effects of FFP2/N95

Sorumlu yazar ve iletişim adresi / Corresponding author and contact address: S.Ç. / sebilecomcali@gmail.com

Müracaat tarihi/Application Date: 20.08.2023 • **Kabul tarihi/Accepted Date:** 05.09.2023

ORCID IDs of the authors:S.Ç: 0000-0003-0596-1452; U.Y: 0000-0002-0187-5381;

R.K: 0000-0001-6671-9067; Ç.C: 0000-0003-2215-306X; C.Ç: 0000-0001-8379-4384;

M.N.A:0000-0001-7357-5399

face mask use on oxygen saturation (SpO₂), macula, and optic disc vessel density through optical coherence tomography angiography (OCTA) in healthcare workers.

Material and Method

A total of 38 eyes from 19 volunteer healthcare workers were included in the study. Complete ophthalmic examinations were performed. Finger-type pulse oximetry measurements were used to assess the oxygen saturation also and Angiovue OCTA used for vascular density measurements before and after 4 hours of continuous N95 mask wear. Participants were instructed not to remove their masks during this period. Macular and optic disc vessel densities were evaluated using OCTA before and immediately after mask application and removal.

Results

Of the 19 participants, 15 were female and 4 were male. The mean age was 36,64 ± 9,3 years. The Snellen-Corrected visual acuity was 20/20 in all eyes, and

intraocular pressure measurements were within normal limits. Oxygen saturation was 97,94% ± 0,8 before N95 mask wear, and 96,14% ± 1,8 after four hours of mask application. Significant increase in central macular thickness (CMT) (p<0,001), and significant decrease in parafoveal vessel densities in the superficial plexus and choriocapillaris in the fovea (p<0,05) were observed after mask usage. Significant increase in vessel densities of the superior and inferior radial peripapillary capillary plexus (RPC) was found after mask usage (p<0,05).

Conclusion

Oxygen saturation decreases after N95 mask usage. Vascular reactivity between the retina and choroid changes in response to increased CO₂ levels and decreased O₂ levels after mask usage.

Keywords: Vessel density, Macula, N95 mask, Optic disc, Optical coherence tomography angiography.

Giriş

SARS-CoV-2 virüsünün hızla yayılması sonucu ortaya çıkan COVID-19 salgını dünyada birçok kişiyi etkilemiş ve kişiler arası bulaşı azaltmak amacıyla maske kullanımı ön plana çıkmıştır. Özellikle sağlık çalışanları önemli bir risk altındadır. Havadaki toksik ve bulaşıcı partiküllerin solunmasını önlemek için en yaygın kullanılan maskeler cerrahi yüz maskeleri ve filtreli yüz maskeleridir (1). Filtreli yüz maskeleri havadaki küçük partikülleri filtreler, kullanıcının yüzüne iyi oturur. Viral enfeksiyonlara maruziyeti azaltmada cerrahi maskelerden daha etkili olduğu bildirilmiştir (2). Avrupa'da solunum maskeleri, üç sınıf tek kullanımlık partikül solunum maskesi olarak sınıflandırılır ve EN 149:2001 Avrupa standardında olmalıdır. FFP1 maskeler en düşük filtreleme özelliğindedir ve 0,3 µm partiküller için en az %80 aerosol filtreler. FFP2 maskeleri ise en az %94 filtrelemeye sahipken, FFP3 maskeleri en güçlü filtreleme yeteneğine sahiptir. ABD' de solunum maskesi koruma sınıflandırması 0,3 µm partiküllerin filtrasyon yüzdesine göre N95, N99 ve N100 maskeleri olarak sınıflandırılmaktadır. N95 maskeler partiküllerin %95'ini, N99 %99' unu ve N100 maskeler %99,97'sini bloke eder. N95 ve FFP2 yaklaşık olarak eşdeğerdir (3-5).

Filtreli yüz maskelerinin yüksek koruyuculuğu yanında özellikle sağlık çalışanlarını zorlayan bazı etkileri mevcuttur. Bu lokal ve sistemik yan etkiler son yıllarda daha fazla araştırılmış, dermatolojik, nörolojik ve psi-

kolojik yan etkiler yanında, sağlıklı bireylerde ventilasyon ve kardiyopulmoner egzersiz kapasitesini azalttığı bildirilmiştir. Oküler yan etkiler arasında ise oküler yüzeyin bozulması, kuru göz ve göz içi basınç artışı yer almaktadır (6-10).

Retinanın vasküler morfolojik ve fizyolojik özellikleri kalp ve beyine benzerdir. Maske kullanımı kan gazı oksijeninin azalması ve karbondioksit (CO₂) retansiyonuna neden olabilmektedir. Bu durum retinal vasküler perfüzyon ve dolayısıyla koroidin vasküler yapısını etkileyebileceğinden, sınırlı sayıda yayın maskelerin retina ve koroid üzerindeki etkilerini araştırmıştır (11, 12). Retina ve koroidin mikrovasküler yapısının yüksek çözünürlüklü, üç boyutlu değerlendirilmesini sağlayan non-invaziv bir tetkik olan OKTA, yüzeyel ve derin kapiller pleksusun haritalanmasına ve damar yoğunluğunun belirlenmesine, foveal mikrovasküler ağda patolojik değişikliklerin gösterilmesine fayda sağlar (13). Bu çalışmada, sağlık çalışanlarında FFP2/N95 yüz maskelerinin maküla ve optik disk damar dansiteleri üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

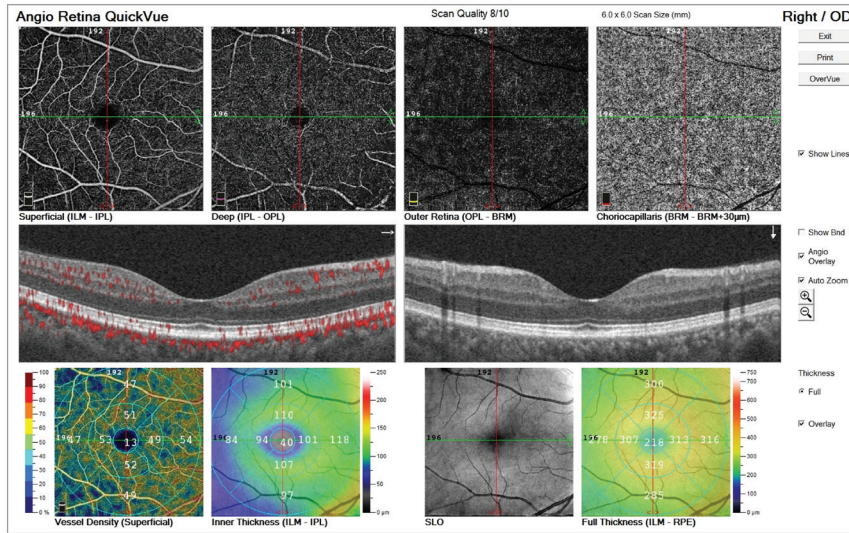
Gereç ve Yöntem

Bu çalışmaya 19 gönüllü sağlık çalışanının 38 gözü dahil edilmiştir. Tüm katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirilmiş ve yazılı onamları alınmıştır. Çalışma Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Etik Kurulu (E1-23-3932) tarafından onaylanmış ve Helsinki Bildirgesi ilkeleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Tüm gönüllülere tam oftalmolojik muayene yapılmıştır. Snellen eşeli ile düzeltilmiş görme keskinliği ölçümü, biyomikroskopide ön segment muayenesi, dilate fundus değerlendirmesi ve göz içi basınç ölçümleri yapılmıştır. Diyabet, sistemik hipertansiyon gibi vasküler sistemi etkileyebilecek herhangi bir sistemik hastalığı olanlar, oküler hastalığı olanlar, sferik ve silindirik eşdeğerleri +3,0 D den büyük olanlar, sistemik veya topikal ilaç tedavisi alanlar çalışma dışı bırakılmıştır. FFP2/N95 (EN 149:2001+A1:2009, Safetouch 2163 FFP2 NR, Altek, Adana, Türkiye) maske takılmasından önce ve 4 saat sürekli kullanımından sonra oksijen satürasyonunu değerlendirmek için parmak tipi puls oksimetre ölçümü ve Angiovue OKTA (Optovue, Fremont, California) cihazı ile ölçümler yapılmıştır.

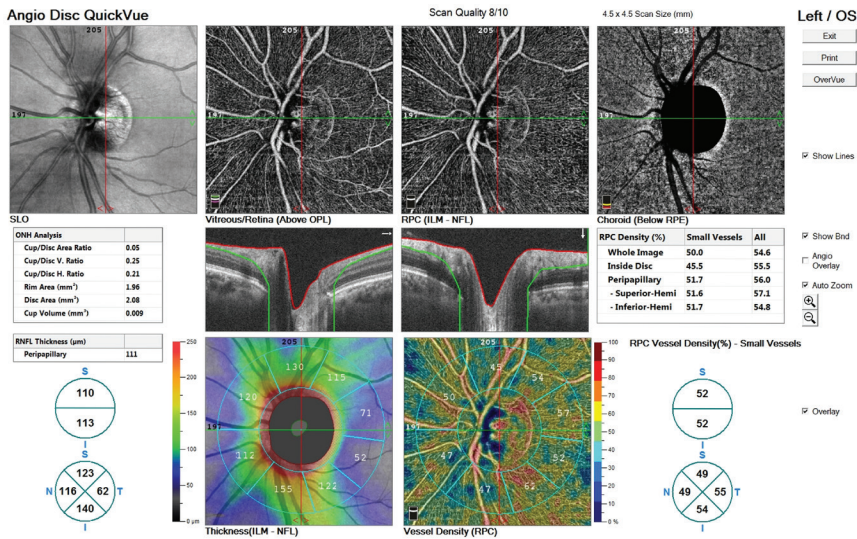
Katılımcılardan bu sürede maskelerini çıkarmamaları istenmiştir.

OKTA ölçümleri için AngioVue OKTA (Optovue, Fremont, California) cihazı kullanılmış ve ölçümler saat 8:00-12:30 aralığında yapılmıştır. AngioVue OKTA cihazı 840 nm dalga boylu bir ışık kaynağı ve 50 nm bant genişliği kullanarak saniyede 70.000 A-tarama hızına sahiptir (14). Maküladaki mikrovasküler yapı 6 × 6 mm ve optik sinir alanındaki mikrovasküler yapı 4,5 × 4,5 mm OKTA ile değerlendirilmiştir (Şekil 1 ve 2). Sinyal gücü ve kalitesi 6/10'un üzerinde olan ölçümler değerlendirmeye alınmıştır. Yüzeysel ve derin vasküler dansite ve koryokapillaris vasküler dansite cihaz tarafından otomatik olarak ölçüm yapılan 5 farklı



Şekil 1

Sağlıklı bir gönüllünün AngioVue 6x6 Maküler OKTA Görüntüleri



Şekil 2

Sağlıklı bir gönüllünün AngioVue 4,5X4,5 Optik Disk OKTA Görüntüleri

noktada değerlendirilmiştir. Bu noktalar santral 1 mm çapındaki fovea alanı ve 1-3 mm arasında bulunan temporal parafovea, üst parafovea, nazal parafovea ve alt parafovea olarak 4 farklı alan belirlenmiştir. FFP2/N95 maske takılmadan önce ve 4 saat sonrasında maküla ve optik disk damar dansiteleri değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışma sonunda elde edilen veriler SPSS (Chicago, IL, USA) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Maske kullanımı öncesi ve sonrasındaki karşılaştırmalar Wilcoxon Signed Ranks testi ile incelenmiştir. Sonuçlar $p < 0,05$ için istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen 19 gönüllünün 15'i kadın, 4'ü erkekti. Ortalama yaş $36,64 \pm 9,3$ yıldır. Tüm gözlerde Snellen'e göre düzeltilmiş görme keskinliği 20/20 idi ve göz içi basınç ölçümleri normal sınırlardaydı (< 21 mmHg). N95 maske takılmadan önceki oksijen saturasyonu $97,94 \pm 0,8$, dört saat sonrasında $96,14 \pm 1,8$ idi. Maske kullanımı öncesi santral maküla kalınlığı (SMK) $245,74 \pm 20,8$ μ iken, maske kullanımı sonrası $248,24 \pm 20,30$ μ idi. SMK'daki artış istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0,001$). Süperfiyal pleksusta parafoveal damar dansitelerinde ve koryokapillaris foveada maske sonrası anlamlı azalma saptandı ($p < 0,05$) (Tablo 1).

Süperior ve inferior radial peripapiller kapiller pleksus (RPK) damar dansitesinde maske kullanımı sonrası anlamlı artış bulundu ($p < 0,05$) (Tablo 2).

Tartışma

FFP2/N95 yüz maskesi viral geçişi belirgin azalttığı için Covid 19 salgını sırasında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu tip maskeler, solunum sırasında O_2 ve CO_2 değişimi üzerinde direnç oluşturarak hipoksi ve hiperkapniye neden olabilmektedir. Literatürde, FFP2 maske kullananlarda kanda belirgin CO_2 retansiyonu bildirilmiştir (15, 16).

Çalışmamızda FFP2 maske kullanımı sonrasında kan O_2 saturasyonunda anlamlı azalma saptadık. Benzer şekilde Sukul ve arkadaşları da çalışmalarında maske kullanımı sonrası O_2 saturasyonunda düşme saptamışlar (17). Rudi ve arkadaşları da başka bir çalışmada FFP2 maske kullanımı sonrasında O_2 saturasyonunda anlamlı azalma bildirmişlerdir (18).

Maske kullanımının koroidal dolaşım üzerine de etkisi araştırılmıştır. Koroidal kan akımında artış koroidal kalınlık artışı ile sonuçlanmaktadır. Durusoy ve arkadaşları çalışmalarında, uzamış N95 maske kullanımının hiperkapni ve sonuçta geçici koroidal kalınlık artışına neden olduğunu saptamışlar (19). Geisser ve arkadaşları da çalışmalarında maske kullanımı son-

Tablo 1 N95 Maske kullanımı öncesi ve sonrası Maküler OKTA Bulguları

	Maske Öncesi	Maske Sonrası	p
CMT (μ)	245.74 \pm 20.830	248.24 \pm 20.30	0.000
SCP foveal VD (%)	18.06 \pm 8.02	17.27 \pm 7.53	0.13
SCP parafoveal VD (%)	47.45 \pm 5.29	45.96 \pm 5.12	0.03
SCP perifoveal VD (%)	47.65 \pm 3.25	47.46 \pm 3.40	0.47
DCP foveal VD (%)	35.47 \pm 7.79	35.06 \pm 8.69	0.54
DCP parafoveal VD (%)	53.27 \pm 4.64	54.5 \pm 4.45	0.10
DCP perifoveal VD (%)	47.76 \pm 5.80	49.03 \pm 6.45	0.13
FAZ area (mm ²)	0.29 \pm 0.10	0.29 \pm 0.12	0.14
FAZ perimetry (mm)	2.05 \pm 0.40	2.09 \pm 0.49	0.49
AI	1.09 \pm 0.02	1.10 \pm 0.05	0.36
FD-300 (%)	51.80 \pm 6.29	51.51 \pm 5.29	0.18
Non-flow area (mm ²)	0.58 \pm 0.19	0.61 \pm 0.28	0.38

AI: acirculatory index; VD: damar dansitesi; DCP: derin kapiller pleksus; FAZ: foveal avasküler zone; CMT: santral maküla kalınlığı; SCP: süperfiyal kapiller pleksus

Tablo 2

Maske Kullanımı öncesi ve sonrası Optik Disk OKTA Bulguları

	Maske Öncesi	Maske Sonrası	p
Whole image VD (%)	49.53±2.88	49.99±2.88	0.15
Inside disk VD (%)	48.36±6.12	47.97±5.69	0.70
Peripapiller VD (%)	52.94±3.11	53.64±3.32	0.02
Nazal VD (%)	54.29±7.17	55.03±6.99	0.20
Inferior VD (%)	53.47±4.64	54.32±5.18	0.22
Temporal VD (%)	51.11±5.61	51.73±6.11	0.08
Superior VD (%)	53.55±4.17	54.38±4.19	0.05
Superior PP VD (%)	53.35±3.21	53.87±3.39	0.03
Inferior PP VD (%)	52.49±3.23	53.39±3.45	0.03

rası koroidal kan akışında artış saptamışlardır (20). Yıldız ve ark. da filtreli yüz maskesi kullanımı sonrası koroid kalınlığında, süperior ve inferior temporal venlerde kalınlık artışı bildirmişlerdir (12).

Bizim çalışmamızda süperfisyel pleksusta (SP) parafoveal damar dansitelerinde (parafovea superior/inferior/temporal ve nazal kadrantlarda) ve koryokapillaris foveada maske sonrası anlamlı azalma saptandı ($p<0.05$). Süperior ve inferior radial peripapiller kapiller pleksus (RPK) damar dansitesinde ise maske sonrası anlamlı artış bulundu ($p<0.05$). Maske kullanımının OKTA ile ölçülen retina damar dansiteleri üzerine etkisini araştıran çalışma sayısı kısıtlıdır. Bir çalışmada, Hua ve arkadaşları da SP para-perifoveal damar dansitelerinde anlamlı azalma saptamışlar, ancak derin pleksus (DP) damar dansitelerinde anlamlı fark bulmamışlardır (11).

Hipoksi, hipovolemi gibi acil durumlarda kalp, akciğer gibi hayati organların yeterince beslenebilmesi için kan akışı daha çok organlara yönlendirilir. Bu nedenle maske kullanımı sırasında gelişen hipoksi ve hiperkapni de özellikle bu etkiyle SP'da bulunan arteriyollerde miyojenik kasılmaya neden olarak damar dansitelerinde azalmaya neden olabilir. DP daha çok kapillerden oluştuğu için çalışmamızda bu tabakadaki vasküler dansitenin etkilenmediğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre FFP2/N95 maske kullanımı O_2 saturasyonunda ve SP damar dansitelerinde anlamlı azalmaya neden oldu, ancak DP damar dansitelerinde anlamlı bir değişim izlenmemiştir.

Teşekkür

Çalışmamıza katılan tüm gönüllü sağlık çalışanlarına teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Etik Kurul Onayı

Çalışma Ankara Bilkent Şehir Hastanesi 1 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı tarafından 16.08.2023 tarih ve E1-23-3932 sayısı ile onaylanmıştır. Çalışmada Helsinki Bildirgesi ilkelerine uyulmuştur.

Bilgilendirilmiş Onam

Çalışmada yer alan tüm bireylerden bilgilendirilmiş onam ve verilerin yayınlaması için yazılı izin alınmıştır.

Finansman

Bu araştırma, kamu, ticari veya kar amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından herhangi bir finansal destek almamıştır.

Verilerin Ulaşılabilirliği

Veriler yazarlardan talep edilebilir.

Yazar Katkıları

SÇ: Çalışmanın planlanması, verilerin işlenmesi, araştırma, metodoloji, görselleştirme, makalenin yazımı, proje yönetimi

UY: Formal Analizler, Metodoloji, Makalenin Yazımı

RK: Çalışmanın planlanması, Metodoloji, Makalenin Düzenlenmesi

ÇC: Araştırma, görselleştirme, Denetim

CÇ: Verilerin işlenmesi, formal analizler, Makalenin Düzenlenmesi

MNA: Metodoloji, Denetim, Makalenin Düzenlenmesi

Kaynaklar

- Liao M, Liu H, Wang X, Hu X, Huang Y, Liu X, et al. A technical review of face mask wearing in preventing respiratory COVID-19 transmission. *Curr Opin Colloid Interface Sci.* 2021; 52:101417.
- Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ. COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2020;395(10242):1973-87.
- Kurt A, Altındal EU. Choroidal thickness changes in healthcare professionals wearing surgical masks or FFP2 masks: Pilot study. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2022;37:102608.
- Lee SA, Hwang DC, Li HY, Tsai CF, Chen CW, Chen JK. Particle Size-Selective Assessment of Protection of European Standard FFP Respirators and Surgical Masks against Particles-Tested with Human Subjects. *J Healthc Eng.* 2016;2016:8572493.
- Li KKW, Joussem AM, Kwan JKC, Steel DHW. FFP3, FFP2, N95, surgical masks and respirators: what should we be wearing for ophthalmic surgery in the COVID-19 pandemic? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020;258(8):1587-89.
- Fikenzer S, Uhe T, Lavall D, Rudolph U, Falz R, Busse M, Hepp P, Laufs U. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clin Res Cardiol.* 2020;109(12):1522-30.
- Ozdemir L, Azizoglu M, Yapıcı D. Respirators used by healthcare workers due to the COVID-19 outbreak increase end-tidal carbon dioxide and fractional inspired carbon dioxide pressure. *J Clin Anesth.* 2020;66:109901.
- Kisielinski K, Giboni P, Prescher A, Klosterhalfen B, Graessel D, Funken S, et al. Is a Mask That Covers the Mouth and Nose Free from Undesirable Side Effects in Everyday Use and Free of Potential Hazards? *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(8):4344.
- Mastropasqua L, Lanzini M, Brescia L, D'Aloisio R, Nubile M, Ciancaglioni M, et al. Face Mask-Related Ocular Surface Modifications During COVID-19 Pandemic: A Clinical, In Vivo Confocal Microscopy, and Immune-Cytology Study. *Transl Vis Sci Technol.* 2021;10(3):22.
- Janicijevic D, Redondo B, Jiménez R, Lacorzana J, García-Ramos A, Vera J. Intraocular pressure responses to walking with surgical and FFP2/N95 face masks in primary open-angle glaucoma patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021;259(8):2373-8.
- Hua D, Xu Y, Heiduschka P, Zhang W, Zhang X, Zeng X, et al. Retina Vascular Perfusion Dynamics During Exercise With and Without Face Masks in Healthy Young Adults: An OCT Angiography Study. *Transl Vis Sci Technol.* 2021;10(3):23.
- Yıldız MB, Balci S, Özçelik Köse A, Yenerel NM, Yıldız HE. Retinal and choroidal vascularity changes in healthcare professionals wearing FFP3 respirators. *Cutan Ocul Toxicol.* 2021;40(2):70-77.
- Falavarjani KG, Sarraf D. Optical coherence tomography angiography of the retina and choroid; current applications and future directions. *J Curr Ophthalmol.* 2017;29(1):1-4.
- Huang D, Jia Y, Gao SS, Lumbroso B, Rispoli M. Optical Coherence Tomography Angiography Using the Optovue Device. *Dev Ophthalmol.* 2016;56:6-12.
- Shein SL, Whitticar S, Mascho KK, Pace E, Speicher R, Deakins K. The effects of wearing facemasks on oxygenation and ventilation at rest and during physical activity. *PLoS One.* 2021;16(2):e0247414.
- Grimm K, Niederer D, Nienhaus A, Groneberg DA, Engeroff T. Blood gas levels, cardiovascular strain and cognitive performance during surgical mask and filtering face piece application. *Sci Rep.* 2022;12(1):9708.
- Sukul P, Bartels J, Fuchs P, Trefz P, Remy R, Rührmund L, et al. Effects of COVID-19 protective face masks and wearing durations on respiratory haemodynamic physiology and exhaled breath constituents. *Eur Respir J.* 2022;60(3):2200009.
- Rudi WS, Maier F, Schüttler D, Kellnar A, Strüven AK, Hamm W, Brunner S. Impact of Face Masks on Exercise Capacity and Lactate Thresholds in Healthy Young Adults. *Int J Sports Physiol Perform.* 2022;17(4):655-658.
- Karatas Durusoy G, Gumus G, Demir G. Evaluation of the effect of n95 face mask used by healthcare professionals on choroidal thickness. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;34:102279.
- Geiser MH, Riva CE, Dorner GT, Diermann U, Luksch A, Schmetterer L. Response of choroidal blood flow in the foveal region to hyperoxia and hyperoxia-hypercapnia. *Curr Eye Res.* 2000;21(2):669-76.