

YOĞUN BAKIM ÜNİTELERİNDE MEKANİK VENTİLASYON ÇIKIŞINDAN KAYNAKLANAN VİRÜS YAYILIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE UV-C STERİLİZASYONUNUN ETKİSİ

EVALUATION OF VIRAL DISPERSION FROM MECHANICAL VENTILATION OUTLETS IN INTENSIVE CARE UNITS AND THE EFFECTIVENESS OF UV-C STERILIZATION

Elif KAĞA¹, Sadık KAĞA², Uğur FİDAN², Ahmet Murat KOYUNCU³, Gizem Fatma ERGÜNER², Abdullah YALÇIN⁴

¹Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

³Afyonkarahisar Devlet Hastanesi, Genel Cerrahi Kliniği

⁴Afyonkarahisar Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmanın amacı, yoğun bakım servislerinde, mekanik ventilasyon cihazlarından kaynaklı aerosol viral yayılımın test edilmesi, virus canlılık parametrelerinin incelenmesi ve UV-C sterilizasyonun etkisinin araştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM: COVID-19 tanısı almış 14 adet gönüllü hastanın bağlı olduğu mekanik ventilasyon cihazı çıkış hattına UV-C sterilizatör entegre edilmiştir. Hasta kaynaklı viral bulaşın tespiti için steril şartlarda filtre örnekleri toplanmıştır. Virolojik Teşhis Laboratuvarı'nda virüs inokülasyonu ve RT-PCR testi yapılmıştır.

BULGULAR: Aşılama testinden elde edilen verilere göre, 'UV açık' ve 'UV kapalı' modlarında kullanılan filtrelerden alınan örneklerde virüs üremesi görülmedi. Bununla beraber hastaların sürüntü örneklerinde, PCR testine göre COVID-19 pozitif çıksa bile, mekanik ventilasyon çıkış hattından elde edilen örneklerde PCR sonucu negatif olarak tespit edilmiştir.

SONUÇ: Çalışma kapsamında COVID-19 tanısı almış 14 gönüllü hastanın bağlı olduğu mekanik ventilasyon cihazının çıkış hattından aerosol virüs tespiti ve aktivite testleri yapıldı. Çalışmada mekanik ventilasyon alan hastaların solunumlarından aerosol virüsünün ortam havasına yayılma riskinin düşük olduğu belirlendi.

ANAHTAR KELİMELE: Yoğun Bakım, Ventilasyon, COVID-19, Ultraviyole.

ABSTRACT

OBJECTIVE: This study aimed to test aerosol-based viral dispersion originating from mechanical ventilation devices in intensive care units, examine virus viability parameters, and investigate the effect of UV-C sterilization.

MATERIAL AND METHODS: A UV-C sterilizer was integrated into the mechanical ventilation device outlet line connected to 14 volunteer patients diagnosed with COVID-19. Filter samples were collected under sterile conditions to detect patient-related viral contamination. Viral inoculation and RT-PCR tests were performed in the Virological Diagnostic Laboratory.

RESULTS: According to the data from the inoculation test, no virus growth occurred in the samples obtained from the filters used in the 'UV on' and 'UV off' modes. However, even if COVID-19 was positive according to the PCR test in the patients' swab samples, the PCR result was detected as negative in the samples obtained from the outlet line of the mechanical ventilation.

CONCLUSIONS: Within the scope of the study, aerosol virus detection and activity tests were performed from the outlet line of the mechanical ventilation device to which 14 volunteer patients diagnosed with COVID-19 were connected. The findings suggest that the risk of aerosolized virus spreading into the ambient air from patients receiving mechanical ventilation is low.

KEYWORDS: Intensive Care, Ventilation, COVID-19, Ultraviolet.

Geliş Tarihi / Received: 11.02.2025

Kabul Tarihi / Accepted: 15.04.2025

Yazışma Adresi / Correspondence: Dr. Öğr. Üyesi Elif KAĞA

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

E-mail: elif.kaga@afsu.edu.tr

Orcid No (Sırasıyla): 0000-0002-2279-6105, 0000-0002-6303-7981, 0000-0003-0356-017X, 0000-0002-4331-2704, 0000-0002-6436-6891, 0000-0001-7732-8213

Etik Kurul / Ethical Committee: Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Etik Kurulu (06.08.2021/2021-426).

GİRİŞ

Sağlık birimlerinin iç hava kalitesi, hastaların ve sağlık personellerinin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Bununla beraber iç mekan kirletici seviyelerinin dış mekan kirletici seviyelerinden 5 ila 100 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir (1). Standartların altında veya eksik havalandırma sistemi havadaki patojen yükünü artırarak kirletebilir. Mekanik ventilasyonun yoğun bakım ünitelerinde havadaki virüslerin yayılmasına neden olduğu ve hastane kaynaklı enfeksiyonlara yol açtığı bildirilmiştir (2).

Yoğun bakım ünitelerindeki hastalar, invaziv prosedürlerin ve indüklenen immün supresyon nedeniyle sağlık hizmeti kaynaklı enfeksiyonlar açısından yüksek risk altındadır. Yoğun bakım ünitesinde en sık karşılaşılan enfeksiyonlar ventilasyon ile ilişkili pnömoni, cerrahi bölge enfeksiyonları, kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları ve kateterle ilişkili idrar yolu enfeksiyonlarıdır (3, 4).

Yoğun bakım ünitesinde uzun süre tedavi gören hastaların %80 kadarı mekanik ventilasyon gerektirir (5). Mekanik ventilation, hastalarda kritik öneme sahip akciğer desteği olmasına rağmen invaziv mekanik ventilasyon patojenik bulaş riski açısından önemli dezavantajlar sunmaktadır. Hastaların invaziv mekanik ventilasyon sırasında, ventilasyon ile ilişkili alt solunum yolu enfeksiyonları, ventilasyon ile ilişkili trake bronşit veya ventilasyon ile ilişkili pnömoni seyrettiği gösterilmiştir (6). Aerosol üreten cihazlar normal solunuma göre ortama daha fazla patojen yayılım riski ortaya çıkarır ve yükseltilmiş önleme tedbirleri gerektirir (7).

H1N1 ve SARS virüsü ile yapılan çalışmalarda ısı ve nem değiştirici (HME) filtreler gibi çeşitli filtrelerin mekanik ventilasyon çıkış hattından çıkan havadaki viral yükü belirli ölçüde azaltıldığı gösterilmiştir (8). Ancak bu filtrelerin gözenek çapları virüs boyutundan oldukça büyük olduğundan belirli bir süre sonra filtreye yakalanmış aerosol damlacıklarının çapları buharlaşmaya bağlı olarak küçülmekte ve bu küçük damlacıklardan serbest hale gelen virüsler mevcut hava akımı ile filtre gözeneklerinden geçerek ortama dağılmaktadır. Bir hastanenin içindeki bir havalandırma sistemine takılı filtrelerin yüzeylerinden

alınan sürüntü örneklerinde ağır akut solunum yolu sendromu koronavirüs-2'nin (SARS-CoV-2) varlığı tespit edilmiştir (9). Bu açıdan standart çalışma protokolüne (SOP) kıyasla, ultraviyole C (UV-C) ışık yayan bir cihazın çevresel bakteri yükünü ve patojenlerin varlığını azaltmadaki etkinliğinin değerlendirilmesi önemlidir (10).

Ultraviyole germisidal ışınlama (UVGI), mikroorganizmaları öldürmek veya etkisiz hale getirmek için özellikle UV-C'yi (180–280 nm) kullanan bir sterilizasyon yöntemidir. UVGI, öncelikle mikroorganizmaların, nükleik asit zincirlerinde siklobutan pirimidin dimerlerinin oluşumuna yol açar ve bu da hücre replikasyonunda kusurlara ve sonunda hücre ölümüne neden olur (11). Bu şekilde DNA materyallerine zarar vererek hayati işlevlerini inaktive eder (12).

Koronavirüs hastalığı (COVID-19), tek sarmallı RNA virüsü olan şiddetli akut solunum yolu sendromu (SARS) koronavirüsünün neden olduğu, yaşamsal risk oluşturan önemli belirtilere sahip bir hastalıktır. Öksürük veya solunum yolu ile bulaşabilmektedir. Hasta kaynaklı viral damlacıklar, yüzeylerde saatlerce yaşayabilir (13).

COVID-19, şiddetli akut solunum yolu sendromu gösteren çok sayıda hasta ile ilişkilidir. COVID-19 pandemisi, hastanelerde hava ve yüzey dezenfeksiyonu için olası uygulamaların geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. SARS-CoV-2 ve diğer çoklu ilaca dirençli mikroorganizmaların ortaya çıkmasıyla, UV-C ışınlaması hastanelerde uygulanan mevcut temizlik protokollerine ek olarak uygulanabilir. Ancak, ilişkili sağlık riskleri nedeniyle UV-C kullanımı güvenli uygulama yöntemleri ile desteklenmelidir (14). Bu çalışmada COVID-19 tanısı ile yoğun bakım ünitesinde yatan hastaların bağlı bulunduğu mekanik ventilasyon cihazlarının çıkış hattından kaynaklanan virüs yayılımının değerlendirilmesi ve UV-C sterilizasyonunun potansiyel etkisi araştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Deney Düzenegi ve Hasta Seçimi

Afyonkarahisar Devlet Hastanesi Yoğun Bakım Ünitesi'nde yatmakta olan, COVID-19 tanısı almış 14 adet hasta, bilgilendirilmiş gönüllü onayı alınarak araştırmaya dâhil edilmiştir.

Mekanik Ventilasyon Cihazına UV-C Entegrasyonu

Çalışmada, sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) veya entübe edilmiş hastaların bağlı olduğu mekanik ventilasyon cihazları (BIOSYS BIYOVENT marka R BIO02 model ventilasyon cihazı) kullanılmıştır. Sorumlu sağlık personeli gözetimi ve kontrolü altında mekanik ventilasyon cihazının çıkış hattına UV-C sterilizatör bağlanmıştır. Bu işlemi takiben steril HME filtre, UV-C sterilizatör çıkış ucuna takılmıştır. Kullanılan UV-C filtreleme sistemi, mekanik ventilasyon cihazının experium hattına takılan, içinde UV-C lamba bulunan bir tüpten ibaret bir düzeneştir. Bu sistemde ekspire olan hava bu tüpten geçer. Bu sistem UV-C ışınının ortama yayılmasına izin vermeyecek şekilde izole edilmiş bir düzeneekten ibarettir.

UV-C Uygulaması

Çalışmada, mekanik ventilasyon çıkış hattında hasta kaynaklı virüs bulaşının tespiti ve olası virüs aktivitesi üzerine UV-C uygulamasının etkisinin incelenmesi amacı ile mekanik ventilasyon çıkış hattına UV-C sterilizatör entegre edilmiş ve sterilizatör hava çıkış ucuna örnek tutucu HME filtre yerleştirilmiştir. Sistem virüs yayılımı, "UV-C açık" ve "UV-C kapalı" modunda incelenerek değerlendirilmiştir. UV-C sterilizatör cihazı 'UV açık' modunda bir saat boyunca ventilasyon cihazı ile entegre bir şekilde çalıştırılmış ve filtre, hasta kaynaklı aerosol partiküllerine maruz bırakılmıştır. Süre sonunda steril şartlarda UV-C sterilizatör çıkış ucundan HME filtre alınmıştır. Sonraki basamakta UV-C sterilizatör çıkış ucuna yeni bir HME filtre takılmış ve ventilasyon cihazı ile entegre bir şekilde 'UV kapalı' modunda 1 saat boyunca UV-C ışığı altında hasta kaynaklı aerosol partiküllerine maruz bırakılmıştır. Süre sonunda ikinci filtre steril şartlarda alınmıştır. Çalışmada 14 uygulama ile toplamda 28 adet örnek elde edilmiştir.

Numune Alma ve Saklama Koşulları

Numune hazırlık basamakları steril ve kapalı bir sistem (L-100 Glove Box System) içerisinde gerçekleştirilmiştir. UV-C uygulaması sonrası virüs içeren aerosol partiküllerini yakalayan aerosol virüs örnek tutucu HME filtreler virüs testi için PBS ile ıslatılmış floklu çubuklar ile iyice kazanmıştır. Her bir floklu çubuk 10 ml viral

transport medyumuna bırakılmıştır. Örnekler, biyolojik örnek taşıma çantasında, +4°C korularak laboratuvara ulaştırılmıştır ve -80°C'de saklanmıştır. Örnek toplama işlemlerini takiben, virüs aktivasyon testleri için örnekler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Veteriner Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Virolojik Teşhis Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

Virüslerin İzole Edilmesi

Aerosol virüs örnek çubuklarının batırıldığı viral transport medyumunu (10 ml elüat), Amicon® Ultra-15, 10 kDa filtrayon ünitesi (Millipore Corporation, Billerica, MA, USA) kullanılarak, ultrafiltrasyon yoluyla yaklaşık 400 µl'lik bir hacme konsantre edilmiştir. % 0,5 w / v BSA fraksiyonu ile test edilene kadar - 80°C de saklanmıştır (15).

Virüs İnokülasyon Testi

Virüs inokülasyon testi için, adsorpsiyonlu virüs inokülasyon yöntemi kullanılmıştır (16). Birinci basamakta, 25 cm²'lik hücre kültürü flasklarına numuneler inoküle edilmiştir. İnokülasyon, beş günlük bir inkübasyon periyodu boyunca CPE varlığı açısından kontrol edilmiştir. Üreme olmaması durumunda örnekler -80°C'de dondurulmuştur. Örneklerle dondurma-çözülme işleminden sonra aynı yöntem ile toplam üç kör pasaj yapılmıştır. CPE görüldüğünde virüs üremesi olduğu durumda, Real Time RT-PCR ile test edilmiştir.

Real Time RT-qPCR (Revers-Transkriptaz Polimeraz Zincir Reaksiyonu)

Çalışmada, RT-qPCR test için SARS-CoV-2 RdRp genini hedefleyen primer taqman prob setler kullanılmıştır (16). Kantitatif test için internal standart olarak SARS-CoV-2 RdRp geni kullanılmıştır. RT-qPCR analizi, Superscript III one step RT-PCR system with Platinum Taq Polymerase (Invitrogen, USA) ile gerçekleştirildi. RT-qPCR analizleri bir Bio-Rad CFX96 termal döngü cihazı (Bio-Rad Laboratories, Montreal, Quebec) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Etik Kurul

Bu çalışma, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 06.08.2021 tarih ve 2021/426 sayılı onayı ile yapılmıştır.

BULGULAR

Hasta Profilleri

Örneklerin toplandığı gönüllü hastalara ait klinik özellikler **Tablo 1**'de gösterilmektedir. Hasta kodu sütununda, hastalar 1-14 arasında numaralar ile gösterilmektedir. Ventilasyon uygulaması açısından sınıflandırıldığı zaman 1, 2, 3, 5, 12, 13, 14 numaraları ile kodlanmış olan hastalar yoğun bakım ünitesinde ventilasyon cihazına bağlı ve entübasyon uygulanan hastalardır. Bu sınıflandırmanın devamında 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 numaraları ile kodlanmış olan hastalar yoğun bakım ünitesinde ventilasyon cihazına bağlı ve CPAP uygulanan hastalardır. On adet hasta sorumlu yoğun bakım uzmanı tarafından, PCR testi aracılığı ile COVID-19 tanısı almıştır. Diğer dört adet hasta ise yine yoğun bakım uzmanı tarafından akciğer bilgisayarlı tomografisi (BT) sonucu COVID-19 hastalığı tanısı almış ve **Tablo 1**'de PCR veya Akciğer BT sonucu sekmesinde gösterilmiştir.

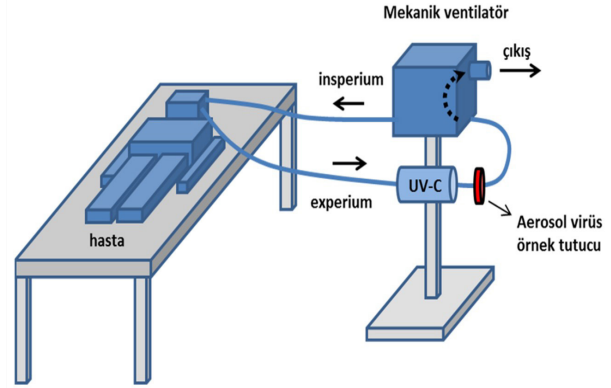
Tablo 1: Gönüllü hastalara ait klinik özellikler. CPAP (Sürekli pozitif hava yolu basıncı), PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu), BT (Bilgisayarlı Tomografi).

Hasta Kodu	Ventilasyon Uygulaması	PCR veya Akciğer BT Sonucu
1	Entübe	PCR (+)
2	Entübe	PCR (+)
3	Entübe	PCR (+)
4	CPAP	PCR (+)
5	Entübe	Akciğer BT (+)
6	CPAP	Akciğer BT (+)
7	CPAP	Akciğer BT (+)
8	CPAP	Akciğer BT (+)
9	CPAP	PCR (+)
10	CPAP	PCR (+)
11	CPAP	PCR (+)
12	Entübe	PCR (+)
13	Entübe	PCR (+)
14	Entübe	PCR (+)

UV-C Sterilizasyon Cihazının Mekanik Ventilasyon Cihazına Entegrasyonu

Çalışmada, Afyonkarahisar Devlet Hastanesi Yoğun Bakım Ünitesi'nde COVID-19 tanısı almış, CPAP (Sürekli pozitif hava yolu basıncı) veya entübe edilmiş hastaların bağlı olduğu mekanik ventilasyon cihazları kullanılmıştır. Mekanik ventilasyon cihazlarının çıkış hattına ulaşan virüslerin tespiti ve bu çıkış hattına uygulanacak UV-C ışınlarının virüs kaynaklı bulaş üzerine etkisinin incelenmesi amacı ile mekanik ventilasyon çıkış hattından bulunan, aerosol virüs örnek tutucu filtre (HME) çıkarılmıştır. Mekanik ventilasyon cihazının çıkış

hattına UV-C sterilizatör cihazı bağlanmıştır. Bu işlemi takiben steril HME filtre UV-C sterilizatör cihazının çıkış ucuna takılmıştır (**Şekil 1**).



Şekil 1: UV-C sterilizatör düzeneği.

SARS CoV-2 İnokülasyon Testleri

Virolojik teşhis laboratuvarına gönderilen 14 adet numunenin 'UV-C açık' modda ve 'UV-C kapalı' modda SARS CoV-2 aktivitesinin test edilmesi amacı ile Vero E-6 Hücre kültürüne inokülasyonu yapılmıştır. Örnekler toplamda 3 kör pasaj yapılmış olup her pasaj 5-7 gün arası CPE (sitopatojenik etki) yönünden mikroskopta incelenmiştir. Pasajlar sonlandırıldıktan sonra dondur-çöz işlemi yapıp yeni Vero E-6 hücre kültürüne inokülasyon yapılmıştır. Yapılan 3 kör pasaj sonunda SARS CoV-2 spesifik herhangi bir CPE görülmemiştir. Sonuçlar **Tablo 2**'de gösterilmiştir.

Tablo 2: HME filtre UV-C tabanlı ventilasyon sterilizatör cihazının çıkış ucundan alınan örneklerden yapılan SARS CoV-2 inokülasyon test sonuçları. SARS CoV-2 (ağır akut solunum yolu sendromu-koronavirüs-2), UV-C (Ultraviyole C).

Hasta No	UV-C Modu	1. Pasaj CPE	2. Pasaj CPE	3. Pasaj CPE
1	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
2	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
3	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
4	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
5	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
6	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
7	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
8	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
9	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
10	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
11	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
12	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
13	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif
14	UV-C açık/UV-C kapalı	Negatif	Negatif	Negatif

SARS CoV-2 RT-PCR Analizleri

Afyonkarahisar Devlet Hastanesi Yoğun Bakım Ünitesi'nde yatmakta olan, COVID-19 tanısı almış 14 hastaya ait toplamda 28 adet örneğin,

Real-time RT-PCR ile SARS CoV-2 analizleri yapılmıştır. **Tablo 3'**de virolojik teşhis laboratuvarı sonuç raporu ile gönderilmiş olan SARS CoV-2 testi Real-time RT-PCR analiz sonuçları gösterilmektedir. Tabloda adı /No'su sekmesinde, hastalar 1-10 arasında kodlar ile gösterilmektedir. Örneklere UV-C uygulanan moda, 'UV-C açık' mod, UV-C uygulanmayan düzenek ise 'UV-C kapalı' mod olarak belirtilmiştir. Analiz sekmesinde gönderilen örneklere uygulanmış olan RT-PCR test sonuçlarına göre hem 'UV-C açık' mod, 'UV-C kapalı' modda ve hastaların bağlı olduğu ventilasyon cihazlarından toplanan örneklerde, PCR sonuçları negatif olarak belirtilmiştir. Bu veriler mekanik ventilasyon cihazı çıkış hattında virüs bulaşının olmadığını göstermektedir.

Tablo 3: HME filtre UV-C tabanlı ventilasyon sterilizatör cihazının çıkış ucundan alınan örneklerden yapılan SARS CoV-2 testi Real-time RT-PCR analiz sonuçları. UV-C (ultraviyole C), CPE (Sitopatogenik etki).

Hasta No	UV-C Modu	Analiz	Covid-19 RT-qPCR Test Sonucu
1	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
2	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
3	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
4	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
5	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
6	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
7	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
8	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
9	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
10	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
11	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
12	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
13	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif
14	UV-C açık/UV-C kapalı	SARS CoV-2	Negatif

TARTIŞMA

Sağlık birimlerinin iç hava şartlandırması hastaların ve sağlık personellerinin bulaş riski açısından kritik öneme sahiptir. İç hava kalitesini etkileyen parametreler mikro partiküller, karbondioksit oranları (CO₂), uçucu organik bileşikler, formaldehit, sıcaklık, nem ve biyolojik kirleticilerdir (17). Hastane kaynaklı enfeksiyona maruz kalan hastaların çoğu düşük hava kalitesinden kaynaklanmaktadır (18).

COVID-19 pandemisi diğer epidemi ve pandemilere göre çok hızlı bir yayılma gösterdiğinden hastanelerin yoğun bakım ünitelerinde çok sayıda entübe hasta bulunmaktadır.

Bu hastaların entübasyon süreleri günler hatta haftalar sürmektedir (19). Kısacası yoğun bakımda görev yapan sağlık çalışanları birçok COVID-19 pozitif hastanın akciğerlerinden gelen aerosol kaynaklı, yüksek viral yük oluşmuş yoğun bakım servislerinde çalışmak zorundadırlar. Bu sağlık çalışanları için çok önemli bir risk faktörüdür (20). Literatür verilerine göre deneysel olarak aerosol tanecikleri üretilmiş ve virüsün üç saatlik bir test süresi boyunca canlı kaldığı tespit edilmiştir (13). Epidemiyolojik veriler SARS-CoV-2'nin aerosol yoluyla bulaş sergilediğini göstermektedir (21, 22).

COVID-19 virüsü akciğerlerde yarattığı tahribat sonucu ciddi akut solunum sendromuna neden olmaktadır (23). Mekanik ventilasyon cihazları bu sebeple COVID-19 ile mücadelede kritik öneme sahip cihazlardır (24). Ancak pandemi durumunda mekanik ventilasyon cihazlarının kullanımında, aerosol kaynaklı viral bulaş riski sağlık çalışanları hastalar ve sağlık çalışanları için önemli bir olgudur (20).

Bu çalışma Afyonkarahisar Devlet Hastanesi Yoğun Bakım Ünitesi'nde, PCR (+) veya akciğer BT(+) raporları ile COVID-19 tanısı almış 14 gönüllü hasta ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ventilasyon uygulaması (Entübe veya CPAP) altında olan hastaların bağlı olduğu mekanik ventilasyon cihazlarının eksperium hattına HME filtre içeren bir UV-C sterilizatörü entegre edilmiştir. Burada amaç mekanik ventilasyon cihazının çıkış hattında hasta kaynaklı virüslerin tespiti ve muhtemel virüs yayılımının UV-C sterilizasyonu ile engellenmesidir.

UV-C ışınlanması, foto hidrasyon, foto bölünme, foto dimerizasyon ve foto çapraz bağlama yoluyla hücresel hasara yol açarak hücresel ölüme neden olur. UV-C ışınları, düşük basınçlı cıva lambalarından, 254 nm dalga boyunda, yüksek yoğunlukta darbeleri ışık yayan darbeleri ksenon lambalardan 100–280 nm aralığında dalga boylarında ve görünür bölgede gerçekleşmektedir (12). UV-C germisidal ışını su, hava ve yüzeylerin sterilizasyonunda (25), medikal alanların sterilizasyonunda, hücre kültürü laboratuvarlarında kullanılmaktadır (26). UV-C ışını bakteri ve virüslerin RNA ve DNA yapılarına zarar vererek çok kısa sürede etkili olmaktadır (27).

Bu alanda yapılmış bir çalışmada, UV-C ışının COVID-19 virüsü üzerine çok etkili olduğu gösterilmiştir (28). UV-C ışını diğer UV ışınlarına göre (UV-A ve UV-B) insanlar üzerinde etkileri olan bir ışın türüdür. Maruziyet süresine bağlı olarak ciltte ve gözde çeşitli hasarlara neden olmaktadır (29). Bu sebeple UV-C germisidal ışını kullanıldığı ortamlarda insanların bu ışına maruz bırakılmaması gerekmektedir. Bu sebeple UV-C ışını insanların olmadığı veya sadece özel kişisel koruyucu donanıma sahip kullanıcıların olduğu ortamlarda kullanılmaktadır.

Çalışmada, UV-C sterilizatörünün ventilasyona bağlanmış ve ucundaki HME filtrenin değiştirilmesin ardından 1 saat boyunca UV ışını uygulanmıştır. Daha sonra ventilasyona bağlı UV-C sterilizatörünün ucundaki HME filtrenin tekrar değiştirilmesin ardından bir saat boyunca UV ışını kapalı olarak bekletilmiştir. Sonrasında UV-C cihazından alınan HME filtrelerden alınan örnekler, Virolojik Araştırmalar ve Teşhis Laboratuvarı'na gönderilmiş ve virüs tespiti ve aktivitesi analizleri PCR ve inokülasyon testleri ile yapılmıştır. İnokülasyon testinden elde edilen verilere göre, UV-C sterilizatörün 'UV açık' modunda kullanılan filtresinden veya 'UV kapalı' modunda kullanılan filtresinden elde edilen örneklerde virüs aktivasyonu gerçekleşmemiştir. Bununla beraber çalışmaya dahil edilen hastalar, klinik laboratuvar tarafından sürüntü örneklerinde PCR testine göre COVID-19 tanısı almış hastalardır. Ancak UV-C kapalı veya UV-C açık modunda cihaz çıkışına takılı olan filtrelerde PCR sonucu negatiftir. Bu sonuçlar, mekanik ventilasyon eksperium hattına solunum kaynaklı, aerosol virüs taşınımının gerçekleşmediğini göstermektedir. Her iki grupta da inokülasyon testinin negatif olması bu sonuçları destekler niteliktedir.

Özellikle bakteri ve virüs parçacıklarını yakalamak ve tutmak için tasarlanmış olan rutin olarak kullanılan farklı solunum sistemi filtrelerinin H1N1A virüsünü hava akışından uzaklaştırmadaki etkinliğini test edilmiştir. Test edilen üç filtre virüs girişini engellemiştir. Çalışmada entübe ve mekanik ventilasyon uygulanan hastaların solunum sistemlerinde kullanılmalarının virüsün solunum sistemine ve ortam havasına yayılma riskini azaltabileceği önerilmiştir (8).

Ayrıca SARS-CoV-2 genomik RNA'sı, COVID-19 hastalarının hava örnekleyicileri tarafından toplanan havadaki materyalde tespit edilmiştir (30). Ancak, maskeler ve kapalı devre ventilasyon cihazlarının, negatif basınçlı ortamlarda COVID-19 hastalarının çevresel kontaminasyonuna engel olduğu gösterilmiştir (31). SARS-CoV-2'nin çevresel kontaminasyonu viral bulaşmanın bir yolu olabilir (32). Ancak hastalara kapalı bir emme sistemiyle mekanik ventilasyon uygulandığında bu durum en aza indirildiği bildirilmiştir (33).

Çalışma, rutinde yapılan sürüntü testi neticesinde COVID tanısı almış 14 adet hastanın bağlı olduğu mekanik ventilasyon çıkış hattında bulunan filtrelerde virüs RNA'sı veya aktivasyonu tespit edilmemiştir. Konu ile ilgili daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmakla beraber, bu bulgular aerosol formda virüsün ventilasyon cihazının çıkış hattında bulunan filtrelerle erişmediğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı tarafından 2022 - 2024 tarihleri arasında 8852/11751 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Li X, Lester D, Rosengarten G, et al. A spatiotemporally resolved infection risk model for airborne transmission of COVID-19 variants in indoor spaces. *Science of the Total Environment*. 2022;812:152592.
2. Fraser V J, Johnson K, Primack J, et al. Evaluation of rooms with negative pressure ventilation used for respiratory isolation in seven midwestern hospitals. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 1993;14(11):623-8.
3. Vincent J L, Rello J, Marshall J, et al. International study of the prevalence and outcomes of infection in intensive care units. *Jama*. 2009;302(21):2323-9.
4. Vogelaers D, De Bels D, Forêt F, et al. ANTHICUS Study Investigators. Patterns of antimicrobial therapy in severe nosocomial infections: empiric choices, proportion of appropriate therapy, and adaptation rates a multicentre, observational survey in critically ill patients. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2010;35(4): 75-81.
5. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, et al. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *Jama*. 2020;323(16):1574-81.

6. Keane S, Martin-Loeches I. Host-pathogen interaction during mechanical ventilation: systemic or compartmentalized response? *Critical Care*. 2019;23:134.
7. Tran K, Cimon K, Severn M, et al. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PloS one*. 2012;7(4):35797.
8. Heuer J F, Crozier T A, Howard G, et al. Can breathing circuit filters help prevent the spread of influenza A (H1N1) virus from intubated patients?. *GMS hygiene and infection control*. 2013;8(1):Doc09.
9. Rhee C, Baker M A, Klompas M. Prevention of SARS-CoV-2 and respiratory viral infections in healthcare settings: current and emerging concepts. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2022;35(4):353-62.
10. Casini B, Tuvo B, Cristina M L, et al. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(19):3572.
11. Yin R, Dai T, Avci P, et al. Light based anti-infectives: ultraviolet C irradiation, photodynamic therapy, blue light, and beyond. *Current Opinion in Pharmacology*. 2013;13(5):731-62.
12. Kowalski W. Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection. New York: Springer science & Business Media; 2010.
13. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris D H, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 2020;382(16):1564-7.
14. Chang K. Scientists consider indoor ultraviolet light to zap coronavirus in the air. *The New York Times Company*. 2020.
15. Kocamemi B A, Kurt H, Hacıoglu S, Yarıalı C, Saatci A M, Pakdemirli B. First data-set on SARS-CoV-2 detection for Istanbul wastewaters in Turkey. *MedRxiv*. 2020;5(6):1-11.
16. Corman V M, Landt O, Kaiser M, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*. 2020;25(3):2000045.
17. Beaussier M, Vanoli E, Zadegan F, et al. Aerodynamic analysis of hospital ventilation according to seasonal variations. A simulation approach to prevent airborne viral transmission pathway during Covid-19 pandemic. *Environment international*. 2022;158:106872.
18. Goodfellow H D, Kosonen R, editors. *Industrial Ventilation Design Guidebook: Volume 1: Fundamentals*. Academic Press. 2020.
19. Meng L, Qiu H, Wan L et al. Intubation and ventilation amid the COVID-19 outbreak: Wuhan's experience. *Anesthesiology*. 2020;10-97.
20. Renee LC, Matos I, Kevin K. Er al. COVID-19 PRACTICE MANAGEMENT GUIDE Clinical Management of COVID-19, 2020:3-23.
21. Hamner L. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*. 2020;69.
22. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment international*. 2020;139:105730.
23. WHO Considerations for quarantine of individuals in the context of containment for coronavirus disease (COVID-19). March 2020.
24. U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE COMMISSIONED CORPS. Optimizing Ventilator Use during the COVID-19 Pandemic. March 2020.
25. Vasilyev AI, Kostyuchenko SV, Kudryavtsev NN, Sobur D A, Sokolov DV. UV disinfection technologies for water, air and surface treatment. *Light Eng*. 2018;26(1):25-31.
26. Casini B, Tuvo B, Cristina ML, et al. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(19):3572.
27. Wurtmann EJ, Wolin SL. RNA under attack: cellular handling of RNA damage. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*. 2009;44(1):34-49.
28. Chiappa F, Frascella B, Vigezzi GP, et al. The efficacy of ultraviolet light-emitting technology against coronaviruses: a systematic review. *J Hosp Infect*. 2021;114:63-78.
29. Trevisan A, Piovesan S, Leonardi A, et al. Unusual high exposure to ultraviolet-C radiation. *Photochemistry and Photobiology*. 2006;82(4):1077-9.
30. Lednicky JA, Lauzard M, Fan ZH, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *International Journal of Infectious Diseases*. 2020;100:476-82.
31. Su WL, Hung PP, Lin CP, et al. Masks and closed-loop ventilators prevent environmental contamination by COVID-19 patients in negative-pressure environments. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. 2021;54(1):81-4.
32. Altindis M, Aktepe O C, Cetinkaya Z. Determination if Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus in Intensive. *Kocatepe Tip Dergisi*. 2006;7: 43-6.
33. Ahn J Y, An S, Sohn Y, et al. Environmental contamination in the isolation rooms of COVID-19 patients with severe pneumonia requiring mechanical ventilation or high-flow oxygen therapy. *Journal of Hospital Infection*. 2020;106(3):570-6.