flora

DERLEME/REVIEW

FLORA 2020;25(4):464-473 • doi: 10.5578/flora.70500

COVID-19: Hava Yolu ile Bulaşıyor mu?

COVID-19: is it Airborne?

Gül Ruhsar YILMAZ[1] (İD)

[1] Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye

Makale atıfı: *Yılmaz GR. COVID-19: hava yolu ile bulaşıyor mu? FLORA 2020;25(4):464-73.*

ÖZ

Maske, mesafe ve hijyen; SARS-CoV-2 infeksiyonundan korunmak için başta gelen önlemler olarak uygulanmaktadır. Pandeminin başında virüsün öncelikle damlacıkla, aerosolizasyon oluşturan medikal işlemler sırasında da aerosolle bulaştığı düşünülmüştür. Ancak daha sonra yayımlanan vaka kümelenmeleri, kapalı ve havalandırması kötü ortamlarda virüsün aerosol yolu ile de bulaştığına işaret etmiştir. Bu yazıda SARS-CoV-2'nin aerosolle bulaşını destekleyen deneysel ve epidemiyolojik veriler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: *COVID-19; SARS-CoV-2; Aerosol; Bulaş*

ABSTRACT

COVID-19: is it Airborne?

Gül Ruhsar YILMAZ[1]

[1] Department of Infectious Diseases and Clinical Microbiology, Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey

Mask, social distancing, and hygiene are followed as primary precautions in order to be protected from the SARS-CoV-2 infection. At the beginning of the pandemic, the virus was considered to be transmitted by droplets and aerosols during medical procedures generating aerosolization. However, case clusters published later on proved that the virus was also transmitted by aerosols in indoors and in settings with bad ventilation. This study aimed to discuss the experimental and epidemiological data supporting aerosol transmission of SARS-CoV-2.

Key Words: *COVID-19; SARS-CoV-2; Aerosol; Transmission*

Geliş Tarihi/Received: 14/09/2020 - Kabul Ediliş Tarihi/Accepted: 08/10/2020

©Telif Haklı 2020 Flora. Makale metnine www.floradergisi.org web adresinden ulaşılabilir.

Çevrimiçi Yayın Tarihi: 31.12.2020

GİRİŞ

İlk kez Aralık 2019'da Çin'in Wuhan eyaletinden bildirilen SARS-CoV-2 infeksiyonu, takip eden dönemde hızla dünyaya yayılmış ve pandemi haline gelmiştir. Vaka ve ölüm sayısı 11 Aralık 2020 itibariyle 68 845 368 ve 1 570 304 olarak bildirilmiştir[1].

Çoğu bilim insanına göre SARS-CoV-2 bulaşından damlacıklar sorumlu olup araştırmaların çoğu bu konuda daha iyi bilgi toplamaya odaklanmıştır. Ancak aerosollerin de hastalığın bulaşında majör bir rol oynayabileceği endişesi pandeminin başından beri gündeme getirilmektedir. Damlacık ve aerosol yoluyla bulaş arasında ayrım yapabilen net bir çalışma yoktur. Aerosolle bulaş konusunda bilim insanları arasında iki ayrı görüş söz konusudur[2]. İlki COVID-19'da damlacık bulaşının daha baskın olduğu ancak aerosolizasyon oluşturan işlemler sırasında aerosollerin de bulaşta rol oynayabileceği iken, diğer görüş yalnızca nefes alma ve konuşma sırasında bile aerosollerin oluşabileceği, bu nedenle COVID-19'un önlenmesi için damlacık önlemleri yanı sıra hava yolu önlemlerinin de alınması gerektiği şeklindedir.

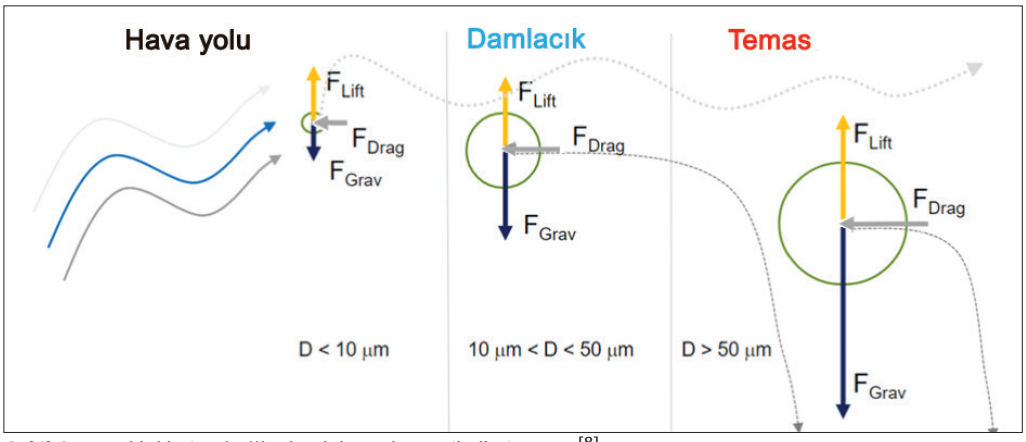
Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Amerika Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezi (CDC) 5 µm'den büyük partikülleri damlacık, ≤ 5 µm olanları aerosol ya da damlacık çekirdeği olarak tanımlamaktadır[3,4]. Genellikle 5-10 µm'den küçük, havadaki patojen yüklü partiküller infeksiyöz aerosol olarak isimlendirilmektedir.

10-20 µm çaptaki partiküllerin de havada uzun süre asılı kalmaları ve akciğerde alveoler bölgeye ulaşabilmeleri nedeniyle aerosol kabul edilmesi gerektiği iddiaları vardır. Potansiyel bulaş yolları açısından kanıtlar sınırlı olduğu için CDC tarafından SARS-CoV 2'nin diğer insan koronavirüsleri gibi yayıldığı farz edilmektedir[5-7].

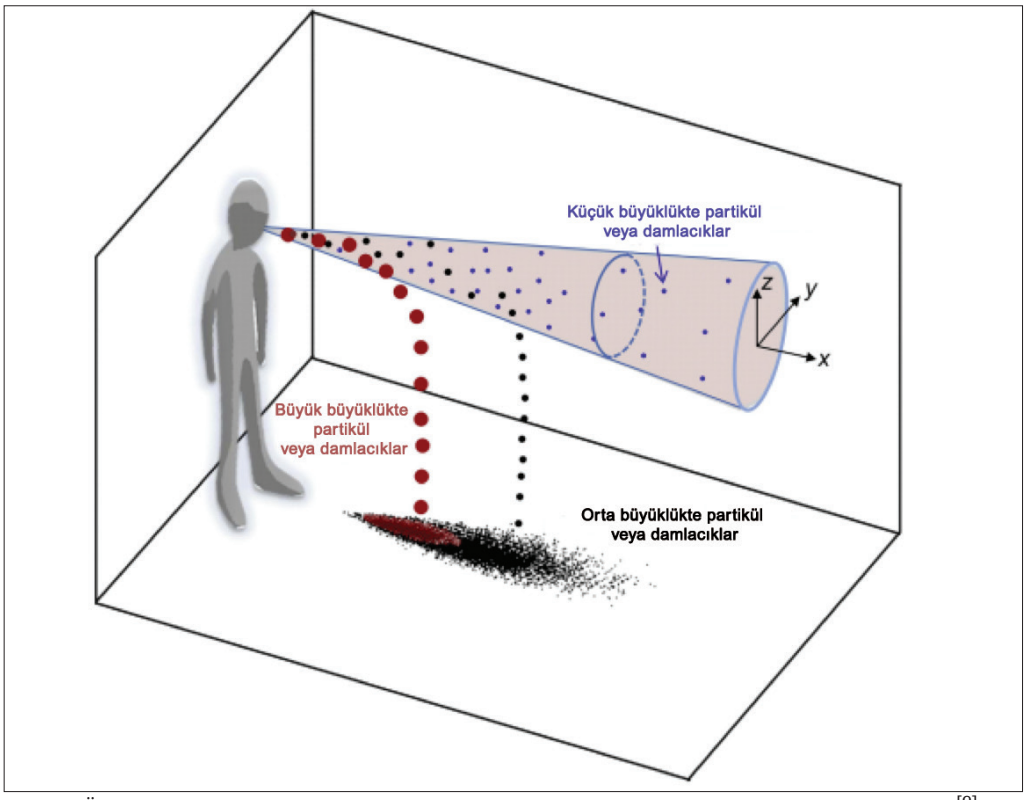
Aerodinami çerçevesinde < 10 µm partiküller için havanın kaldırma kuvveti yerçekimi kuvvetinden daha fazladır. Bu nedenle bu partiküller uzak mesafelere ulaşabilirler. Büyüklüğü 10-50 µm olan partiküller için ise havanın kaldırma kuvveti yerçekimi kuvvetine eşit olup kısa bir mesafe için sürüklenme kuvveti etkilidir. Daha büyük partiküller üzerinde yerçekimi kuvveti havanın kaldırma kuvvetinden daha fazla olduğundan bunlar yere doğru hareket ederler. Hava akım hızı ne kadar yüksekse kaldırma kuvveti de o kadar fazladır (Şekil 1)[8]. Damlacık olarak tanımlanan partiküllerin %90'ı su olup; kaynaktan atıldıktan sonra suyun buharlaşması ile hızla boyut kaybetmekte, başlangıçtaki büyüklüklerinin %20-40'ı kadar kalmakta ve inhale edilebilir damlacık çekirdeği haline gelmektedir.

Öksürük akımı ile oluşan türbülans yoluyla ekspiratuvar damlacıkların yayılımının simülasyonuna bakıldığında, büyük partikül ya da damlacıkların kaynağın yakınına düştüğü, orta büyüklükteki partikül veya damlacıkların horizontal olarak daha ileriye düştüğü, küçük partiküllerin ise havada asılı kaldıkları matematiksel modelleme ile de gösterilmiştir (Şekil 2). Bu simülasyona göre temas, damlacık ve aerosol ile bulaşa yol açan infeksiyöz partiküller Şekil 3'te gösterilmiştir.

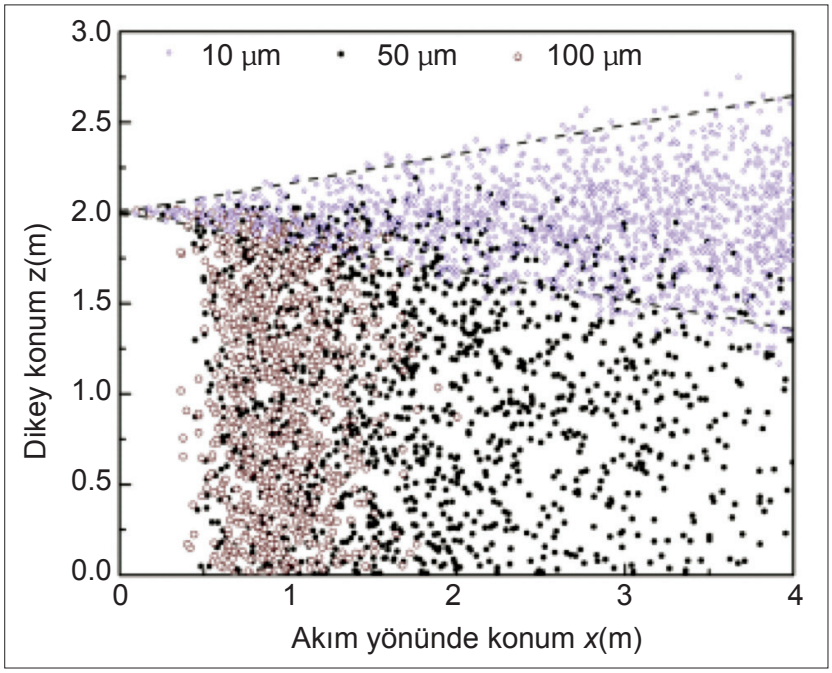
COVID-19 öncesi infeksiyon kontrol ve önleme stratejilerinde cut-off değeri 5 µm kabul edi-



Şekil 1. Büyüklüklerine bağlı olarak havada partiküllerin yönü[8].



Şekil 2. Öksürük akımı ile oluşan türbülans yoluyla ekspiratuvar damlacıkların yayılımının simülasyonu[9].



Şekil 3. Partiküllerin 10m/s hızla akış yönünde anlık dağılımı[9].

lerek küçük ve büyük damlacıklar arasında kesin bir ayrım olduğu varsayılmıştır. Oysa damlacıkların hızla buharlaşarak damlacık çekirdekleri haline gelmeleri bu ayrımın doğru olmadığına işaret etmektedir. İnfekte kişiden damlacık yoluyla atılan virüsün duyarlı konağın ağız, burun ya da gözüne ulaşması ihtimalinin, aerosol yoluyla çok sayıda küçük partikülün inhalasyonu ihtimalinden daha düşük olduğu iddia edilmektedir. Yakın mesafede bulaş riskinin yüksek olduğu iddiasının damlacıkların bulaşta daha baskın olduğunu gösterip aerosol ile bulaş tezini çürütmeyeceği belirtilmektedir[10].

Aerosolle bulaş konusunda DSÖ tarafından farklı mesajlar verilmiştir. Salgının ikinci ayında (11 Şubat 2020) DSÖ, SARS-CoV-2'nin aerosol yolu ile bulaştığını açıklamıştır[11]. Mart sonunda ise DSÖ tarafından COVID-19'un esas olarak damlacık yoluyla bulaştığı açıklanmıştır[12]. Aynı kurum tarafından 9 Temmuz'da yapılan açıklamada ise bazı salgın raporlarının olası aerosol bulaşına işaret ettiği bildirilmiştir[13]. Bu açıklamadan üç gün öncesinde (6 Temmuz 2020) Morawska ve Wilson tarafından hava bilimciler, hekimler, epidemiyologlar ve mühendislerin dahil olduğu 237 bilim insanının imzasını içeren bir mektupla ulusal ve uluslararası kuruluşlara SARS-CoV-2'nin havayolu ile potansiyel bulaşı konusu ile ilgili çağrı yapılmıştır[14]. Dünya Sağlık Örgütü 9 Temmuz'da yayımladığı bildiride, aerosolle bulaşın olasılığı ile ilgili daha fazla araştırma gerektiğini, kalabalık ve havalandırması kötü olan yerlerde aerosolle bulaşın ekarte edilemeyeceğini bildirmiştir[13].

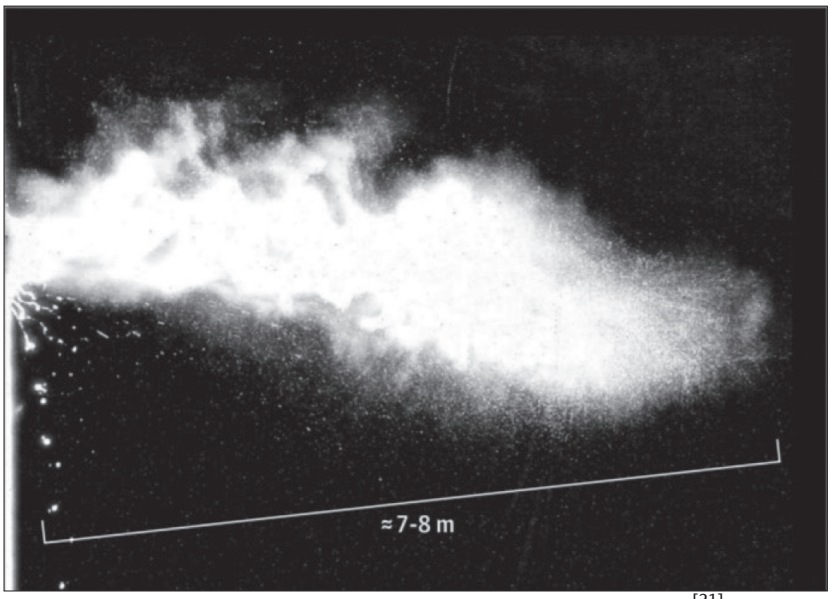
Hava Yolu Bulaşı Yönünde Bilgi ve Kanıtlar

Hasta odalarının hava çıkış fanlarından alınan hava ve sürüntü örneklerinde COVID-19 pozitif bulunmuştur. Bu durum "hava yolu ile bulaşa işaret ediyor olabilir" şeklinde yorumlanmıştır[15]. Çin'de semptomatik bir hastanın kapısının önünden birkaç kez geçen, hastayla başka herhangi bir teması olmayan bir kişinin hava yolu bulaşı açısından kanıt sağladığı bildirilmiştir[16]. Van Doremalen ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, SARS-CoV-2 ve SARS-CoV-1'in aerosollerde ve farklı yüzeylerdeki stabilitesi incelenmiştir. SARS-CoV-2'nin aerosollerde üç saat süreyle canlı kaldığı ve SARS-CoV-2 ve SARS-CoV-1'in aerosollerdeki yarı ömrünün benzer olup ortalama 1.1-1.2 saat olduğu bulunmuştur[17]. Sonuç olarak her iki virüsün havayla bulaş açısından benzer karakteristikler taşıdığı yorumu yapılmıştır. SARS-CoV-2'nin havada 3 saat canlı kalabilmesi temelinde maruziyet, inhalasyon ve infeksiyonun dakikalar ya da birkaç saat içinde, kaynağa yakın bir yerde veya kaynağın daha uzağında meydana gelebileceği ileri sürülmüştür[17].

Genel olarak damlacık bulaşını önlemek için iki metre güvenli zon kabul edilmektedir, ancak bunu destekleyecek karşılaştırmalı bir çalışma yoktur[18]. Wells 1934 yılında buharlaşma-düşme eğrisini dikkate alarak, büyük damlacıkların kaynaktan horizontal olarak iki metrelik mesafe içindeki alana düşeceklerini varsaymıştır[19]. Ancak bu varsayım, o tarihteki teknoloji ile, günümüze göre basit hesaplamalar ve yetersiz veri kullanılarak ileri sürülmüştür. Xie ve arkadaşlarının 2007 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, 60-100 µm arasındaki büyük damlacıkların, akımın hızına ve rölatif neme bağlı olarak hapşırma simülasyonu ile 50 m/s hız ile altı metre uzağa kadar 0.12 saniye içinde, öksürük simülasyonu ile daha büyük damlacıkların 10 m/s hızla iki metre uzağa kadar 0.2 saniye içinde, ekshalasyonla 1 m/s hızla büyük damlacıkların horizontal olarak bir metre uzağa kadar bir saniye içinde gidebilecekleri gösterilmiştir[20].

Solunum yolu infeksiyonu olan biri öksürdüğünde veya hapşırdığında patojen taşıyan farklı büyüklüklerde bir damlacık bulutu ortaya çıktığı ve damlacıkların kaynaktan 7-8 m uzağa taşınabildiği bildirilmiştir (Şekil 4)[21]. Papineni ve Rosenthal (1997), beş gönüllüyle yaptıkları çalışmada insan ekspiratuvar aktivitelerinde oluşan partiküllerin %80-90'ının 1 µm'den küçük aerosol şeklinde olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada en yüksek aerosol dansitesinin öksürme ile, en düşük nazal nefes alıp verme ile oluştuğu bildirilmiştir[22].

Damlacıkların bir kısmı akım yönü boyunca düşerek yüzeyleri kontamine edebilir. Kalanlar hareket eden bulut içinde kalır ve kümelenirler. Sonuçta bulutun hareket ve bütünlüğü azalmaya başlar ve bulut içinde kalan damlacıklarda buharlaşma meydana gelir; havalandırma ve klima sistemleri tarafından oluşturulan hava akım paternlerini takip eden havada saatlerce asılı kala-



Şekil 4. Hapşırma eyleminden sonra oluşan multifaz türbülans gaz bulutu[21].

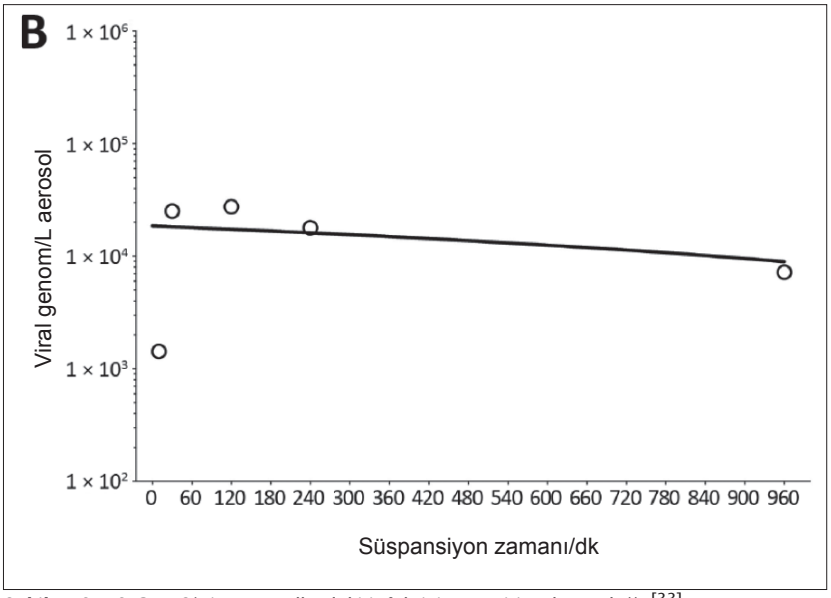
bilen damlacık çekirdekleri oluşur. Buharlaşmanın derecesi ve oranı ortam ısısına ve neme bağlıdır[21,23].

Yüzey kontaminasyonu ve havada bulunma ile ilgili olarak genetik materyal ya da canlı virüsün respiratuar sekresyonlar, vücut sıvıları, boğaz sürüntüsü, anal sürüntüler, konjunktiva sürüntüleri, kan, balgam, gayta ve idrarda varlığı gösterilmiştir. Yine virüsün genetik materyali COVID-19 hastaları tarafından kullanılan tuvaletlerde, hastanede hemşire odalarının havasında, yüzeylerde, ventilatörlerin hava çıkışlarında, hava yolu izolasyon odalarının ve genel servislerdeki diğer hasta odalarının havasında saptanmıştır[20,24-30]. Singapur'da yapılan bir çalışmada, saatte 12 kez hava değişimi olmasına rağmen hava yolu izolasyon odalarında 1.8-3.4 viral RNA kopya içeren SARS-CoV-2 partikülleri (> 4 µm ve 1-4 µm) bulunmuştur[27]. Singapur'da bir hasta odasının hava çıkışından alınan sürüntü örneklerinde SARS-CoV-2 genetik materyalinin pozitif olduğu bildirilmiştir. Yazarlar bu bulgunun virüs içeren küçük aerosollerin hava akımı ile yer değiştirdiğine ve hava çıkışlarında biriktiğine işaret ettiğini bildirmişlerdir[5]. SARS-CoV-2 RNA'nın havadaki pik konsantrasyonlarının 0.25-1.0 µm ve > 2.5 µm çapında olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgular virüs içeren aerosollerin, havada uzun süre asılı kalabileceğine ve inhale edilebileceğine işaret ediyor olabilir[31].

Aerosol veya damlacık çekirdeklerinin oluşumundan sonraki nokta aerosol içinde virüsün infektivitesinin ne kadar süre devam ettiği ile ilgilidir. Havada ve yüzeylerde SARS-CoV-2'nin canlı kalabildiği deneysel olarak gösterilmiştir[32]. Fears ve arkadaşları tarafından deneysel olarak gerçekleştirilen bir çalışmada SARS-CoV-2 aerosolize edilmiştir. Bulgular inhale edilebilir aerosollerde infektivite ve virion bütünlüğünün 16 saate kadar kaldığını göstermiştir (Şekil 5)[33]. Smither ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada da SARS-CoV-2'nin İngiltere varyantının deneysel koşullarda yapay tükürük ve hücre kültürü kullanılarak aerosollerde canlı kalabildiği rapor edilmiştir[34].

Son olarak COVID-19 hastalarının izlendiği servislerde havada canlı SARS-CoV-2 varlığı hücre kültürü yöntemiyle gösterilmiştir[28].

Kim ve arkadaşları tarafından gelincikler kullanılarak yapılan bir deneyde, gelinciklerden biri SARS-CoV-2 ile infekte edilmiş, aynı ortama koyulan ve infekte gelincikle direkt temas eden gelinciklerde temas sonrası ikinci günde SARS-CoV-2 tespit edilmiştir. Bir bariyer koyularak bariyerin diğer tarafına yerleştirilen naiv gelinciklerde de viral RNA pozitif saptanmıştır. Bu bulgunun



Şekil 5. SARS-CoV-2'nin aerosollerdeki infektivite ve virion bütünlüğü[33].

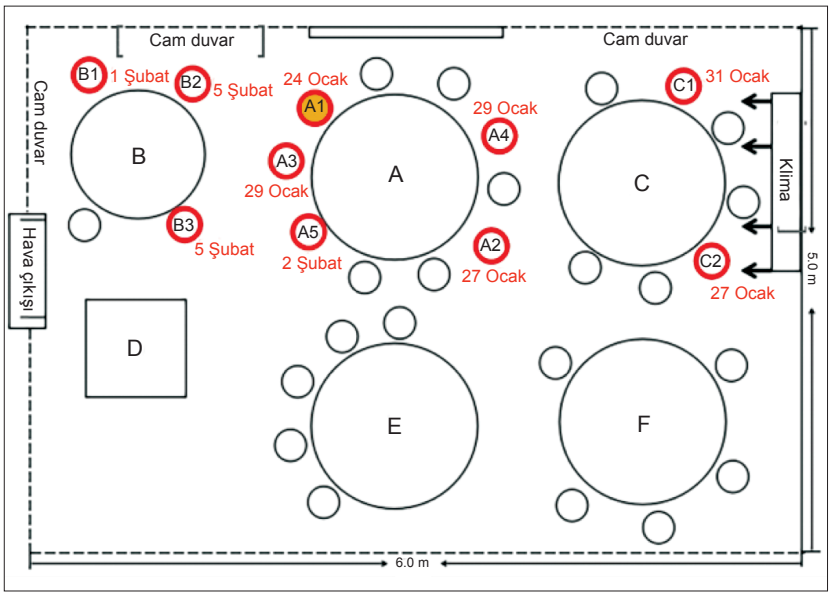
hava yolu ile bulaşa işaret ediyor olabileceği yorumu yapılmıştır. Gelinciklerde akut bronşiolitle birlikte nazal sürüntü, trakea, akciğer ve barsakta viral antijen varlığı tespit edilmiştir[35].

Richard ve arkadaşları tarafından yine gelincikler üzerinde yapılan bir diğer çalışmada da SARS-CoV-2'nin temas ve hava yolu ile bulaşabileceği gösterilmiştir. Ancak yazarlar iki ayrı kutuya koyulan gelincikler arasındaki mesafenin 10 cm olması nedeniyle bulaşın aerosolle mi yoksa damlacıkla mı olduğunu ayırt edemediklerini belirtmişlerdir[36].

Bulaş olması için üçüncü basamak, hedef dokulara yeterince viral yük içeren aerosolün ulaşabilmesidir[37]. Bu konuda bulaşın bildirildiği epidemiyolojik çalışmaların kanıt olarak kabul edilebileceği iddia edilmektedir. Bu yazıda aerosolle bulaş olabileceği iddia edilen çalışmalardan bir kısmı ele alınmıştır. Çin'de 3 Şubat'ta semptomatik bir hastanın kapısından birkaç kez geçen fakat direkt teması olmayan bir kişiye daha sonra COVID-19 tanısı koyulması hava yolu bulaşı olabileceği şeklinde yorumlanmıştır[16].

Lu ve arkadaşları çalışmalarında üç ailenin (A, B, ve C) 24 Ocak 2020'de yan yana üç masada öğle yemeği yediği, bu masalarda oturan 10 kişide (indeks vaka da dahil olmak üzere) COVID saptandığı bildirilmiştir. Garsonlar ya da diğer 15 masadaki 68 müşteriden infekte olan rapor edilmemiştir. Yazarlar tarafından bulaşın sadece damlacıkla olamayacağı, indeks vaka ile daha sonra infekte olan müşterilerden bir kısmı arasındaki mesafenin iki metreden daha uzun olduğu (bir müşteride 4.5 metre) kalabalık ve kötü havalandırması olan yerlerde aerosol bulaşı olabileceği bildirilmiştir (Şekil 6). Ancak damlacıkların klimadan gelen güçlü hava akımı yoluyla C masasından A'ya, oradan B'ye, sonra tekrar C'ye taşınmış olabileceği de rapor edilmiştir[38].

Çin'de Shen ve arkadaşları tarafından yayımlanan bir raporda Zheijang'da bir Budist tapınağına ibadet etmek için gidenler arasında, otobüste bulaş olduğu düşünülen bir salgın bildirilmiştir. Seyahat her iki yöne yaklaşık 50 dakika sürmüş, ibadet sırasında ise çoğunlukla bina dışında olmak üzere 150 dakika geçirilmiştir. Birinci otobüste 60, ikinci otobüste 67 kişi seyahat etmiş, dönüşte yolculardan otobüs ya da yer değiştiren olmadığı rapor edilmiştir. Birinci otobüste seyahat sonrası COVID-19 vakasına rastlanmamıştır. Seyahatten sonra ikinci otobüste seyahat edenlerde yolculuk sırasında semptomu olmayan bir kişi kaynaklı 23 COVID-19 vakası tespit edilmiştir. Atak rölatif riski birinci otobüse göre 41.5 kat daha fazla bulunmuştur. İndeks vakaya yakın oturanlarda uzaktakilere göre istatistiksel olarak artmış risk saptanmamıştır. Yazarlar bu bulgunun virüsün kıs-



Şekil 6. Oturma düzeni (38 numaralı kaynaktan değiştirilerek alınmıştır).

men de olsa hava yolu ile bulaşına işaret ettiğini ve belirgin derecede yüksek atak oranını açıklayabileceğini belirtmişlerdir (Şekil 7)[39].

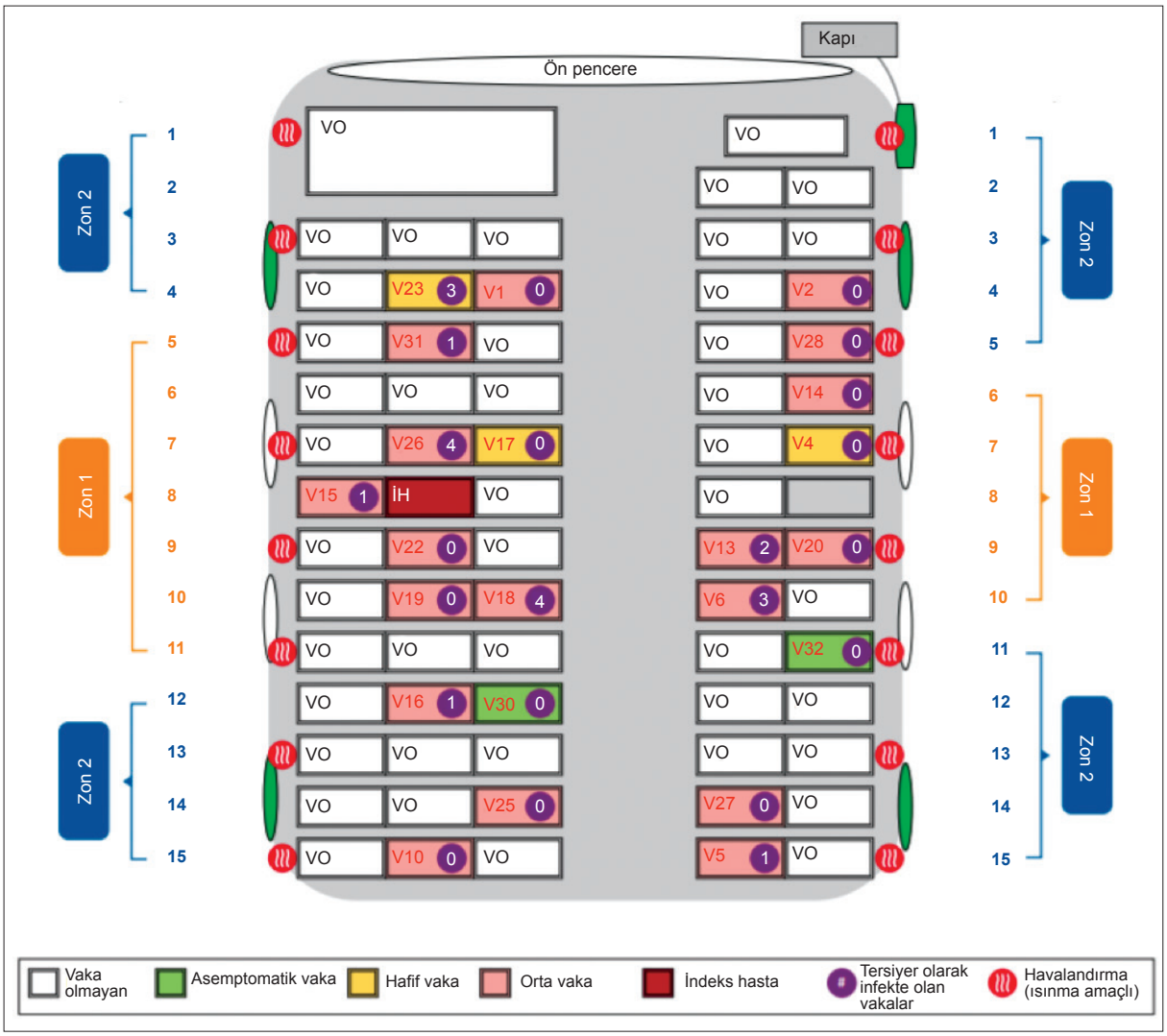
"Uzak mesafelerde hava ile bulaş olduğunun epidemiyolojik olarak kanıtı" aerosol ile bulaş için güçlü bir kanıt oluşturmaktadır. Eğer COVID-19 sadece yakın temas ve damlacıkla bulaşıyor olsaydı, indeks vakaya yakın oturan kişilerde, yani yüksek riskli bölgede daha fazla infekte vaka görülmesi gerektiği belirtilmiştir. İndeks vakada seyahat sırasında semptom olmaması, nefes alıp verme ile semptomatik olmadan önce sekonder vakalara yol açtığını göstermektedir[40,41].

Hammer ve arkadaşları tarafından, ABD'de bir koro çalışmasına katılanlar arasında yüksek COVID-19 atak oranı görüldüğü rapor edilmiştir. İndeks vakada semptom 7 Mart'ta başlamış ve bu kişi 10 Mart'ta koro çalışmasına katılmıştır. Atak oranı doğrulanmış vakalar dikkate alındığında %53.3, tüm vakalar dikkate alındığında %86.7 olarak bulunmuştur[42]. Diğer kümelenmelere göre atak oranının daha yüksek olması süper bulaştırıcı bir durum olduğunu düşündürmüştür[43,44]. Maruziyet ile hastalık başlangıcı arasındaki ortalama süre üç gün olarak bildirilmiştir. Koro üyeleri arasında yakın temasla damlacık yoluyla bulaş ya da cansız yüzeylerden geçişle bulaş söz konusu olabileceği rapor edilmiş, ayrıca şarkı söylemenin bulaşa katkıda bulunmuş olabileceğine dikkat çekilmiştir[17]. Konuşma sırasında aerosol saçılım oranı yüksek ses ile koreledir. Süper bulaştırıcı olarak adlandırılan bazı kişilerin diğerlerinden daha fazla partikül saçılımına yol açtığı ve süper bulaş durumlarına katkıda bulunduğu hipotezi ileri sürülmüştür[45].

Tang ve arkadaşlarının çalışmasında aerosolle bulaş için kanıt değerleri derecelendirildiğinde, SARS-CoV-2 için Jones ve Brosseau kriterlerine göre 9 üzerinden 8 değeri bulunmuştur[46,47]. Aerosol oluşumu ile ilgili 3 üzerinden 3, çevre koşullarında virüsün canlılığını devam ettirebilmesi ile ilgili 3 üzerinden 2, hedef dokulara ulaşma ile ilgili 3 üzerinden 3 puan verilmiştir. Bu puanlamaya göre SARS-CoV-2 tüberkülozla aynı grupta yer almaktadır. Aerosol bulaşına karşı çıkan bilim insanlarının iddiası ise aerosolle bulaştığı rapor edilen epidemiyolojik durumlarda damlacık ya da temasla bulaşın ekarte edilemeyeceği şeklindedir[48].

Sonuç olarak DSÖ tarafından da güncellendiği gibi kapalı, kalabalık ve havalandırması kötü olan yerlerde aerosolle bulaş olabilir.

Özellikle dışarıdan temiz hava almadan ısınma veya soğutma amaçlı mekan içindeki havanın resirkülasyonu SARS-COV-2 bulaşı açısından önemli risk oluşturmaktadır. Mevcut kanıtlar virüsün sadece temas ve damlacık ile değil hava yolu ile de bulaşabileceğini göstermektedir.



Şekil 7. Otobüste oturma düzeninin şematik görünümü (39 numaralı kaynaktan değiştirilerek alınmıştır).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. *World Health Organization (WHO). Available from: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019.*
2. *Jayawera M, Perera H, Gunawardana B, Manatunge J. Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. Environ Res 2020;188:109819.*
3. *World Health Organization (WHO). Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care. Geneva: World Health Organization; 2014. Erişim tarihi: 08.12.2020. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf?sequenc*
4. *Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Erişim tarihi: 08.12.2020. Available from: https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/scientific-review.html*
5. *Gralton J, Tovey E, McLaws ML, Rawlinson WD. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: a review. J Infect 2011;62:1-13.*

6. Nicas M, Nazaroff WW, Hubbard A. Toward understanding the risk of secondary airborne infection: emission of respirable pathogens. J Occup Environ Hyg 2005;2:143-54.
7. Tellier R. Aerosol transmission of influenza a virus: a review of new studies. J R Soc Interface 2009;6:783-90.
8. da Silva MG. An analysis of the transmission modes of COVID-19 in light of the concepts of Indoor Air Quality. REHVA 2020;57:45-54.
9. Wei J, Li Y. Enhanced spread of expiratory droplets by turbulence in a cough jet. Build Environ 2015;93:86-96.
10. Henrique A. Airborne transmission of COVID-19 measures to be taken indoors. HSE Seminar. Erişim tarihi: 17.11.2020. Available from: https://indico.cern.ch/event/968258/
11. World Health Organization press conference 11.02.2020. file:///C:/Users/user/Desktop/COVID-Aerosol/who-audio-emergencies-coronavirus-full-press-conference-11feb2020-final.pdf. Erişim tarihi: 08.12.2020.
12. https://twitter.com/who/status/1243972193169616898 Erişim tarihi: 08.12.2020.
13. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions: scientific brief, 09 July 2020. Available from: https://apps.who.int/iris/handle/10665/333114
14. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. Environ Int 2020;139:105730.
15. Ong SWX, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MSY, et al. PhD air, Surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. JAMA 2020;323:1610-2.
16. Wang J, Du G. COVID-19 may transmit through aerosol. Ir J Med Sci 2020;189:1143-4.
17. van Doremalen N, Morris DH, Hollbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020;382(16):1564-7.
18. Bourouiba L. Images in clinical medicine. A sneeze. N Engl J Med 2016;375(8):e15.
19. Wells WF. On air-borne infection: study II. Droplets and droplet nuclei. Am J Epidemiol 1934;20:611-8.
20. Xie X, Li Y, Chwang AT, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments–revisiting the Wells evaporation-falling curve. Indoor Air 2007;17:211-25.
21. Bourouiba L. Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions potential implications for reducing transmission of COVID-19. JAMA 2020;323:1837-8.
22. Papineni RS, Rosenthal FS. The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. J Aerosol Med 1997;10:105-16.
23. Loh NHW, Tan Y, Taculod J, Gorospe B, Teope AS, Somani J, et al. The impact of high-flow nasal cannula (HFNC) on coughing distance: implications on its use during the novel coronavirus disease outbreak. Can J Anesth 2020;67:893-4.
24. Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J, Bruce H, et al. First case of 2019 novel Coronavirus in the United States. N Engl J Med 2020;382:929-36.
25. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, et al. Clinical characteristics of Coronavirus disease 2019 in China. N Engl J Med 2020;30;382:1708-20.
26. Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. Nature 2020,581:465-9.
27. Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. Nat Commun 2020;11:2800.
28. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, Morwitzer MJ, Creager HM, Santarpia GW, et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. Sci Rep 2020;10:12732.
29. Ding Z, Qian H, Xu B, Huang Y, Miao T, Yen HL, et al. Toilets dominate environmental detection of SARSCoV-2 virus in a hospital. Sci Total Environ 2020;753:141710.
30. Jiang Y, Wang H, Chen Y, He J, Chen L, Liu Y, et al. Clinical data on hospital environmental hygiene monitoring and medical staffs protection during the Coronavirus disease 2019 outbreak. medRxiv 2020. E pub 2020 March 02.
31. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in twoWuhan hospitals. Nature 2020;582:557-60.
32. Chin A, Chu J, Perera M, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. Lancet Microbe 2020;1:e10.
33. Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC. Persistence of severe acute respiratory syndrome Coronavirus 2 in aerosol suspensions. Emerg Infect Dis 2020;26:2168-71.
34. Smither SJ, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS. Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. Emerg Microbes Infect 2020;9:1415–17.
35. Kim YI, Kim SG, Kim SM, Kim EH, Park SJ, Yu KM, et al. Infection and rapid transmission of SARS-CoV-2 in ferrets. Cell Host Microbe 2020;27:704-9.
36. Richard M, Kok A, de Meulder D, Bestebroer TM, Lamers MM, Okba NMA, et al. SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets. Nat Commun 2020;11:3496.
37. Jones RM, Brosseau LM. Aerosol transmission of infectious disease. J Occup Environ Med 2015;57:501-8.
38. Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China. Emerg Infect Dis 2020;26:1628-31.
39. Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z. Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. JAMA Intern Med 2020;e205225.

40. *Arons MM, Hatfield KM, Reddy SC, Kimball A, James A, Jacobs JR. Public Health–Seattle and King County and CDC COVID-19 Investigation Team. Presymptomatic SARS-CoV-2 infections and transmission in a skilled nursing facility. N Engl J Med 2020;382:2081-90.*

41. *He X, Lau EHY, Wu P, Deng X, Wang J, Hao X, et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. Nat Med 2020;26:672-5.*

42. *Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, et al. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice - Skagit County, Washington, March 2020. MMWR 2020;69:606-10.*

43. *McMichael TM, Currie DW, Clark S, Pogosjans S, Kay M, Schwartz NG, et al. Epidemiology of COVID-19 in a long-term care facility in King County, Washington. N Engl J Med 2020;382:2005-11.*

44. *Ghinai I, Woods S, Ritger KA, McPherson TD, Black SR, Sparrow L, et al. Community transmission of SARS-CoV-2 at two family gatherings - Chicago, Illinois, February-March 2020. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2020;69:446–50.*

45. *Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Sci Rep 2019;9:2348.*

46. *Tang S, Mao Y, Jones RM, Tan Q, Ji JS, Lia N, et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. Environ Int 2020;144:106039.*

47. *Jones RM, Brosseau LM. Aerosol transmission of infectious disease. J Occup Environ Med 2015;57:501-8.*

48. *Sommerstein R, Fux CA, Vuichard-Gysin D, Abbas M, Marschall J. Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. Antimicrob Resist Infect Control 2020;9:100.*

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Prof. Dr. Gül Ruhsar YILMAZ

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi,
İnfeksiyon Hastalıkları ve
Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı,
Isparta-Türkiye

E-posta: ruhsar6@yahoo.com