



T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
KOCAELİ DERİNCE SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ
ACİL TIP ANABİLİM DALI

DAMLACIK KORUYUCU BARİYERLERİN,
ENDOTRAKEAL ENTÜBASYON İşLEMİ ESNASINDAKİ
KORUYUCU ETKİNLİKLERİNİN KARşILAşTIRILMASI:
PROSPEKTİF MANKEN ÇALIşMASI

Dr. Erdem Aydın

TIPTA UZMANLIK TEZİ

KOCAELİ/2022



T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
KOCAELİ DERİNCE SAğLIK UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ
ACİL TIP ANABİLİM DALI

**DAMLACIK KORUYUCU BARİYERLERİN,
ENDOTRAKEAL ENTÜBASYON İşLEMİ ESNASINDAKİ
KORUYUCU ETKİNLİKLERİNİN KARşILAşTIRILMASI:
PROSPEKTİF MANKEN ÇALIşMASI**

Dr. Erdem Aydın

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin Cahit Halhallı

TIPTA UZMANLIK TEZİ

KOCAELİ/2022

İÇİNDEKİLER

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. SOLUNUM YOLU ANATOMİSİ.....	4
2.1.1. Nazal Kavite Anatomisi	4
2.1.2. Oral Kavite Anatomisi.....	6
2.1.3. Farenks Anatomisi.....	7
2.1.4. Larenks Anatomisi.....	9
2.1.5. Trakea Anatomisi	10
2.1.6. Sağ ve Sol Ana Bronşlar	10
2.1.7. Segmental Bronşlar, Bronşiyoller ve Alveoller	10
2.1.8. Akciğerler ve Torakal Boşluk	12
2.2. SOLUNUM FİZYOLOJİSİ.....	13
2.2.1. Pulmoner Ventilasyon Mekanizması.....	13
2.2.2. Solunum İşİ.....	15
2.2.3. Pulmoner Hacimler ve Kapasiteler	15
2.2.4. Solunum Hızı.....	17
2.2.5. Respiratuar Pasajın Fonksiyonları.....	17
2.3. SOLUNUM YOLU DİNAMİKLERİ.....	19
2.3.1. Damlacık.....	19
2.3.2. Hava Akımları	22
2.4. ENFEKSİYON HASTALIKLARI.....	22
2.4.1. Bulaş Yolları.....	23
2.4.2. Hava Yolu ile Bulaşan Hastalıklar	24
2.4.3. Pandemiler	25
2.4.4. COVID-19 Pandemisi	25
2.5. ENFEKSİYON HASTALIKLARINDAN KORUNMA	26

2.5.1.	Standart İzolasyon Önlemleri.....	26
2.5.2.	Bulaş Bazlı İzolasyon Önlemleri.....	27
2.5.3.	Damlacık Koruyucu Bariyerler	29
2.6.	ENDOTRAKEAL ENTÜBASYON VE RSI.....	32
3.	GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1.	SİMÜLASYON SİSTEMİ.....	33
3.1.1.	Manken	34
3.1.2.	Öksürük Simülatörü	35
3.2.	SİMÜLASYON SENARYOLARI.....	36
3.2.1.	Uygulayıcı Görevleri.....	36
3.2.2.	Koruyucu Bariyer Yöntemleri.....	37
3.2.3.	Solunum Senaryoları	38
3.2.4.	Örneklem Yerleri.....	38
3.3.	ÖRNEKLEME VE ANALİZ	38
3.3.1.	Fotoğraflama.....	38
3.3.2.	Görüntü İşleme	39
3.3.3.	İstatistiksel Analiz	42
4.	BULGULAR	43
5.	TARTIŞMA	61
6.	SONUÇ	69
7.	KISITLILIKLAR	70
8.	KAYNAKLAR.....	71

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

CDC: “Centers For Disease Control And Prevention”

COVID-19: Koronavirüs Hastalığı-19

DNA: Deoksiribonükleik asit

DSÖ (WHO): Dünya Sağlık Örgütü

FDA: Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi

HEPA: “High-Efficiency Particulated Air

HIV: İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü

ICTV: Uluslararası Virüs Taksonomisi Komitesi

İKYD: İleri Kardiyak Yaşam Desteği

KKE: Kişisel Koruyucu Ekipman

KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

MMO: “Maximum Mouth Opening”

OSAS: “Obstructive Sleep Apnea Syndrome”

PAPR: “Powered Air Purifying Respirator”

Px: Piksel

RNA: Ribonükleik Asit

RSI: Hızlı Seri Entübasyon

SARS: Ciddi Akut Solunum Sendromu

SARS-CoV-2: Şiddetli Solunum Yolu Enfeksiyonu Koronavirüs-2

TYD: Temel Yaşam Desteği

UV: Ultraviyole

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Sedimentasyon Hızı	21
Tablo 2: Değişik aktivitelerde ortama yayılan damlacık ya da havayolu ile bulaşan patojen sayısı	22
Tablo 3: Aerosol ile bulaşan etkenler	24
Tablo 4: Etkenlere göre uygulanacak önlemler.....	28
Tablo 5: Toplam Piksel Sayısı (px)	44
Tablo 6: UV piksel sayısı (px).....	45
Tablo 7: Damlacık Oranı (%)	46
Tablo 8: Ortalama Damlacık Boyutu (μm^2).....	47
Tablo 9: Maksimum Damlacık Genişliği (μm)	48
Tablo 10: Maksimum Damlacık Çapı (μm)	49
Tablo 11: Minimum Damlacık Çapı (μm)	50
Tablo 12: Ortalama Damlacık Çapı (μm).....	51
Tablo 13: Toplam piksel sayısı.....	52
Tablo 14: UV piksel sayısı	53
Tablo 15: Damlacık Oranı %	54
Tablo 16: Ortalama damlacık boyutu	55
Tablo 17: Maksimum damlacık genişliği	56
Tablo 18: Maksimum damlacık çapı	57
Tablo 19: Minimum damlacık çapı	58
Tablo 20: Ortalama damlacık çapı	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Nazal Kavite Anatomisi.....	5
Şekil 2: Nazal Valv	5
Şekil 3: Oral kavite anatomisi	7
Şekil 4: Genioglossus kası	7
Şekil 5: Farenks Anatomisi	8
Şekil 6: Larenks kartilaj yapısı.....	9
Şekil 7: Farenksten larenksin görünüşü	9
Şekil 8: Trakea, bronşlar ve alveol anatomisi.....	11
Şekil 9: Akciğer segmentasyonları	12
Şekil 10: Göğüs kafesi hareketleri	14
Şekil 11: Solunum süresince basınçlar	15
Şekil 12: Akciğer Volümleri ve Kapasiteleri	16
Şekil 13: Partikül boyutları ve Akciğer	19
Şekil 14: Islanabilirlik	20
Şekil 15: PAPR maske	29
Şekil 16: İzolasyon sedyesi	30
Şekil 17: Plastik Örtü	31
Şekil 18: Aerosol box - Dr. Hsien Yung Lai tasarımı	31
Şekil 19: Kliniğimizde kullanılan aerosol box.....	32
Şekil 20: Manken, hava yolu modifikasyonu	35
Şekil 21: Yöntemler	37
Şekil 22: UV ışık fotoğraf kabini.....	39
Şekil 23: Örnek fotoğrafları	40
Şekil 24: Görüntü işleme.....	41

ÖZET

Giriş ve Amaç: Koronavirüs-19 Hastalığı (COVID-19) pandemisiyle birlikte hastalıkların bulaş şekillerinin anlaşılması daha büyük önem taşımaktadır. COVID-19'un aerosoller ile taşındığı rapor edilmiş; aynı zamanda yapılan başka çalışmalarda, coronavirüsün havayolu ile bulaştığı ispatlanmıştır. İçinde bulunduğumuz pandemi döneminde damlacık koruyucu bariyerlerin kullanımı gündeme gelmiş, çeşitli yöntemler kullanılmış ve önerilmiştir; ancak bariyerler ve çeşitli diğer sistemlerin güvenilirliği, uygulama zorlukları ve etkinlikleri çalışılmakla beraber, koruyuculukları hakkında farklı görüşler mevcuttur. Bu çalışma ile bir resüsitasyon ekibinin güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılacak koruyucu bariyerlerin etkinlikleri, farklı solunum kondisyonlarında ve birbirleri arasında araştırılmış olup sonuçlar literatüre kazandırılacak şekilde düzenlenmiştir.

Materyal ve Metod: Çalışmamız, manken kullanılarak yapılan, prospektif, kesitsel simülasyon çalışması olarak tasarlandı. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onam alındı (Onam Numarası: 2021 – 38). Çalışmada, manken, hava akımı sağlayacak şekilde modifiye edildi ve 21 µm ortanca çapta damlacık üreten öksürük simülasyonu entegre edilerek kullanıldı. Acil serviste mevcut olan plastik koruyucu örtü, aerosol box ve suction box'ın etkinlikleri, ultraviyole boya bulaşı ile bilgisayar destekli sistemler yardımıyla değerlendirildi.

Bulgular: Etkinliğin değerlendirmesi amacıyla, UV piksel sayısı ve damlacık oranı parametreleri ile, koruyucu ekipmanlar koruyucu kullanılmayan senaryolara göre değerlendirildi. Normal solunum senaryosunda tüm koruyucu ekipmanlar, toplam ve oransal kontaminasyonu anlamlı düzeyde azaltmışlardır. Takipneik solunum senaryosunda, örtü ve suction box; öksüren hasta senaryosunda ise aerosol box ve suction box anlamlı düzeyde azalma sağlamıştır. Çoğu senaryoda, entübatör, sağ ve sol hemşire arasında, anlamlı fark gözlenmese de öksüren hasta senaryosunda ve takipneik hasta senaryosunda suction box lehine anlamlı farklılık gözlenmiştir. Entübatör için yapılan değerlendirmede, takipneik solunumda, örtü ve aerosol box arasında örtü lehine anlamlı farklılık gözlenirse de diğer senaryolarda ekipmanlar arasında koruyucu etkinlik açısından

fark gözlenmemiştir. Suction box kullanımında damlacık karakterleri açısından, istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük oranlar tespit edilmiştir.

Sonuç: Bizim çalışmamız metodolojik özelliklerimiz ve kantitatif ölçümlerimiz sayesinde her durumda da çeşitli miktarlarda bulaş olabileceğini göstermemiz açısından önemlidir. Ancak, her solunum paterninde de suction box kullanımı daha az bulaş ile ilişkili olarak tespit edilmiştir. Uygulayıcıların, bulaş miktarından bağımsız olarak, işlem öncesi ve sonrası davranışları ciddi bir maruziyete yol açabilir.

Anahtar kelimeler: Damlacık, Aerosol, Koruyucu Bariyerler, Endotrakeal Entübasyon, Ultraviyole Boya (UV)



ABSTRACT

Introduction and Aim: With the Coronavirus-19 Disease (COVID-19) pandemic, it is more important to understand the transmission modes of the diseases. It has been reported that aerosols transmit COVID-19; In other studies conducted simultaneously, it has been proven that the coronavirus is transmitted by air. During the current pandemic period, the use of droplet protective barriers has come to the fore. Various methods have been used and suggested; however, although the reliability, implementation difficulties, and efficacy of barriers and various other systems have been studied, there are different opinions about their protection. This study aimed to compare the effectiveness of protective barriers to be used in different respiratory conditions to ensure the safety of the resuscitation team.

Materials and Methods: Our study was designed as a prospective, cross-sectional simulation study using a manikin. Consent was obtained from the Health Sciences University Kocaeli Derince Training and Research Hospital, Clinical Research Ethics Committee (Consent Number: 2021 – 38). The manikin used in the study was modified to provide airflow and was used by integrating a cough simulator that produces droplets with a median diameter of 21 μm . The effectiveness of the plastic protective cover, aerosol box, and suction box available in the emergency room was evaluated with the help of computer-aided systems with ultraviolet paint contamination.

Results: For efficacy evaluation, UV pixel count and droplet ratio parameters and protective equipment were evaluated with scenarios without protective use. All protective equipment significantly reduced total and proportional contamination in the normal respiratory scenario. In the tachypneic respiratory scenario, the drape and suction box decreased, and in the coughing patient scenario, the aerosol box and suction box provided a significant reduction. Although no significant difference was observed between the intubator, right, and left nurse in most scenarios, a significant difference was observed in favor of the suction box in the coughing patient scenario and the tachypneic patient scenario. Although there was a significant difference between the drape and the aerosol box in the evaluation made for the intubator in tachypneic respiration, no difference was observed between the equipment in terms of protective effects in other scenarios.

Statistically, significantly lower rates were found in terms of droplet characters in the use of the suction box.

Conclusion: Our study is important because of our methodological features and quantitative measurements; we show that there can be various amounts of contamination in any case. However, the use of suction boxes in every respiratory pattern was associated with less transmission. Regardless of the amount of contamination, pre-and post-treatment behaviors of practitioners can lead to serious exposure.

Keywords: Droplet, Aerosol, Barrier Enclosures, Endotracheal Intubation, Ultraviolet Dye (UV)



1. GİRİŞ

Acil serviste damlacık yoluyla bulaşan hastalıkların yönetimi, Koronavirüs-19 Hastalığı (COVID-19) pandemisi ile günümüzde daha fazla tartışılır hale gelmiştir. Güncel literatür incelendiğinde damlacık yolu ile bulaşan hastalıklar üzerine yapılan çalışmaların arttığı gözlenmiştir. Nisan 2020’de Amerika Birleşik Devletleri Fen Bilimleri, Mühendislik ve Tıp Millî Akademileri tarafından COVID-19’un aerosoller ile taşındığı rapor edilmiş; aynı zamanda yapılan başka çalışmalarda, enfekte hastaların odalarından alınan hava örneklerinden “şiddetli solunum yolu enfeksiyonu koronavirüs-2 (SARS-CoV-2)” etkenine ait Ribonükleik Asit (RNA) materyali izole edilerek, koronavirüsün havayolu ile bulaştığı ispatlanmıştır (1).

Tanı ve tedavi uygulayıcı sağlık çalışanları, acil serviste çalışma süreleri esnasında; mekanik ventilasyon ihtiyacı olan, solunum veya kardiyak arrest durumundaki, hızlı tepki verilerek müdahale edilmesi gereken ve farklı klinik düzeydeki hastalar ile yakın temas içerisinde bulunmak durumunda kalırlar. Ayrıca taşıyıcı ama semptomsuz birçok hasta olduğu bilindiğinden, bulaş riskinin boyutları sanıldığından fazladır (2). Hiç şüphesiz ki, temel yaşam desteği (TYD) ve ileri kardiyak yaşam desteği (İKYD) uygulamalarının birinci basamağı güvenlidir (3).

Günümüzde TYD uygulamasında güvenlik başlığı altında damlacık yayılımı da sayılmalıdır. Bu sebeple hızlı müdahale yapılan anlarda önceden belirlenmiş güvenlik önlemleri uygulanmalı, bu yöntemler kanıta dayalı olmalı ve işlem başarısını en az etkileyecek şekilde planlanmalıdır. Özellikle içinde bulunduğumuz pandemi döneminde damlacık koruyucu bariyerlerin kullanımı gündeme gelmiş, çeşitli yöntemler kullanılmış ve önerilmiştir; ancak bariyerler ve çeşitli diğer sistemlerin güvenilirliği, uygulama zorlukları ve etkinlikleri çalışılmakla beraber, koruyuculukları hakkında farklı görüşler mevcuttur. Yapılan bir çalışmada koruyucu örtü bariyerlerinin direk damlacık maruziyetine karşı kullanılabileceği önerilmektedir (4). Başka bir çalışmada ise, havada asılı kalan partikül yayılımı değerlendirildiğinde, suction box dışındaki koruyucu bariyerlerin anlamlı olmadığı gösterilmiştir (5). Farklı koruyucu ekipmanların havayolu ilk geçiş başarısı ve entübasyon süresine olan farklı etkileri de gözlenmektedir (6).

Bu konu ile ilgili yayınlar incelendiğinde, genellikle tek bir solunumsal durumda ve tek uygulayıcının güvenliğini ölçen çalışmalar yapıldığı fark edilmiştir; ancak acil serviste farklı solunumsal durumlardaki hastalara ekip olarak müdahale edilmektedir. Bu çalışma ile bir resüsitasyon ekibinin güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılacak koruyucu bariyerlerin etkinlikleri, farklı solunum kondisyonlarında ve birbirleri arasında araştırılmış olup sonuçlar literatüre kazandırılacak şekilde düzenlenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

Enfeksiyon hastalıkları, günümüzde ölümlerin ciddi nedenleri arasındadır. Bunlara karşı sürdürülen savaş yüzyıllardır daha etkili yöntemlerin bulunması ile ilerlemiştir. Geliştirilen yöntemlerden en çarpıcı olanı, yaklaşık yüzyıllık geçmişe sahip olan antibiyotiklerdir (7). Antibiyoterapi, bakteri kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde çığır açmıştır; ancak viral enfeksiyonlara karşı, bu kadar etkili tedaviler yeterince yaygınlaşmamıştır. Antiviral tedavi hakkındaki literatür sınırlı düzeydedir; bununla birlikte viral enfeksiyonların önlenmesi için aşılama ile ilgili önemli gelişmeler sağlanmıştır. Aşılamanın dünya üzerindeki en önemli başarılarından bir tanesi, damlacık ve havayolu ile bulaşan, etkeni virüs olan Çiçek hastalığıdır. Çiçek hastalığının tüm dünyadan silinmesi için, 1966 yılında 10 yıl sonrasını hedefleyen bir aşılama programı başlatılmış, 1977’de bilinen son vaka gözlenmiş, 8 Mayıs 1980’de tamamen eradike edildiği duyurulmuştur (8,9).

Havayolu ile bulaşan hastalıkların yayılımındaki faktörlerden biri olan insan etkileşimi, günümüzde şehirleşme sayesinde ve hızlı ulaşım araçları yoluyla artmıştır. Bu durum, etkenlerin tüm dünyaya daha hızlı yayılarak, geniş popülasyonları etkilemesi ve pandemiye dönüşmesi riskiyle karşı karşıya kalmamıza sebep olmuştur. COVID-19 pandemisinin ilk fazında, damlacık yolu ile bulaşan SARS-CoV-2 virüsünün, Çin’den dünyanın geri kalanına çok hızlı yayılmasının sebebi, Wuhan gibi yoğun bir ulaşım ağı merkezinde ortaya çıkmış olmasıdır (10). Yapılan çalışmalarda, yaşamını havalimanı, tren istasyonu gibi ulaşım noktalarının fazla olduğu bölgelerde ve bu noktalara yakın yerlerde sürdüren popülasyonlarda; bulaş, hastalık ve ölüm oranlarının daha uzak bölgelerde yaşayan popülasyonlara kıyasla artmış olduğu bulunmuştur (11).

Pandemi süresince kişisel koruyucu önlemler alınması hakkında bilgilendirmeler ve sağlık çalışanlarının korunması amacıyla, hastanelerin iş akışında değişiklikler yapılmış, sağlık hizmetlerinde esnek mesai tedbirleri uygulanması kararlaştırılmış ve 22 Mart 2020 tarihinde yürürlüğe konmuştur (12), bu gibi önlemler gerekli olmasına rağmen halihazırda yoğunluğu olan sağlık sistemine ek yük oluşturmuştur. Sağlık çalışanlarının korunması için kılavuz önerileri yapılmış; ancak buna rağmen sağlık çalışanlarında topluma göre daha yüksek düzeylerde COVID-19 görülmüştür (13). Bu probleme çözüm yolu bulmak için damlacık yayılım mekaniği, damlacık yayılımı engelleyici bariyerler

üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır; bunun yanında aşı çalışmaları ve antiviral ajanların geliştirilmesi devam etmektedir.

Acil serviste damlacık yoluyla bulaşan hastalıkların yönetiminin önemi, günümüzde çok daha iyi anlaşılmıştır. Nisan 2020’de Amerika Birleşik Devletleri Fen Bilimleri, Mühendislik ve Tıp Millî Akademileri tarafından COVID-19’un aerosoller ile taşındığı rapor edilmiş; aynı zamanda yapılan başka çalışmalarda, enfekte hastaların odalarından alınan hava örneklerinden SARS-CoV-2 RNA materyali izole edilerek, virüsün havayolu ile bulaştığı ispatlanmıştır (1). İnsanlar soluk alıp verirken, konuşurken, öksürürken, hapşırırken, yemek yerken oral ve nazal yol ile havaya buhar ve damlacık yaymaktadırlar. Bu eylemler esnasında, yayılımın uzaklığı ve şiddeti farklıdır (14). Ancak entübasyon gibi yoğun müdahaleye ihtiyaç duyulan durumlarda, viral yük ve sağlık personeline bulaş riski normalden daha yüksek olabilir (13).

Tüm bu bilgiler ışığında, acil serviste endotrakeal entübasyon işlemi esnasında, partikül ve damlacık yayılımı maruziyetini engellemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu başlık altında; solunum dinamikleri, partikül ve damlacık yayılımı, damlacık yoluyla bulaşan enfeksiyonlar, entübasyon işlemi, koruyucu bariyerler ve bu bariyerlerin güvenilirliklerinin araştırılması için kullanılan simülasyonlar ve araştırma yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir.

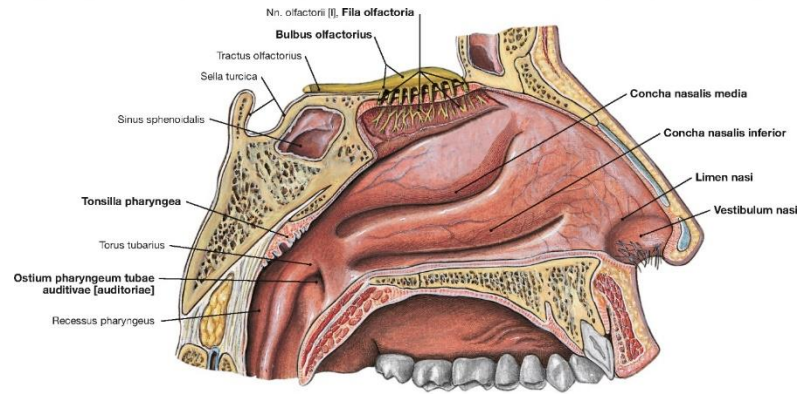
2.1. SOLUNUM YOLU ANATOMİSİ

Oksijenizasyonun korunması, havayolu yönetimi yapan profesyonellerin icra ettikleri en kritik görevlerden bir tanesidir. Stres altında hastanın zarar görmesini engellemek için hızlı ve koordineli bir yönetim gerekmektedir (15). Havayolu yönetimi üzerine çok sayıda çalışma yapılmış, kılavuzlar yayınlanmıştır. Havayolu yönetimi eğitiminin bir parçası da solunum yolu anatomisi ve fizyolojisi olmalıdır (16).

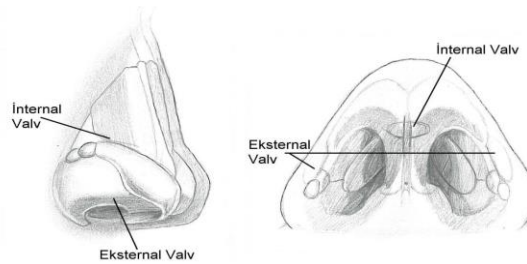
2.1.1. Nazal Kavite Anatomisi

Nazal kavite, oral kavitenin çatısı ile craniumun tabanı arasında kalan bölgedir. Solunum yolu fonksiyonel olarak burun deliklerinden başlar. Nazal kavite, nazal septum tarafından sağ ve sol olmak üzere iki parçaya ayrılır. Bu kavitelerin medial duvarı olan septum anteriorda septal kartilaj, posteriorda etmoid ve vomer kemiklerinden oluşmaktadır. Lateral duvara şeklini anteriorda maxilla, posterirorda palatin kemik ve

süperiorda ethmoid kemik kazandırır. Lateral duvar, üç adet konka tarafından helezon şekilli üç meatusa bölünür (Şekil 1). Konkalar, nazal kaviteye alınan havanın filtrasyonu, nemlendirilmesi ve ısıtılması görevini üstlenmiştir. Nazal kavitede, hem laminar hem türbülant hava akımı meydana gelmektedir. Bu durumun sebebi nazal valvdir (17,18). Nazal valv, internal ve eksternal olmak üzere iki kısımda incelenir (Şekil 2). İnternal nazal valv, limen nasi olarak da bilinir. Eksternal nazal valv ise kolumella, nazal taban girişi ve nazal rim (lobüler kartilajın kaudal sınırı) tarafından oluşturulur. Valvin sınırları; üst lateral kıkırdağın kaudali, nazal septum, alt konka ve burun tabanı tarafından oluşturulmaktadır. Valv açısı, üst lateral kartilajlar ile septum arasındaki 10-15 derece açılanmış, iki boyutlu bölgeyi tanımlar. Pasajın en daraldığı yer bu bölgedir (19). Bu darlık, hava akımına direnç oluşturacağı için tezat görünse de burun kanadını kontrol eden kaslar tarafından eksternal valvin genişliği değiştirilerek hava akımının hızı düzenlenir. Hava önce valv bölgesine uğrar, sonra daha geniş olan nazal kaviteye geçer ve bu geçiş arasındaki hız farkı türbülans ve anafor oluşmasına sebep olur. Bu türbülant akım ve anaforlar, havanın burun içi mukozasında daha fazla zaman geçirerek ısıtma, nemlendirme ve filtreleme faaliyetlerine katkı sağlar ve havanın, kavitenin apexine kadar ulaşmasını sağlayarak koku alma duyusuna yardım eder (17).



Şekil 1: Nazal Kavite Anatomisi (20)

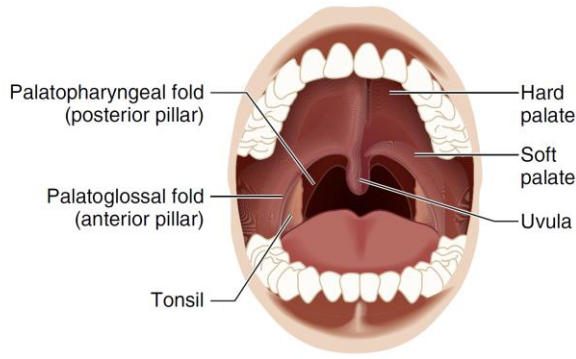


Şekil 2: Nazal Valv (19)

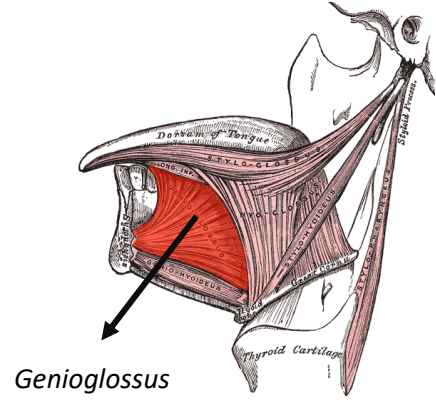
2.1.2. Oral Kavite Anatomisi

Oral kavite ve dil anatomisini bilmek, havayolunu korumak için yapılan manevraların ve cihazları uygulamak için kullanılan tekniklerin anlaşılmasında önemli bir yere sahiptir. Oral kavite, orofarenks ile devam eder, inferiorda dil, süperiorda sert ve yumuşak damak ile sınırlanır (Şekil 3). Oral kavitenin çatısı, ilk 2/3 kısmını maksillar kemiğin oluşturduğu sert damak, son 1/3 kısmını ise sert damağa bağlı olan fibromusküler tabaka tarafından oluşturulur (18). Oral kavite, vestibulum oris ve cavitas oris propria olmak üzere iki kısımdan oluşur. Vestibulum oris, dişler, bukkal gingiva ve yanaklar arasında kalan dar açılı bölümdür. Cavitas oris propria, alt ve üst dental kemer arasında kalan boşluktur ve ağız kapalı ya da dinlenme halindeyken dil tarafından tamamen doludur. Oral kavite dudaklardan başlar, dudaklar ağız çevreleyen musküler katlantılardır. Yiyecekleri yakalama, sıvı emme, konuşmaya yardımcı olma gibi görevleri vardır (21). Dudaklar tam ağız açıklığı oluşturmak için temporamandibular eklemin hareketinden faydalanır, ağız açıklığı 2,5-3 cm'yi geçtikten sonra orbicularis orisin güçlü kontraksiyonu dahi dudakları birleştirmeye yetmez (22). “Maksimum ağız açıklığı” (MMO), kişinin ağızını açabildiği en geniş haliyle üst-alt kesici dişler arasındaki mesafeyi tanımlar. Yaş, cinsiyet, ırk gibi etkenler ile değişmekle birlikte 45-55 mm aralığında değerlendirilmektedir, bu değer yaklaşık 3-4 parmak genişliği ile ifade edilir (18,23). MMO, en çok temporamandibular eklemin hareket kabiliyetinden etkilense de oral kanserler, miyopatiler, travma ve özellikle dudak çevresinde deri kalınlaşmasına sebep olan skleroderma gibi hastalıklarda azalabilir (24,25). MMO, 3 cm (iki parmak) altında ise zor entübüasyon kriteri olarak değerlendirilir (18).

Dil, farklı şekiller kazanabilen, hareketli ve kaslı bir organdır. Konuşurken kelimelerin oluşturulması ve yutkunma esnasında yiyeceklerin farenkse itilmesi olmak üzere iki temel görevi vardır (21). Dil, çok fazla kas yapısı ile bağlanmış olsa da havayolu yönetimi için en önemli olanı, mandibulaya bağlayan genioglossus kasıdır (Şekil 4). Bu bağlantı, jaw-thrust manevrası ile dilin meydana getirdiği tıkanıklığın giderilmesine imkan verir (18).



Şekil 3: Oral kavite anatomisi (18)



Şekil 4: Genioglossus kası

2.1.3. Farenks Anatomisi

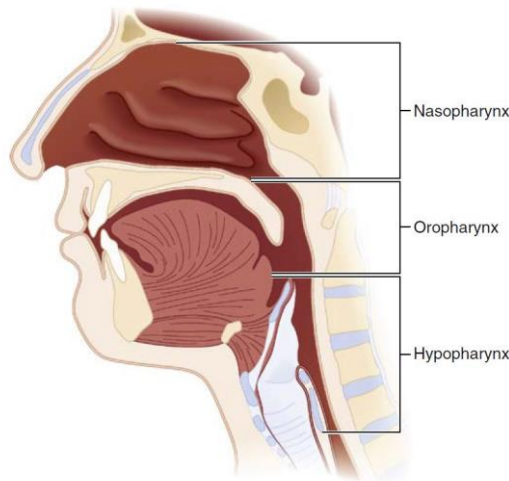
Farenks, kafa tabanından cricoid kartilaja kadar uzanan, nazal ve oral kaviteleri larenks ve özofagusa bağlayan, 12-14 cm uzunluğunda, ters koni biçiminde, tübüler bir kas yapısıdır. İlişkili kavitelere karşılık gelecek şekilde, nazofarenks, orofarenks ve laringo(hipo)farenks olmak üzere üç kısımdan oluşur (Şekil 5) (26). Farenksin posterior duvarı, buccofarengeal fasya tarafından oluşturulur, farenksi retrofarengeal aralıktan ayırır, trakeal ya da gastrik tüp uygulamaları esnasında bu fasya yırtılarak retrofarengeal diseksiyona sebep olabilir. Farengeal kas yapısı, uyanırken havayolunun açık kalmasını sağlar; ancak anestezi esnasında bu kasların tonusu kaybolacağı için üst havayolu tıkanacaktır, chin-lift manevrası ile farengeal kaslar gerdirilerek bu tıkanıklık önenebilir (18).

Nazofarenks, nazal kavite ile serbest açıklıktan bağlantılı, yumuşak damağın üzerinde uzanan bölgeyi tanımlar. Tabanı hariç tüm duvarları rijit yapıdadır. Nazal kavitenin, oral kavite ve solunum yolu ile bağlantısı farengeal isthmus sayesinde sağlanır. Yutkunma esnasında, yumuşak damağın elevasyonu ve palatofarengeal kasların kasılması ile isthmus kapatılarak, bu bölgeye geçiş engellenmektedir. Nazofarenksin üst ve arka duvarında farengeal tonsil bulunur, ödem veya enfeksiyon sebebiyle boyutlarının arttığı durumlarda nazal obstrüksiyon gelişebilir ve havayolu araçlarının kullanımında zorluk yaşanmasına sebep olabilir (18,26).

Orofarenks, yumuşak damağın alt sınırından başlayarak epiglottisin üst sınırına kadar devam eder, oral kaviteye serbest açıklık ile bağlıdır. Oral kavite ile arasındaki sınırı çizen yapılar, palatoglossal yay ve dilin farengeal yüzüdür. Lateral duvarları,

palatofarengeal yay ve palatine tonsil tarafından oluşturulur, posterior duvarı ise 2. ve 3. servikal vertebraların gövdeleri tarafından şekillenir. İnspirasyon esnasında oluşan negatif basınç ile orofarenksin kapanması, kaslar (genioglossus, tensor veli palatini, geniohyoid, stylohyoid) tarafından pasajın aktif olarak genişletilmesi sayesinde engellenmektedir. Bu aktif süreç uyanıkken gerçekleşmektedir, uyku ya da medikal sedasyon durumlarında bu kasların bazal tonusu pasajı açık tutmaya yetmeyebilir; bu durumlarda horlama ve obstrüktif uyku apnesi sendromu (OSAS) görülebilir. Palatine tonsiller sirkumfarengeal lenfoid halkanın birer elemanı olarak orofarenksin her iki lateral duvarında bulunur, erişkinlerde 25x15 mm boyutlarında olmakla birlikte boşluğa doğru uzanırlar. Hipertrofi geliştiğinde havayolu tıkanıklığına sebep olabilirler, çocuklarda sık enfeksiyon görülmesi durumlarında tonsillektomi yapılması gerekebilir (18,26).

Laringofarenks, epiglottisin üst sınırından başlayarak özofagus ile devam eder, larenks boyunca, cricoid kıkırdağın alt sınırına kadar uzanır. Orofarenksten lateral glossoepiglottic katlantı ile ayrılır. Laringofarenksin ön kısmında, larenksin eğik ve eğimli girişi yer alır. Yukarıda epiglot, aşağıda larenksin aritenoid kıkırdakları ve lateral olarak ariepiglottik kıvrımlar ile sınırlandırılmıştır. Girişin altında ise krikoid kıkırdağın arka yüzeyi tarafından oluşturulan laringofarenksin ön duvarı bulunur. Yutkunma esnasında bu açıklık epiglottis tarafından kapatılır. Laringofarenksin ön yüzünde, dil kökü ve epiglottis, glossoepiglottic katlantı sayesinde bağlanır, bu katlantı vallekula olarak da bilinir. Vallekula entübasyon işlemi esnasında, laringoskop blade ucunun yerleştirildiği boşluktur (18,26).

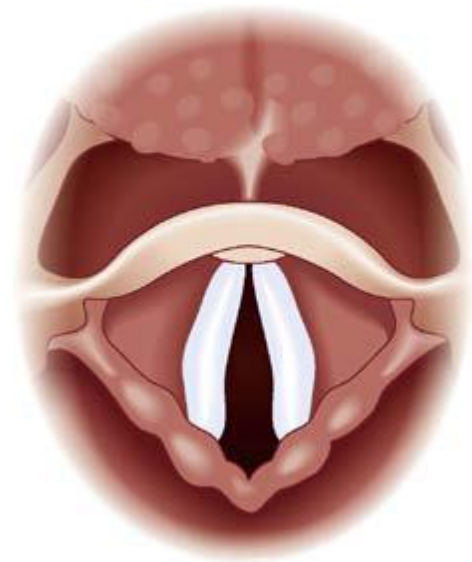
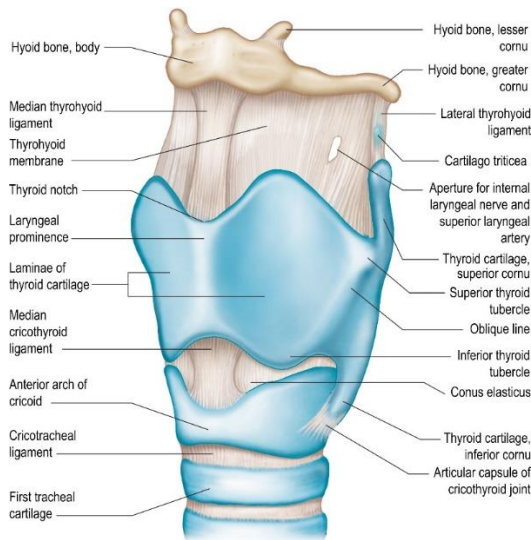


Şekil 5: Farenks Anatomisi (18)

2.1.4. Larenks Anatomisi

Larenks, kartilajlar, kaslar ve ligamanlardan oluşan trakeaya giriş sağlayan kompleks bir yapıdır. Aynı zamanda larenksin fonasyon görevi de mevcuttur. Kartilaj iskelet, birbirinden farklı dokuz kartilajdan meydana gelmektedir (Şekil 6). Bu kartilajlar, tiroid kartilaj, krikoid kartilaj; birer çift arytenoid, corniculate, cuneiform kartilaj ve epiglottur. Bu yapılar birbirlerine ligamanlar, membranlar ve eklem yüzeyleri ile bağlıdır ve tirohoid ligaman sayesinde hiyoid kemiğe asılı bulunmaktadırlar. Tiroid kartilaj en büyük ve yapıyı destekleyen temel kartilajdır, Adem elması da denilen tiroid üst çentiği, boynun önündeki en çıkıntılı yerdir, larengeal sinir bloğu ve perkütanöz girişimler için işaret noktasıdır.

Farenksten bakıldığı zaman, ilk olarak larengeal girişin ön sınırını oluşturan kartilaj flap yapısındaki epiglot görünür ve larenks bu seviyeden başlar (Şekil 7). Epiglot yutkunma esnasında yiyeceklerin larengeal inlete kaçmasını önler. Krikoid kartilajın alt sınırına kadar olan bölge, larengeal kavite olarak isimlendirilir, kavitenin üst kısmında “yalancı ses telleri” olarak da adlandırılan vestibüler katlantılar bulunmaktadır. Bu yapıların altında, posteriordan arytenoid kartilaja, anteriordan tiroid kartilaja bağlı bulunan vokal kordlar mevcuttur. Vokal kordları, anterior kommisur bir arada tutar, vokal kordların arasındaki boşluk glottis olarak isimlendirilir. Vokal kordların altında kalan larengeal boşluk vestibül olarak isimlendirilir, solunum yolu ise bu seviyeden sonra subglottis olarak adlandırılır (18).



Şekil 6: Larenks kartilaj yapısı (27)

Şekil 7: Farenksten larenksin görünüşü (18)

2.1.5. Trakea Anatomisi

Trakea, 16-20 adet at nalı-halka biçiminde 4 mm yüksekliğinde ve 1 mm kalınlığında kartilajın, birbirlerine anular ligament ile bağlanarak üst üste gelmesiyle oluşan boru biçiminde bir yapıdır. Anterior 2/3'ünü hyalin kartilaj, posteriror duvarını ise düz kas içeren fibroelastik membran oluşturur. Bu sayede inspirasyonda uzayabilir ve boyun hareketleri ile yapısını koruyabilir. Larenksin cricoid kartilajından başlar, bu seviye kadınlarda altıncı, erkeklerde yedinci servikal vertebra hizasına denk gelmektedir. Dördüncü-beşinci torakal vertebra hizasında, yaklaşık olarak sternal açının 1-3 cm aşağısında ikiye ayrılarak sonlanır. Servikal ve torasik olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İlk üç-dört trakeal kartilaj, servikal kısmını oluşturur. Bu bölümün ön tarafında sadece tiroid isthmusu ve deri bulunmaktadır, üst havayolu tıkanıklıklarında müdahale edilmesi gerektiğinde trakeostomi bu bölgeden yapılmaktadır. Torasik trakea, üst mediasten boyunca, her iki akciğere ana bronşları verdiği bifurkasyon noktasına kadar uzanan kısmıdır. Trakea, yetişkinlerde yaklaşık 10-11 cm uzunluğundadır. Bir yaşına kadar çapı 4 mm'yi geçmez, 6 yaşına kadar transvers çapı anteroposterior çapından geniş olmakla birlikte erişkinlik döneminde bu çaplar eşitlenir. Çocukluk döneminde trakea çapı genelde milimetre cinsinden yaşa eşittir, yetişkin erkeklerde yaklaşık 2 cm, kadınlarda 1.5 cm'dir. Lümen genişliği ise yaklaşık 12 mm'dir (27,28).

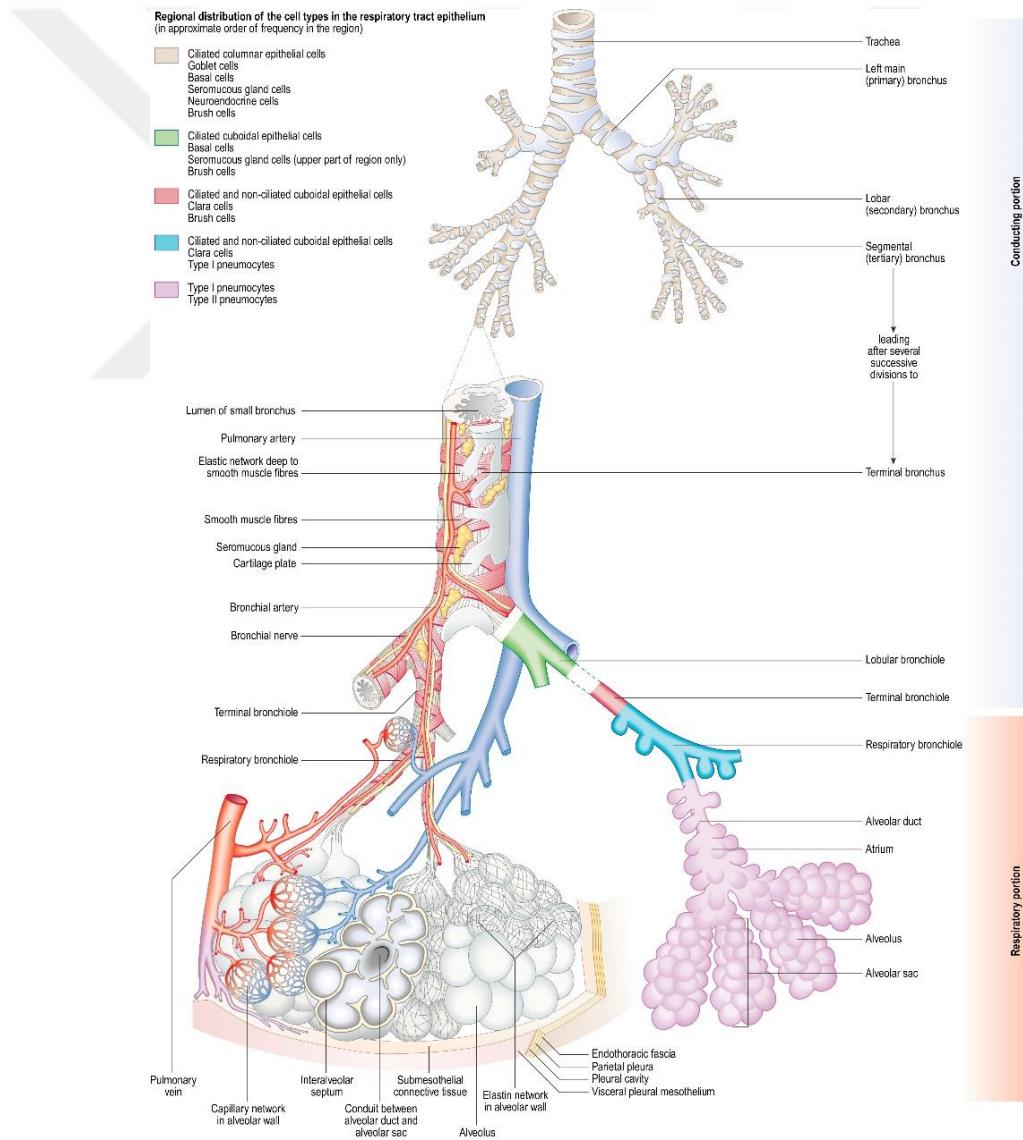
2.1.6. Sağ ve Sol Ana Bronşlar

Sağ ve sol ana bronşlar, akciğerlerin kökü olarak isimlendirilen bölgeden akciğerlerin içerisine giriş yaparlar. Sağ ana bronş 2.5 cm uzunluğunda, geniş, kısa ve sola göre daha dik seyirli olarak direk akciğere girer. Bu sebeple yabancı cisimler, daha çok sağ ana bronşa kaçma eğilimindedirler. Üç lobar bronşa ayrılır, önce superior ve intermedius dallarını verir, sonra intermedius dalı middle ve inferior olmak üzere ikiye ayrılır. Sol ana bronş ise 5 cm'dir, sağ ana bronştan daha uzun yatay seyirlidir. aortik arkı altından, özofagus ve torasik aortun önünden inferolateral seyrederek akciğere girer. Süperior ve inferior olmak üzere iki lobar bronşa ayrılır (27,28).

2.1.7. Segmental Bronşlar, Bronşiyoller ve Alveoller

Lobar bronşlar, segmental bronşlara ayrılırlar. Her iki akciğerde 10'ar adet segment bulunmaktadır. Havayolu ağacı, çap olarak gittikçe küçülse de paralel çok fazla ince hava yolu yapısı oluşturarak hava direncini kırmış olur. Havayolu ağacı segmenter

bronşlardan sonra, incelerek yaklaşık 1 mm genişliğindeki bronşiyolleri oluşturular. Bu yapılar devamında sekonder pulmoner lobül olarak adlandırılırlar. Sekonder pulmoner lobüller, bağ dokusu septalar ile birbirlerinden ayrılan, boyut ve şekilleri birbirlerinden farklı olan yapılardır. 3-6 arası terminal bronşiyolden oluşur (Şekil 8). Terminal bronşiyoller 3-4 adet respiratuar bronşiyole ayrılır. Respiratuar bronşiyoller kıkırdak yapı içermez ve her biri 3-8 adet alveoler kese ile sonlanan alveoler kanallara ayrılırlar. Alveolar keseler çok sayıda alveol içerir. Her bir akciğerde, doğumda yaklaşık 10 milyon alveol bulunurken yetişkinlikte bu sayı 300-500 milyona ulaşır. Toplam yüzey alanı ise 70-100 m² olarak tahmin edilir. Alveollerin genişliği ise akciğerin bulunduğu bölgesine, ekspiryum ve inspiryum anına göre değişkenlik göstermektedir (27,28).

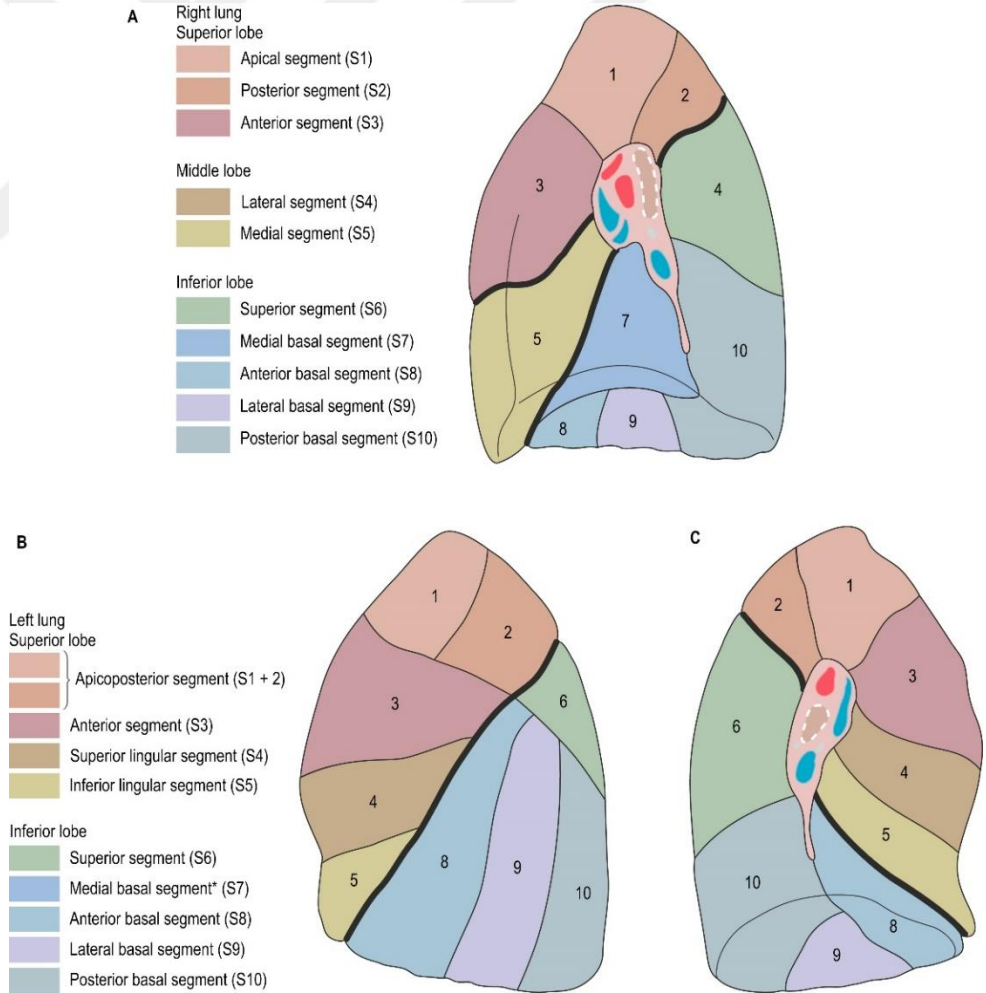


Şekil 8: Trakea, bronşlar ve alveol anatomisi (27)

2.1.8. Akciğerler ve Torakal Boşluk

Pulmoner kavite, plevral membran ile kaplıdır. Plevral membran, akciğerin şeklini alarak üstünü örter ve kaplayarak akciğerleri bir balon gibi kavite içinde tutar. Bu membranın iç kısmında akciğere temas eden kısmı viseral plevra, toraks duvarına temas eden dış kısmı ise pariyetal plevra olarak isimlendirilir. Bu membranın içerisinde hava yoktur, ince bir film tabakası oluşturan sıvı mevcuttur.

Akciğerler ise, inspire edilen havadaki oksijenin pulmoner kapillerler ile getirilen venöz kana, kapalı bir sistem sayesinde geçişini sağlayan; sağlıklı insanlarda yumuşak, hafif ve süngerimsi vasıfta olan, torakal kaviteyi tamamen işgal eden temel solunum sistemi organıdır. Sağ akciğer, sağ oblik ve horizontal fissür tarafından üç loba, sol akciğer ise tek oblik fissür ile iki loba ayrılmaktadır ve her iki akciğer 10'ar segmentten oluşmaktadır (Şekil 9) (28).



Şekil 9: Akciğer segmentasyonları (27)

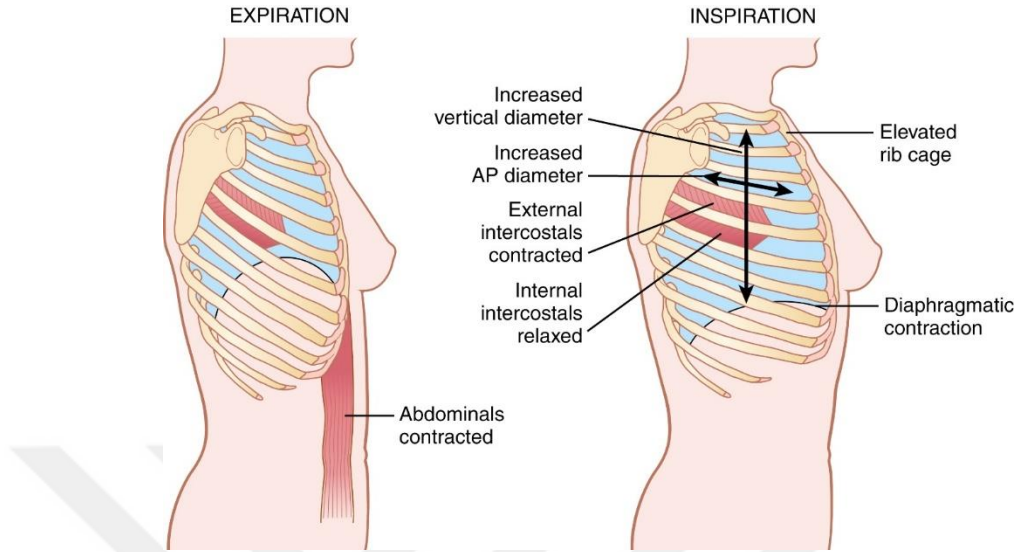
2.2. SOLUNUM FİZYOLOJİSİ

Solunumun temel amacı dokulara oksijen sunmak ve karbondioksitin uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Pulmoner ventilasyon, havanın atmosfer ile alveol arasındaki iki yönlü akışını tanımlamaktadır. Solunumun, difüzyon, transport ve regülasyon görevleri vardır. Difüzyon, alveol ve kan arasındaki oksijen ve karbondioksitin değişimini tanımlamaktadır. Transport (taşıma), kan ve vücut sıvıları içerisinde oksijen ve karbondioksitin dokulara ve dokulardan akciğerlere taşınması, regülasyon (düzenleme) ise hava akımının ve solunumun diğer bölümlerinin düzenlenmesi görevini tanımlamaktadır (29).

2.2.1. Pulmoner Ventilasyon Mekanizması

Akciğerler, iki mekanizma ile genişleyebilir ve küçülebilir. Bir tanesi, diyaframın aşağı ve yukarı hareketi sonucu göğüs kafesinin, longitudinal uzaması ve kısalması diğeri ise kotların yükselme ve alçalma hareketi sonucu göğüs kafesinin anteroposterior çapının artmasıdır. Normal, başarıyla tamamlanmış bir solunum diyaframın hareketi ile başlar. Diyafram, nefes alma boyunca kasılarak, akciğerin alt yüzünü aşağı çeker ve bu sayede havanın içeri girmesi sağlanır. Nefes verme boyunca ise diyafram gevşer, akciğerlerin ve göğüs kafesinin recoil yeteneği ve batin içi yapıların baskısı ile hava atılır. Eforlu solunum esnasında elastik kuvvet, hızlı hava çıkışını sağlayacak kadar kuvvetli değildir; bu yüzden karın kasları kasılarak batin içi yapılar yukarı itilir, bu sayede diyaframa sağlanan mekanik destek ile akciğerlerin küçülmesi sağlanır. Akciğerlerin genişlemesini sağlamak için kullanılan ikinci yöntem ise; göğüs kafesinin yükseltilmesidir (manivela hareketi). Göğüs kafesinin yükseltilmesi, normal pozisyonda aşağı doğru eğimli duran kotların yükselmesini ve bu sayede vertebral kolona doğru yatık halde duran sternumun öne doğru pozisyon değiştirerek, inspirasyon esnasında, %20 daha fazla ön arka çapı elde edilmesini sağlar. Bu sebeple göğüs kafesini yükselten kaslar, inspirasyon kasları; göğüs kafesini alçaltan kaslar ise ekspirasyon kasları olarak adlandırılır. Göğüs kafesinin yükseltilmesinde kullanılan en önemli kas eksternal interkostal kaslardır, bunun yanında *sternocleidomastoid*, *anterior serratus* ve *skalen* kaslar da yardımcı olmaktadır. Göğüs kafesini aşağı çekerek ekspirasyona destek olan kasların başında ise *abdominal recti* gelmektedir. Bu kas özellikle alt kotları aşağı çekerken batin içi organları sıkıştırarak diyaframa doğru iter, bu sürece internal interkostal kaslar da yardım eder. Solunum esnasında internal ve eksternal interkostal kaslar birbirlerine karşıt çalışarak, kotlara

kaldıraç hareketi sağlar ve bu sayede göğüs kafesinin, genişlemesi ve küçülmesine sebep olurlar (Şekil 10) (29).

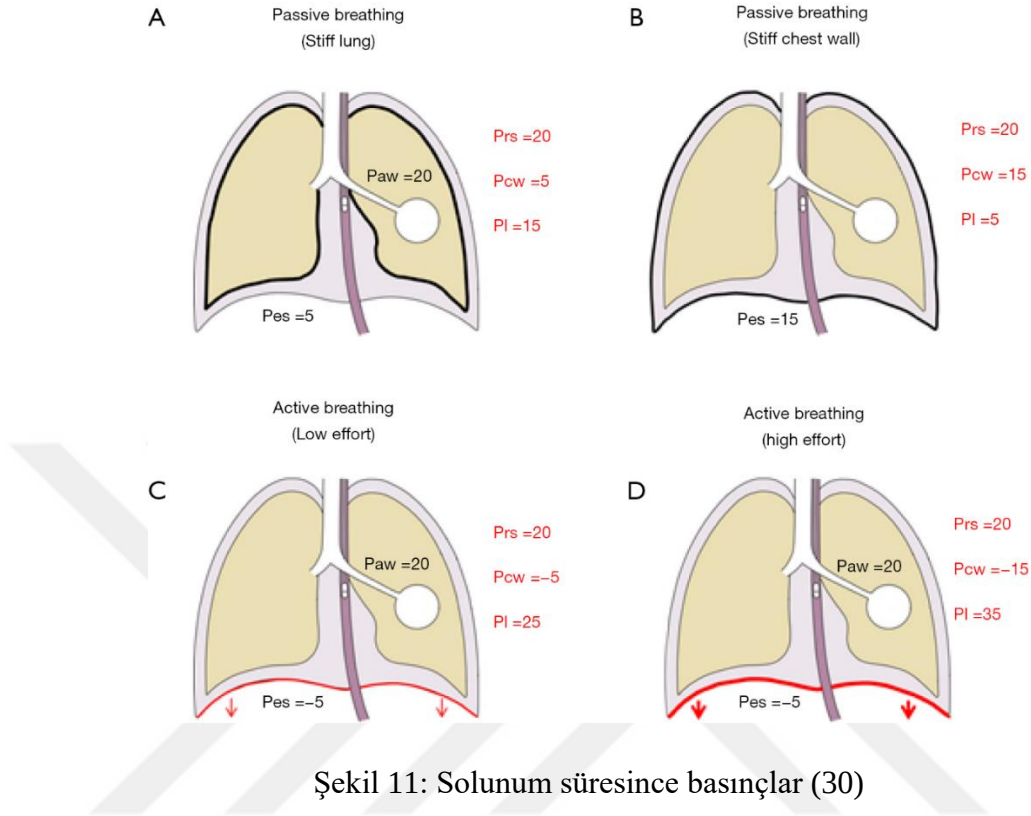


Şekil 10: Göğüs kafesi hareketleri (29)

Göğüs kafesinin genişlemesi ve küçülmesi üzerine etkili olan kuvvetleri ve zorlu solunumda, akciğerlere daha iyi hava dolmasını ve ekspirasyonun tam yapılabilmesi için gerekli olan fizyolojik değişiklikleri bilmek ve anlamak, acil serviste hızlı karar verirken hastanın durumundan ve kullandığı kaslardan mevcut halini değerlendirmemize, erken ve doğru tedavi uygulamamıza yardımcı olmaktadır. Bu sebeple, solunum sistemi hastalıkları üzerine yapılan çalışmaların yönetiminde solunum fizyolojisinin iyi anlaşılmış olması gerekmektedir.

Akciğerler ve göğüs duvarı arasındaki bağlantı incelendiğinde, kelimenin tam anlamıyla, akciğerler göğüs kafesi içerisinde yüzmektedir ve sadece hiler bölgeden mediastene asılmıştır. Akciğerler, lenfatik sistem sayesinde sürekli emilen, ince, lubrikan sıvı tabakası sayesinde hareket edebilecek şekilde göğüs duvarına yapışık durmaktadır. Bu sıvı negatif basınç oluşturur, plevral basınç normal solunumda inspirasyonun başında yaklaşık -5 cmH₂O değerinden -7.5 cmH₂O değerine ulaşır. Glottis açıkken, tüm solunum ağacı ve alveol içi basınç atmosferik basınca eşittir. İnspirasyon evresinde, alveol basıncı yaklaşık -1 cmH₂O değerine geriler, bu alçak basınç yaklaşık 2 sn içerisinde akciğerlere 500 ml hava dolması için gerekli olan basınçtır. Ekspirasyon evresinde ise, bu basınç 500 ml havanın 2-3 sn içerisinde boşalmasına yeterlidir. Transpulmoner basınç, alveol ve plevral basınçların farkıdır ve akciğerlerin recoil basıncını gösterir. Transpulmoner

basınca oranla akciğerin genişlemesi ise akciğer kompliance olarak adlandırılır. Normal erişkinlerde akciğer kompliance, 200 ml hava/cmH₂O'dur (29).



Şekil 11: Solunum süresince basınçlar (30)

2.2.2. Solunum İşi

Normal tamamlanan solunumda, tüm kasların inspirasyonda kasıldığı ve ekspirasyonun pasif bir süreç olduğuna dikkat çekilmektedir. İnspirasyon esnasında, akciğeri genişletebilmek için; akciğerin kompliance'ına karşı yapılan elastik iş, akciğer viskozitesi ve göğüs duvarı yapılarına karşı yapılan doku direnci işi, hava yolu ve hava akımına karşı yapılan havayolu direnci işi olmak üzere üç işten bahsedilir. Normal süreçte toplam harcanan enerjinin yaklaşık %3-5'i soluk alıp vermek için kullanılmaktadır; ancak egzersiz esnasında, havayolu direncinin arttığı veya pulmoner compliance'ın düştüğü durumlarda enerji ihtiyacı 50 katına çıkabilmektedir (29).

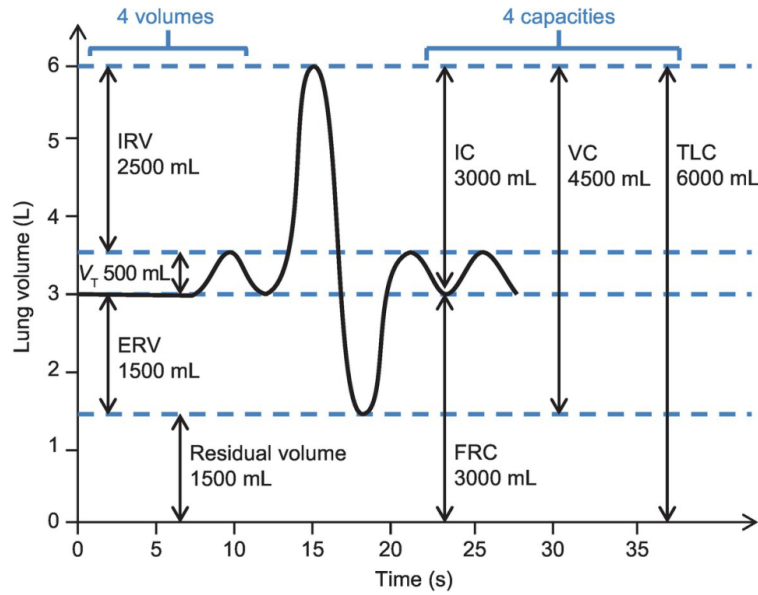
2.2.3. Pulmoner Hacimler ve Kapasiteler

Hacim, gazların kapladığı boşluk olarak tanımlanmaktadır. Sabit sayıda gaz molekülünün kapladığı hacim basınç ve sıcaklıktan etkilenmektedir. Akciğerlere giren ve çıkan gaz miktarı, spirometrik yöntemlerle ölçülebilir. Vital kapasite (VC) ve tidal hacim (VT) tek başına spirometre ile ölçülebilse de total akciğer kapasitesi gibi bazı ölçümler

helyum dilüsyonu ya da platismografi gibi ek yöntemlere ihtiyaç duymaktadır. Akciğer volüm ve kapasiteleri şekil 12’de gösterilmektedir (31).

Tidal hacim (VT), normal sağlıklı bir insanda, normal solunumda 500 ml’dir. İnspiratuar rezerv hacim (IRV), tam güçte normal tidal volüm üzerine alınabilen hava miktarıdır, genellikle 3000 ml ölçülür. Ekspiratuar rezerv hacim (ERV), tidal volüm çıkarıldıktan sonra, tam güç ile çıkartılabilecek maksimum hava miktarıdır, yaklaşık 1100 ml’dir. Rezidüel hacim (RV), tam güç ile hava çıkarıldıktan sonra akciğerlerde geri kalan hava miktarıdır, yaklaşık olarak 1200 ml’dir (29).

İnspiratuar kapasite (IC), tidal hacim ile inspiratuar rezerv hacimin toplamıdır yaklaşık 3500 ml’dir, inspirasyon başladıktan sonra alınabilecek maksimum hava miktarını göstermektedir. Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC), ekspiratuar rezerv hacim ve rezidüel hacimin toplamıdır, yaklaşık 2300 ml’dir, normal solunum sonrası akciğerlerde kalan havanın ölçümünden elde edilir. Vital kapasite (VC), inspiratuar kapasite ve ekspiratuar rezerv hacmin toplamıdır, yaklaşık 4600 ml’dir, tam güç ekspirasyon sonrası alınabilecek hava miktarıdır. Total akciğer kapasitesi (TLC), vital kapasite ile rezidüel hacimin toplamıdır, yaklaşık 5800 ml’dir, akciğerlerin tam genişleme sonrası içerisinde barındırabileceği hava miktarıdır (29).



Şekil 12: Akciğer Volümleri ve Kapasiteleri (32) (Kısaltmalar: VT: Tidal Volüm, IRV: İnspiratuar Rezerv Volüm, ERV: Ekspiratuar Rezerv Volüm, IC: İnspiratuar Kapasite, VC: Vital Kapasite, FRC: Fonksiyonel Rezidüel Kapasite, TLC: Toplam Akciğer kapasitesi)

2.2.4. Solunum Hızı

Normal solunum hızı 12 soluk/dk'dır. Tidal volüm ile çarpıldığında 6 L/dk değeri görülmektedir. İnsan en düşük 2-4 soluk/dk ve 1.5 L/dk değerleri ile kısa süre hayatta kalabilir. Solunum hızı ise en fazla 40-50 soluk/dk, tidal volüm ise yaklaşık 4600 ml düzeylerine çıkabilir. Ancak insanların yarısından fazlası bu solunum düzeylerini 1 dakikadan fazla sürdüremez (29).

Takipne ise hızlı soluk alıp vermeyi tanımlamaktadır, egzersiz gibi durumlarda patolojik olmadan da gözlemlenebilir. Sepsis, diyabetik ketoasidoz gibi sistemik hastalıklarda; başlıca pnömoni, karbonmonoksit zehirlenmesi, pulmoner emboli, plevral efüzyon, astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi solunum yolu hastalıkları, alerji, anksiyete ya da yabancı cisim aspirasyonu gibi diğer medikal durumlarda da takipne gözlenebilir. Takipne, 20 üzeri solunum sayısını ifade etmektedir (33).

2.2.5. Respiratuar Pasajın Fonksiyonları

Trakea, bronş ve bronşiyoller: Respiratuar pasajın en önemli görevi glottisten alveollere kadar havayolunu açık tutmaktır. Trakeayı, kollapstan korumak için, rijit kartilajlar mevcuttur; ancak bronşlarda akciğerin yeterli ekspansiyonu sağlamak için harekete izin verecek şekilde daha yumuşak bir yapı mevcuttur, bu yüzden daralma olasılığı daha yüksektir. Bronşiyollerde ise kollapsı engelleyen düz kaslardan başka yapı mevcut değildir ve çapları 1.5 mm'den azdır. Bu durumda, transpulmoner basınç devreye girer ve kollapsı engelleyerek alveollerin geniş kalmasını sağlar (29).

Bronşiyal ağacın direnci: normal solunum kondisyonunda, alveol ve atmosfer arasındaki 1 cmH₂O değerinde fark solunumun tamamlanması için yeterlidir. Trakeya yakın olan büyük hava yollarından, küçük bronşiyollere doğru gelişen hava akımında büyük miktarlarda dirençle karşılaşılacağı düşünülse de, yaklaşık 65000 paralel ince bronşiyol olması sebebiyle ciddi bir direnç ile karşılaşılmamaktadır. Bronşiyal kasların kasıldığı, ödem geliştiği ya da mukus ile tıkanan durumlarda ise bu ince havayolları, hava pasajında yüksek miktarlarda direnç gelişmesine sebep olabilir (29).

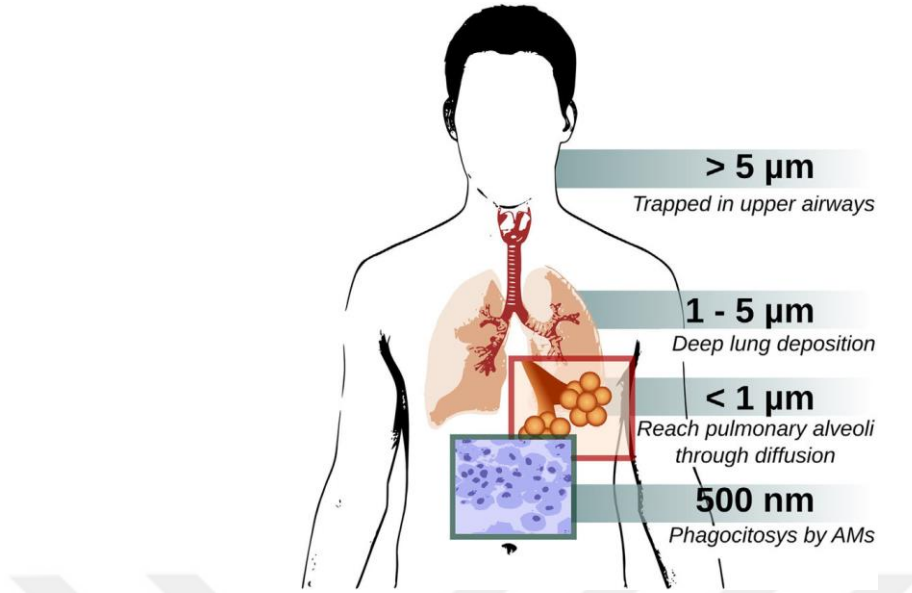
Lokal sekretuar faktörler: Histamin ve yavaş reaksiyonlu anaflaksi maddesi (SRS-A), aktif bronşiyal konstiriksiyona sebep olabilir. Bu iki madde de akciğerlerdeki mast hücrelerinden sentezlenerek salınır ve alerjik astım gibi hava yolu obstrüksiyonu

geliştiren durumlarda anahtar rol oynarlar. Viral enfeksiyonlar da bu tepkimelerin tetiklenmesinde sebep olurlar (29).

Havayolunun temizlenmesi, Mukus üretimi ve silyar aktivasyon : Tüm havayolu -burundan alveole- mukus tabakası sayesinde nemli tutulmaktadır. Bu mukus tabakası aynı zamanda havayolunda küçük partiküller için bir tuzak görevi görmektedir. Bu tabakanın altındaki epitel hücrelerinde, hücre başına 200 adet silya mevcuttur. Silyalar, saniyede 10-20 kez, farenkse doğru güçlü vuruş hareketi yaparak mukus tabakasını pasaj boyunca kaldırır. Üst havayollarına iletilen bu tabaka, yutma ya da öksürük yolu ile atılır (29).

Öksürük refleksi: Trakea ve bronşlar, hafif dokunmaya ve küçük partiküllerin temasına karşı çok hassastır ve hızlıca irrite olurlar. Özellikle larenks, karina ve alveoller kimyasal gaz irritasyonuna karşı daha sensitiftir. Vagus siniri, beyne uyarı göndererek, otomatik sıralı eylemlerin gerçekleşmesini tetikler. Bu eylemler sırasıyla; hızlıca 2.5 litre hava alınması, epiglotun kapatılarak ve vokal kordların sıkılarak havanın akciğerin içinde kalmasının sağlanması, diyafram, abdominal ve diğer ekspiratuar kasların güçle kasılarak göğüs içi basıncın 100 mmHg değerine yükseltilmesi, epiglot ve vokal kordların bir anda açılarak içeride sıkışmış olan havayı dışarıya atması ile 75-100 mph (2-5 m/sn) hızında hava akımı oluşmasını sağlamaktadır. Havayolunun nemli kalması ve küçük partiküllere karşı tuzak işlevi gören mukus tabakası öksürük refleksi le hızlı bir şekilde ağız ve burun boşluğu yolu ile dış ortama yayılmaktadır. Bu tabaka içerisinde hava yolu ile bulaşan, aerosol şeklinde viral etkenleri de içinde bulunduğu unutulmamalıdır (29).

Havayolunda hapsedilen partiküller: Burnun türbülans akımı ile 6 mikrometreden geniş partiküllerin havayoluna girişi engellenir. Çoğunluğu oluşturan 1-5 mikrometre boyutundaki partiküller ise yerçekimi sebebiyle bronşiyollere çökme eğilimindedir. 0.5-1 mikrometre arası partiküller ise alveolar duvara difüze olarak alveolar sıvıya geçebilir ya da alveol duvarına tutunabilir, 0.5 mikrometreden küçük partiküller ise, alveol içindeki havada asılı kalarak hava ile dışarıya atılır (Şekil 13) (29).



Şekil 13: Partikül boyutları ve Akciğer (μm : mikrometre, nm: nanometre) (34)

2.3. SOLUNUM YOLU DİNAMİKLERİ

Yıllar içinde teknolojinin de gelişmesi ile havayolu dinamikleri ve nefes alma, konuşma, öksürme, hapşırma, horlama gibi solunum sistemi tarafından atmosfere hava püskürten durumlar üzerine çalışmalar yapılmış; farklı durumlarda solunum sisteminin üfleme hızları, yaydığı partiküllerin boyutları ve dinamikleri fiziki ölçümlerle belirlenmiş, bu konu üzerine bilgisayar ortamında 3 boyutlu modelleme ve analizler yapılarak, havayolu ile bulaşan hastalıkların anlaşılması ve yayılımını engellemek için araştırmacılara referans oluşturacak bilimsel veriler üretilmiştir.

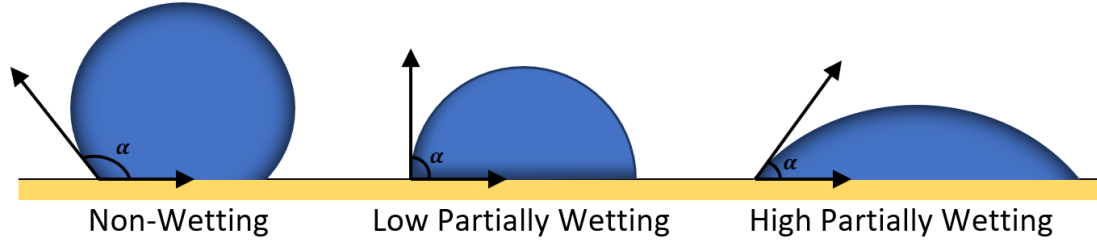
2.3.1. Damlacık

Damlacık, tipik olarak sıvı içeren, küçük elipsoid şekillerdir. Yapıları çeşitli çevresel ve fiziksel parametrelerden etkilenirler, örneğin yağmur damlalarının 1-3 mm'den küçük olması beklenir. Daha büyük damlacıkların ise hava sürtünmesi ve yüzey gerilimi gibi yapısal sınırlarına ulaştıklarında, parçalanmaya mahkum oldukları gözlenmiştir. Damlacıkların tüm yüzeyi serbest olabilir veya bir yüzeye asılı olarak durabilirler. Sürfaktanlar, yüzey gerilimi, kılcallık, vizkozite ve yer çekimi damlacık oluşumunu ve birleşimini etkileyen temel faktörlerdendir. Eğer dış etkenlerin olmadığını düşünürsek, damlacıklar minimum yüzey alanına sahip olma davranışını göstererek küre biçimini alacaktır (35). Damlacıklar, belirli limitlerde ayrışma eğilimi gösterdikleri gibi birleşme eğilimi de gösterirler, küçük damlacıklar birleşerek damlaları oluşturur; bu

durum koalesans olarak isimlendirilir. Yağmur damlaları ele alınırsa, damlacıklar birleşerek 0.5 mm' den daha büyük damlalar oluştururlar, ancak boyutu 4 mm üzerine çıkarsa tekrar iki eşit damlaya bölünürler (36).

Damlacık eğer düz bir yüzeye oturursa “sessile” damlacık olarak isimlendirilir ve aksiyal simetriye sahiptir. Yüzey, dikey pozisyona doğru dönüş gerçekleştirir ise damlacık asimetrik bir şekil alacaktır; yüzeyin dönüşü devam ederek alt üst olduğunda, damlacık aşağı doğru asılı şekilde durur ve “pendant” damlacık olarak isimlendirilir. Dikey damlacıklar üzerine yapılan çalışmalar tıpta tanı koyma amacıyla da kullanılmaktadır. Damlacıkların sessile ya da pendant olması, ıslanabilirlik ve damlacık evaporasyonu üzerine etkilidir (36).

Islanabilirlik: Sıvı-katı etkileşiminin bir diğer önemli özelliğidir. Damlacığın yapısı ve oturduğu yüzeyin özelliklerine göre yayılması olarak tanımlanır. Damlacık, hidrofobik bir yüzeyde daha yüksek temas açısına sahip olacaktır, temas açısı arttıkça ıslanabilirlik azalır (Şekil 14) (35).



Şekil 14: Islanabilirlik (α :temas açısı) (35)

Evaporasyon: sıvıların buharlaşması olarak tanımlanır. Ortam sıcaklığına ve buhar basıncına bağlı olarak her sıvı buharlaşma davranışı gösterecektir. Havada, düşen ya da süzülen damlacıklar buharlaşmaya maruz kalır ve boyutu küçülür; bu süreçte kısa bir süre için damlacık buharlaşma sebebiyle soğur ve çevresinde ince bir doymuş buhar tabakası oluşur; ancak damlacığın sıcaklığı ortam sıcaklığından düşük olduğu anda ısı akışı ve buharlaşma devam eder. Evaporasyon devam ettikçe, sıvı azalır veya biter; bu durumun sonucunda damlacık çekirdeği olarak isimlendirilen yapı meydana gelir (37). Evaporasyon, damlacığın boyut ve şekline göre farklılık gösterir, aynı zamanda damlacığın tuz, kolloid, polimer ya da surfaktan içermesi buharlaşmayı etkileyen faktörler arasındadır (36).

Sedimentasyon: damlacıkların yerçekimi etkisiyle çökmesini ifade etmektedir. Damlacık çapı, ortamın nem ve sıcaklık değerleri, ortamdaki havanın değişme oranı gibi faktörler sedimentasyon hızını etkiler, sedimentasyon hızı düşük olan damlacıklar, havada uzun süre süzülme ve asılı kalma davranışı gösterirler ve bu sayede uzak mesafeleri katedebilirler. Çapı, 5 μm 'den küçük damlacıklar, dakikalarca havada asılı kalabilirken, 50 μm 'den daha küçük damlacıklar ise yere çökmeden tamamen buharlaşır ve damlacık çekirdeği oluşturur. Damlacık çapı küçüldükçe sedimentasyon hızı düşer ve damlacığın havada asılı kaldığı süre artar, damlacık çapına göre sedimentasyon hızları tablo 1'de gösterilmiştir (38).

Tablo 1: Sedimentasyon Hızı (39)

Damlacık çapı	Sedimentasyon hızı m/s
0,1	0,003
1	0,11
2	0,43
3	0,97
5	2,7
10	10,8
20	42

Yayılım: aerosollerin havada asılı kalarak, uzun mesafelere yolculuk yapmasını tanımlamaktadır (2). “Centers for Disease Control and Prevention” (CDC), 5 μm 'den küçük aerosoller, airborne, daha büyük aerosoller ise damlacık olarak sınıflamaktadır. Bu sınıflama, bulaş yollarını tanımlamak ve ona uygun önlemlerin alınması için kullanılmaktadır. Airborne partiküller, havada daha uzun süre asılı kalarak, birlikte yaşanan kapalı alanlarda, havalandırma sistemleri kullanılan yerlerde bulaşa sebep olmaktadır. Uçak kabini içerisinde birbirinden 10 metreden daha fazla uzaklıktaki yolcular arasında bulaş olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda, 8 μm çapındaki damlacıklar, bulundukları ortamda 20 dakikada yok olurken, 4 μm çapındakiler ise 90 dakika boyunca varlıklarını göstermişlerdir. Damlacıklar, hızlıca buharlaşsa ya da çökse dahi, kazandıkları hızlar sayesinde, büyük damlacıklar da uzak mesafelere yayılabilirler. Hapşırma esnasında 50 m/s, öksürme esnasında 2 m/s, nefes alıp verirken 1m/s hızları ile üretilen türbülans akımları sayesinde büyük damlacıklar boyut kaybetmeden 6 m uzağa taşınabilirler (10,40).

2.3.2. Hava Akımları

Öksürmek, aksırmak gibi doğal eksalasyon akımları, tek kaynaktan, tek eksalasyon eforu ile, nispeten simetrik, konik geometriye sahip “jet-benzeri” hava akımı üretirler. Öksürme gibi eylemler potansiyel olarak patlayıcı virüs yayılımı açısından dikkat çekse de tüm gün boyunca devam eden solunuma göre daha nadir gerçekleşir. Kuş gribi ve domuz gribi pandemileri esnasında, respiratuar aktivitelerin, infektif aerosol yayılımındaki potansiyeli daha fazla önem kazanmıştır (14).

Havayolu ile bulaşan hastalıkların dinamiklerinin daha iyi anlaşılması için, çeşitli yöntemler ile hava akım hızları ölçülmüştür. Öksürük esnasında ortalama 5-8 m/sn, normal solunum esnasında ortalama 1-2 m/sn olarak ölçülmüştür. Literatürde, hapşıрма esnasında ulaşılan hız için 20-100 m/sn arasında çeşitli değerler mevcuttur; ancak yeni yapılan çalışmalarda hapşıрма esnasında üretilen hızların, öksürük ile benzer olduğu gözlenmiştir (14,41).

Solunum yolunun her düzeyinin katkısı ile 0,01 – 100 µm çap aralığında damlacık üretilmektedir. Üretilen damlacık sayıları ve çapları aktiviteye göre değişkenlik gösterir. Öksürük esnasında, çok büyük damlacıklar üretilmekle birlikte en çok 0,1 – 900 µm aralığında damlacıklar üretilmektedir. Yapılan çalışmalarda üretilen damlacıkların %97’sinin 1µm’dan küçük olduğu gözlenmiştir. Nefes alma esnasında, 0,01 – 100 µm, konuşma esnasında ise 0,1 – 100 µm çap aralığında damlacık üretilmektedir. Bu aktiviteler esnasında ortama yayılan partikül sayısı da değişken olup tablo 2’de gösterilmiştir (42,43).

Tablo 2: Değişik aktivitelerde ortama yayılan damlacık ya da havayolu ile bulaşan patojen sayısı (44)

Aktivite	Yaklaşık partikül sayısı	Ünite
Hapşıрма	40000	Her eylemde
Kusma	1000	Her eylemde
Öksürme	710	Her öksürükte
Konuşma	36	Her 100 kelimede

2.4. ENFEKSİYON HASTALIKLARI

Enfeksiyon hastalıkları, fakirliğin olduğu, toplumların büyük kalabalıklar olarak yaşamlarını sürdürdükleri, daha çok az gelişmiş bölgelerde mortalitenin en önemli sebeplerinden bir tanesidir. Gelişmiş ülkelerde, aşılama programları ve antibiyotikler

enfeksiyon hastalıklarının prevalansının azalmasına sebep olmuştur. Bu süreçten sonra, antibiyotiğe dirençli mikroorganizmalar, Creutzfeldt Jakob hastalığı, insan bağışıklık yetmezlik virüsü (HIV) ve ciddi akut solunum sendromu (SARS) gibi hastalıklar ön plana çıkmıştır.

Yakın tarihte, savaşlar, doğal felaketler, göç gibi zoraki sebepler; turizm, ticari ilişkiler gibi isteğe bağlı sebepler ile dünya üzerinde hareketlilik artmıştır. Bu durum enfeksiyon hastalıklarının yayılmasını kolaylaştırarak daha önceleri belirli sınırlarda görülen SARS ve Batı Nil virüsü gibi virüslerin tüm dünyada görülmesine sebep olmuştur.

Enfeksiyon hastalıkları etkenleri, ökaryotlar, bakteriler, virüsler ve prionlar olarak dört grupta incelenebilir. Ökaryotlar, kompleks yapılı enfeksiyöz organizmalardır. Özgül organelleri ile farklı görevleri yürütürler, bu grupta tek hücreli protozoalar, çok hücreli parazitler ve mantarlar sayılabilir. Bakteriler, genelde virüslerden büyüktürler, deoksiribonükleik asit (DNA) ve RNA içerirler, tamamen kendi kendilerine üreme yetenekleri vardır ve konak hücrelerine bağlı olmayan organizmalardır. Virüsler, protein ve nükleik asit materyalinden oluşurlar, genellikle 200 nanometreden daha küçüktürler, RNA veya DNA içerirler, kendi başlarına üreme yetenekleri yoktur. Prionlar, sadece protein molekülü içeren en basit enfeksiyöz etkindir, genetik materyal taşımaz, PrP^c endojen prion proteinleri proteaza direnç kazanarak PrP^{Sc} formlarına dönüşür ve konak hücreindeki varlıklarını bu şekilde sürdürürler (45).

Ekzojen enfeksiyonlar, çevredeki mikrobiyal popülasyon ile kontaminasyon sonrasında gerçekleşir (46).

2.4.1. Bulaş Yolları

Enfeksiyöz ajanlar, doğal rezervuardan, şüpheli konağa farklı yollarla bulaşabilir. Temel olarak, bulaş yolu direk ve indirek olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

Direk bulaş: direk temas ve damlacık yolu ile bulaş alt başlıklarında incelenmektedir. Direk temas, cilt-cilde temas, öpüşme ve cinsel yol, toprak ve bulaşıcı patojenleri barındıran bitkiler ile teması tanımlamaktadır. Damlacık yolu ile bulaş, öksürme, hapşırma, konuşma esnasında üretilen damlacık, büyük ve kısa mesafeli aerosoller ile taşınımı tanımlamaktadır. Damlacık yolu ile bulaşın, direk bulaş başlığı

altında sınıflandırılmasının sebebi, damlacıkların bir metreden kısa mesafe içerisinde yere düşmesi ve bu süreçte kaynaktan konağa doğru etkeni taşımasıdır.

İndirek bulaş: etkenlerin havada asılı kalan partiküller (airborne), cansız objeler (vehicle) ve canlılar (vector) ile taşınmasını ifade etmektedir. “Airborne transmission”, toz ve damlacık çekirdeği ile taşınmasını tanımlamaktadır. Bu yapılar, cisimler üzerine çöktükten sonra tekrar havalanabilir ve havada asılı kalabilirler, boyutları 5 µm’den küçüktür, damlacıkların aksine kısa mesafede yere düşmezler rüzgar veya hava akımları ile uzun süre havada asılı kalarak uzak mesafelere taşınabilirler. “Vehicles transmission”, yiyecek, su, biyolojik örnekler (kan, idrar vs.) ve fomitler gibi cansız yüzeyler ile patojenlerin taşınmasını tanımlamaktadır. “Vectors”, sivrisinek, pire, kene gibi canlıların etkeni taşımasıyla bulaşı tanımlamaktadır. Bu taşınım yolunda, etkenler sadece canlıların üzerinde taşınarak bulaşabileceği gibi bu organizmaların içerisinde değişim göstererek bulaştırıcı özellik kazanabilir (47).

Kedi tırmığı hastalığı, brusella, tularemi, toxoplazmos gibi zoonozları tanımlayan hayvandan insana bulaş; varicella, rubella, kızamık, tüberküloz gibi patojenler için havayolu ile bulaş; amebiasis, shigellosis, tifüs hastalıkları için fekal-oral yolla bulaş; herhangi bir çevresel ya da canlı taşıyıcıya ihtiyaç olmadan damlacık yoluyla insandan insana bulaş olmak üzere, etken ve hastalık temelli farklı sınıflamalar da mevcuttur (46).

2.4.2. Hava Yolu ile Bulaşan Hastalıklar

Çok sayıda fungal, bakteriyel ve viral patojen havayolu ile bulaşan solunum yolu hastalıklarından sorumludur. Aerosoller (damlacık ve havada asılı kalan partiküller) ile bulaşan patojenler tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: Aerosol ile bulaşan etkenler (42)

Fungal	Bakteriyel	Viral
<i>Aspergillus Spp.</i>	• <i>Neisseria Meningitidis</i> • <i>Mycoplasma Pneumoniae</i> • <i>Bordetella Pertussis</i> • <i>Streptococcus Spp.</i> • <i>Staphylococcus Aureus</i> • <i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	• Rhinovirüsler • İnfluenza virüsleri • Respiratuar Sinsityal Virüs • SARS ile ilişkili koronavirüs • Rubeola virüs • Varicella-Zoster virüs • Norovirus • Rotavirus

Çeşitli bulaş yolları karşılaştırıldığında, pandemik yayılıma yol açması en muhtemel mekanizma solunum yolu olarak değerlendirilmektedir. Bu durumun sebebi ise, nefes alıp verme ile yayılımı engellenmenin daha zor olmasıdır; influenza, boğmaca, kızamık ve rhinovirüslerin daha hızlı yayılması bu durumu desteklemektedir (48). Pandemilerin büyük çoğunluğu, hava ve damlacık yolu ile bulaşan patojenler ile meydana gelmiştir. Damlacık yolu ile bulaşan patojenlere karşı aldığımız önlemlerin ve güvenlik yöntemlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır.

2.4.3. Pandemiler

Tarih boyunca viral hastalıklar nedeniyle çok ciddi pandemiler görülmüş ve çok sayıda can kaybı yaşanmıştır. COVID-19 pandemisinden önce İspanyol gribi, Asya gribi, Hong-Kong gribi ve Domuz gribi tarihte en bilinen pandemiler olmuştur. İspanyol gribi, H1N1 etkeni ile 1918-1919 yılları arasında gerçekleşmiş, en çok genç yetişkinleri ve gebeleri etkilemiştir. Dünya popülasyonunun neredeyse yarısına bulaşmış, çeyreğinde ise semptoma yol açmıştır ve 20 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olmuştur. Asya gribi, H2N2 etkeni ile 1957-1958 yılları arasında gerçekleşmiş ve altı ay gibi kısa bir sürede pandemi haline gelmiştir. Savaşın da etkisi ile Amerika Birleşik Devletleri'ne (ABD) taşınan virüs, ABD'de 116 bin, çocuklarda ve yaşlılarda daha fazla olmakla birlikte toplam 1.1 Milyon insanın ölümüne sebep olmuştur. Bu pandemide ölümlerin çoğu, sekonder bakteriyel pnömoni nedenlidir. 1968-1969 yılları arasında Hong Kong gribi olarak adlandırılan pandemi, H3N2 etkeni ile dünyada iki dalga şeklinde gerçekleşmiş, yaklaşık 500 bin ile 2 milyon kişinin ölümüne sebep olmuş ve daha çok yaşlı nüfusu etkilemiştir. Günümüze en yakın olan Domuz gribi pandemisi, H1N1 etkeni ile 6 haftada 122 ülkeye yayılmış, üç dalga şeklinde daha çok genç erişkinleri etkilemiş ve 150 ile 570 bin kişinin ölümüne sebep olmuştur (49–52).

2.4.4. COVID-19 Pandemisi

Koronavirüsler, 1930'ların başında keşfedilmiştir, Koronavirüsler, elektron mikroskobu altında, taç şeklinde görüldüğü için bu isim verilmiştir. Rhinovirüslerden sonra, ikinci en sık soğuk algınlığı etkenidir. Koronavirüsler, zarflıdır ve 120-160 nm boyutlarında, küresel şekillidir. Genetik materyali ise lineer, tek sarmal, pozitif polariteli RNA'dır (53). Aralık 2019'da Çin Halk Cumhuriyeti'nin Wuhan eyaletinde, yeni koronavirüs sebepli, atipik pnömoni salgını raporlanmıştır. Sonrasında, Uluslararası Virüs

Taksonomisi Komitesi (ICTV) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından virüsün ismi SARS-CoV-2 olarak değiştirilmiş ve sebep olduğu hastalık ise COVID-19 olarak tanımlanmıştır (54). DSÖ tarafından 11 Mart 2020 tarihinde bir pandemi olarak kabul ve ilan edilmiştir (55). Tüm dünyada etkili olmuş hem sağlık sistemini hem de sosyal yapıyı büyük ölçüde etkilemiştir. Aralık 2021 itibarıyla COVID-19 sebepli yaklaşık olarak 265 milyon vaka ve 5,3 milyon ölüm bildirilmiştir (56).

2.5. ENFEKSİYON HASTALIKLARINDAN KORUNMA

Enfeksiyon kontrolü ve önlenmesi konseptinin tarihi, germ teorisi öncesi döneme dayanmaktadır. Tarihte ilk olarak Ignaz Semmelweis tarafından, 1846 yılında, klinisyenlerin klor ile el hijyeni sağlaması ve lohusalık sepsisinin azalması arasındaki ilişki gösterilmiştir. ABD’de, 1950’li yıllarda ülke çapında hastanelerde boy gösteren S. Aureus salgınına müdahale edebilmek ve diğer nozokomiyal enfeksiyonların araştırılması amacıyla, “Hastane Enfeksiyonu Kontrolü Bilim Dalı” kurulmuştur. Bu disiplin günümüze kadar bir hayli gelişme katetmiş, sağlık hizmeti sunulan ortamların güvenliğinin ayrılmaz ve kritik bir parçası haline gelmiştir (57). Ülkemizde bulaş kontrol çalışmaları 1960 yılında ilk yayının çıkması ile başlamış 70’li yıllarda yayınların artması ile yaygınlaşmıştır. Sağlık bakanlığı 1974 yılında Tababet Uzmanlığı Yönetmeliği’nde enfeksiyon kontrol komitelerini ve görevlerini tanımlamıştır. 1983 yılında Yataklı Tedavi Kurumları İşletme Yönetmeliği’nde daha ayrıntılı kurallar tanımlanmıştır. 1996’da NosoLINE projesi başlatılmış ve enfeksiyon kontrol çalışmaları için öncü olarak 2000 yılından sonra bu konu ile ilgili daha fazla akademik yayın yapılmasına ve toplumsal duyarlılığın artmasına sebep olmuştur. 2008 yılından sonra elektronik surveyans sistemine geçilmiş ve 5 yıl içerisinde hastanelerin yüzde doksanı izlenebilir hale gelmiştir (58). 2018 yılında hastanelerin neredeyse %99’u elektronik ortamda izlenmektedir (59). Sağlık bakanlığı tarafından COVID-19 pandemisinde “Sağlık Kurumlarında Çalışma Rehberi ve Enfeksiyon Kontrol Önlemleri” rehberi yayınlanmış ve alınacak önlemler ve izlenecek yollar belirlenmiştir.

2.5.1. Standart İzolasyon Önlemleri

Tüm sağlık personelinin her hastada kullanabileceği, tanıdan bağımsız, tanımlanmış ya da tanımlanmamış kaynaklardan mikroorganizmaların bulaş riskini engelleyebilecek, bariyer sistem ya da yöntemleri içermektedir. Bu kaynaklar, kan, vücut

sıvıları, sekresyon, salgı, deri, mukoza, ekipman ve diğer yüzeyler olabilir. Bu yöntemlerden en önemlisi el hijyenidir. El hijyeni için, CDC tarafından el yıkama ve alkol bazlı dezenfektanlar önerilmektedir. Hastane ortamındayken, hasta ile direk temas öncesinde, farklı hastaya temas ya da aynı hastada farklı bir işlem yapmadan önce, eldiven ya da başka bir koruyucu ekipman giymeden önce ve çıkardıktan sonra, herhangi bir vücut örneği ile temastan sonra, yemek hazırlığı öncesinde el hijyeni önerilmektedir. Yedi ile on kez arasında alkol bazlı dezenfektan kullanımı sonrası tekrar sabunla el yıkama önerilmektedir (57).

Eldiven, maske, gözlük, siperlik, önlük ve tulum: Eldivenler her temas ve damar yolu gibi damar içi cihazları kullanmadan önce mutlaka giyilmelidir, işlem sonrası hemen çıkartılmalıdır. Maske, gözlük, siperlik ise vücut yüzeyinden, özellikle ağız, burun ve gözden kaynaklanabilecek damlacık, sprey ya da sıçrama tarzında oluşabilecek kontaminasyonları engellemek için kullanılmalıdır. Önlük ve tulum ise sağlık personelinin kıyafetlerinin hasta ile temas edebileceği durumlarda ya da üzerine damlacık sıçrayabileceği durumlarda kullanılmalıdır. Tüm koruyucu ekipmanlar uygulama sonrası ivedilikle çıkarılmalıdır (57).

2.5.2. Bulaş Bazlı İzolasyon Önlemleri

Bu önlemler standart önlemlere ek olarak, şüpheli organizmanın türü ve epidemiyolojik önemine göre seçilmektedir. Temas, damlacık vehava yoluyla bulaş olmak üzere üç çeşit bulaş önlemi mevcuttur. Seçilen bulaş önlemi hasta odasının dışında belirtilir.

Temas yoluyla bulaş önlemleri: çoklu ilaca dirençli enfeksiyonlarda, tehlike potansiyeli yüksek, el ile bulaşı tanımlanmış, *C. Difficile*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, Rotavirüs gibi etkenler ile kontamine hastalarda uygulanır. Hasta mümkünse özel odada tutulmalı ya da diğer hasta ve ziyaretçilerden 1 metre uzağa konumlandırılmalıdır. Hastalar arası cihaz paylaşımı yapılmamalıdır, fazla temas edilen alanlar mesaide en az bir kez temizlenmelidir. Müdahale esnasında tek kullanımlık önlük/tulum ve eldiven giyilmeli ve bir kere kullanılmalıdır. Hastanın ziyaretçilerine de el yıkama tekniği ve temas önlemleri öğretilmelidir.

Damlacık yoluyla bulaş önlemleri: Şüpheli ya da bilinen solunum yolu enfeksiyonu hastalarında gereklidir. Damlacıklar sıklıkla 30 ile 50 µm arasındadır,

hastanın, öksürmesi, hapşırması konuşması ya da solunum yolu aspirasyonu esnasında üretilirler. Hasta mümkünse özel odada tutulmalı ya da diğer hasta ve ziyaretçilerden 1 metre uzağa konumlandırılmalıdır.

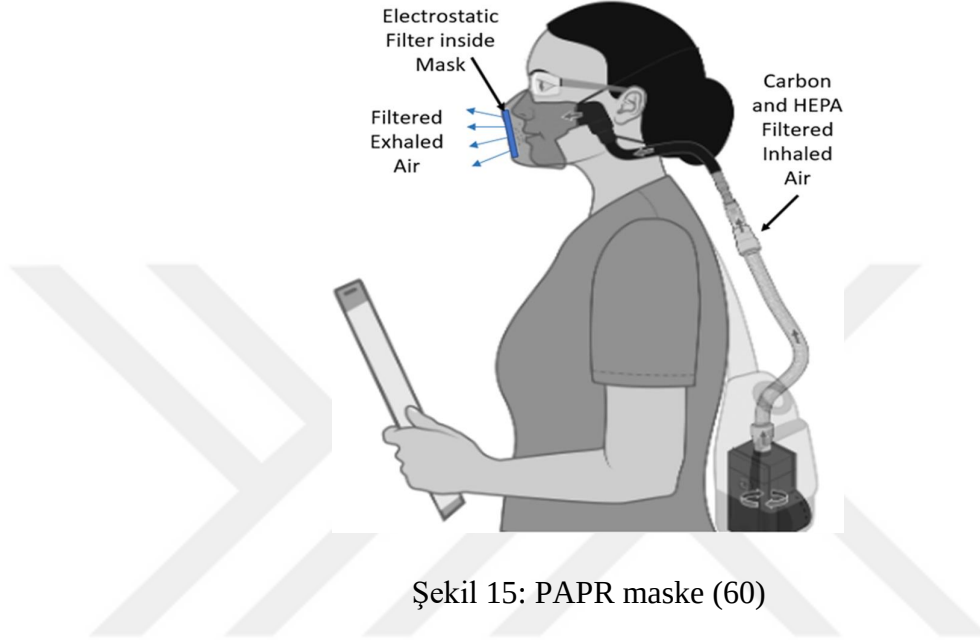
Temas önlemine ek olarak cerrahi maske ve koruyucu gözlük önerilmektedir. Tüm kişisel koruyucu ekipman odadan ayrılmadan önce hastadan en az 1 metre uzaklık sağlandıktan sonra çıkarılmalıdır. Damlacık yoluyla bulaş önlemlerinin uygulanması gereken etkenler tablo 4’de belirtilmektedir.

Hava yolu ile bulaş önlemleri: 5 µm altındaki damlacıklar ile bulaşan etkenlere karşı gereklidir. Buharlaştan damlacıkların içindeki mikroorganizmalar, havada asılı kalabilirler, odaya yayılabilir ya da hava akımı yoluyla uzak yerlere taşınabilirler. Damlacık yol ile bulaş önlemlerinin üzerine, maske olarak N95 ya da “powered air purifying respiratory” (PAPR) maske (Şekil 15) önerilmektedir. Hasta odaları negatif basınçlı olmalıdır. Hava ya direk dışarı atılmalı ya da “high-efficiency particulate air (HEPA)” filtreden geçirilerek hastane dolaşımına katılmalıdır. Negatif basınçlı olmayan odalar, tüberküloz düşünülen hastalarda hasta odadan ayrıldıktan sonra 1 saat; eğer tüberküloz dışlandı ise 30 dakika kullanılmamalıdır. Hasta ziyarete kapalı tutulmalıdır. Eğer asit-fast basil dışı etkenlere karşı bağışıklık kazanmamış sağlık çalışanı ya da ziyaretçi var ise odaya alınmamalıdır. Hava yoluyla bulaş önlemlerinin uygulanması gereken etkenler tablo 4’te belirtilmektedir (57).

Tablo 4: Etkenlere göre uygulanacak önlemler (57)

Damlacık yoluyla bulaş etkenleri	Hava yoluyla bulaş etkenleri	Asit-fast basil dışı havayolu etkenleri
• Adenovirus • Anthrax • Coronavirus infection, respiratuar • Croup (laryngotracheobronchitis) • Difteri • Ebola virus • Herpes simplex • Influenza virüsleri • Menenjitler • Meningococcal pneumonia • Meningokoksemi • Kabakulak • Mikoplazma enfeksiyonları • Parainfluenza • Parvovirus B19 • Pertussis	• Hemorajik ateşler • Lassa Ateşi • Marburg virus • Mycobacteria tuberculosis • Pnömonisi ve Tüberküloz içeren çoklu ilaç direnci (MDR-TB) • Vaksinya Virüs • SARS (koronavirüs) • SARS-CoV-2 (COVID-19)	• Chickenpox (varicella) • Herpes zoster (yaygın) • Herpes zoster (bağışıklığı baskılanmış zona) • Rubeola (kızamık)

• Veba • Kuduz • Respiratuar Sinsityal Virüs • Rhinovirus, Respiratuar • Kızamıkçık • Kızıl Ateşi • Grup A streptokoklar		
--	--	--



2.5.3. Damlacık Koruyucu Bariyerler

Yirminci yüzyılın başında, Alman bilim insanı Robert Koch, havada asılı kalabilen patojenleri keşfettikten sonra şarbon ve tüberküloz ile daha güvenli çalışabilmek için ilk biyogüvenlik kabinini üretti ve böylece havayolu ile bulaşan patojenlere karşı koruyucu kabin ve bariyerlerin yolculuğu başlamış oldu. 1951’de ilk defa havası temizlenen kabin üretilmiş ve günümüzde kullanılan partikül uzaklaştırma sistemlerine öncü olmuştur (61).

Koruyucu bariyer kavramı, sahada çalışan çoğu hekimin gündemine, COVID-19 pandemisi başladıktan sonra girmiş olsa da ölümcül, pandemi oluşturma olasılığı yüksek ya da biyolojik silah olabilecek etkenlerle enfekte olmuş hastaların, havayolu ile taşınmasında, yüksek düzeyde izolasyon sağlayan sistemler kullanılmaktadır. ABD ordusunda görevli “The Aeromedical Isolation Team” tarafından kullanılan izolasyon sedyesi (Şekil 16) ve uçakta sedyenin içine yerleştirildiği sızdırmaz odalar, bu sistemlere örnek verilebilir (62).



Şekil 16: İzolasyon sedyesi (62)

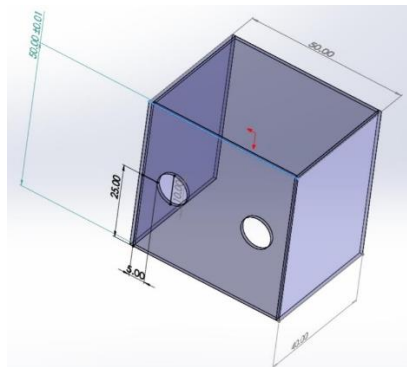
Günümüzde, endotrakeal entübasyon ve ekstübasyon, havayolu aspirasyonu, kardiyopulmoner resüsitasyon, bronkoskopi gibi aerosol üreten prosedürler (63) esnasında, sağlık hizmeti sağlayıcıları damlacık bulaşına karşı koruyucu ekipman geliştirilmesi amacıyla klinisyenler ve bilim insanları tarafından yoğun çaba sarf edilmektedir. Bu süreçte, temelde plastik örtü, tente, aerosol box, suction box olmak üzere, farklı tasarımlar ve modifikasyonlara sahip koruyucu bariyer yöntemleri geliştirilmiş, uygulanmış ve denenmiştir (64). Bu yöntemlerin, uygulayıcı ile hasta arasında tüm teması kesen, uygulayıcıya hareket özgürlüğü sağlayan ve ortaya çıkan damlacıkların ortadan kaldırılmasını sağlayan yapıda olması gerektiği öne sürülmüştür (65).

Örtü: Damlacık yayılımını engellemek amacıyla, hastanın başını, boynunu ve tüm vücudunu kaplayacak şekilde serilen, daha çok cerrahi çarşafı andıran, şeffaf, plastik bariyerlerdir (Şekil 17). Rijit olmadığı için, kol hareketlerine izin verir yapıda, kolay uygulanabilir ve ucuz bir yöntemdir. Bu sebeplerden dolayı uygulayıcılar tarafından tercih edilmektedir. Hastaya yakın olduğu için, damlacıkların üzerinde toplanarak, etrafa akması ile çapraz bulaşa sebep olabileceği bildirilmiştir (66,67).



Şekil 17: Plastik Örtü (uygulayıcıların izni ile paylaşılmıştır)

Aerosol Box: Akrilik, polikarbonat ya da polietilen tereftalat malzemeden üretilen, kutu şeklinde tasarlanmış, uygulayıcı tarafında kol delikleri olan, rijit damlacık engelleyici bariyerlerdir. İlk olarak Dr. Hsien Yung Lai tarafından tasarlanan ve yayınlanan aerosol box (Şekil 18) üzerine çok sayıda modifikasyon içeren çalışma yapılmıştır. Dezenfeksiyonun kolaylaştırılması ya da uygulayıcılara hareket özgürlüğü kazandırmak için çeşitli tasarımlarda üretilmiş ve farklı isimlerle literatüre kazandırılmıştır. Kubbe tarzında olan Intubox ve Anti-Aerosol Igloo farklı tasarımlara örnek gösterilebilir (68,69). Kliniğimizde kullanılan aerosol box'da yarı kubbe yapısında, kol hareketlerine izin veren 15 cm genişliğinde kol deliklerine sahiptir (Şekil 19).



Şekil 18: Aerosol box - Dr. Hsien Yung Lai tasarımı



Şekil 19: Kliniğimizde kullanılan aerosol box

Suction box: genellikle rijit plastik kutuların, negatif basınç oluşturan vakum sistemleri ile kombine edilmesi ile oluşturulmuş koruyucu bariyerlerdir. Küçük damlacıklar ve türbülant akımlar ile taşınan aerosollerin, uzaklaştırılması ve filtrelenmesi ihtiyacı ile üretilmişlerdir. Yapılan çalışmalarda, merkezi vakum sistemini kullanan veya daha güçlü vakum oluşturabilecek ek sistemlerin kullanıldığı gözlenmiştir. Merkezi sistem yerine, daha güçlü vakum kullanıldığında etkinliğinin arttığını gösteren çalışmalar mevcuttur (70,71).

2.6. ENDOTRAKEAL ENTÜBASYON VE RSI

Acil serviste ilk başvuru anında ya da takip esnasında, gelişen havayolu problemleri ya da solunum kontrolünün kaybına sebep olabilecek, solunum sistemi dışı hastalıkların yönetiminde, havayolu ve oksijenizasyonun devamlılığı için endotrakeal entübasyon işlemi gerekebilir. Acil serviste ivedilikle hava yolu güvenliği sağlanabilmesi için hızlı seri entübasyon (RSI) yöntemi sıklıkla tercih edilir. RSI, havayolu güvenliği bozulduğu durumlarda, sellick manevrası ile krikoid basısı, hızlı etkili anestezi indüksiyonu ve nöromusküler blokaj uygulanarak hastanın entübe edilmesidir (72). RSI algoritması; preoksijenizasyon, premedikasyon, miyorelaksasyon ve indüksiyon, entübasyon, primer-sekonder doğrulama ve post entübasyon basamaklarından oluşan, altı basamaklı bir uygulamadır (73).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız, manken kullanılarak yapılan, prospektif, kesitsel simülasyon çalışması olarak tasarlandı. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onam alındı (Onam Numarası: 2021 – 38).

Bu çalışmaya, Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Tıp Kliniği'nde görev yapan acil tıp asistanları ve acil tıp uzmanları dahil edildi. Çalışmamız, 2021 yılı Mart ve Eylül ayları arasında gerçekleştirildi. Simülasyonlar, Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Tıp Kliniği, eğitim salonunda uygulandı. Çalışma esnasında, katılımcılara simülasyon içerisinde alacakları görevler hakkında genel bilgilendirme yapıldı ve onamları alındı; ancak simülasyon içerisinde doğal davranmalarını sağlamak amacıyla görevleri uygulama biçimleri özgür bırakıldı. Simülasyonda görevli katılımcılar, endotrakeal entübasyon eğitimi almış, acil serviste en az 2 yıl deneyimi olan hekimler arasından seçildi. Çalışmada, kliniğimizde daha önce havayolu eğitimleri için kullanılmış olan, katılımcıların aşına oldukları manken, hava akımı ve öksürük simülasyonu sağlayabilecek şekilde modifiye edilerek kullanıldı. Acil serviste mevcut olan koruyucu bariyerler kullanıldı. Katılımcılar, kişisel koruyucu ekipman (önlük, siperlik, maske, eldiven) giyerek, farklı solunum durumlarını içeren senaryoları uyguladılar. Kişisel koruyucu ekipmanlardan elde edilen örnekler, fotoğraflandı ve dijital görüntü işleme ile sayısal verilere dönüştürüldü, bu veriler istatistiki olarak analiz edildi. Kullanılan manken, cihaz, koruyucu bariyerler ve oluşturulan simülasyon senaryoları, simülasyon eğitici eğitimi sertifikası olan Doç. Dr. Hüseyin Cahit Halhalı ve Uzm. Dr. Asım Enes Özbek tarafından kontrol edilerek onaylandı. Bu başlık altında çalışmanın yöntemi detaylı olarak anlatılacaktır.

3.1. SİMÜLASYON SİSTEMİ

Çalışmamızda kullanılan senaryo temelli simülasyonlar, Kocaeli Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Tıp Kliniği, eğitim salonunda uygulandı. Bu oda, yaklaşık 36 m² ve hava akımı kontrol edilebilir niteliktedir, simülasyonlar uygulanırken, çalışmayı etkileyebilecek negatif ya da pozitif basınç oluşturabilecek hava akımı kaynakları kapatıldı.

3.1.1. Manken

Çalışmamızda, Life/form® Advanced Airway Larry CRiSis™ Torso mankeni kullanılmıştır. Mankenin gövdesinde, havayoluna bağlı, ikiye ayrılarak şeffaf naylon akciğerler ile sonlanan, pembe renkli trakea bulunmaktadır. Manken, trakea akciğerlerden söküldükten sonra, Mediflex® marka ventilasyon hortumu aracılığı ile Winner® marka PVC suni solunum (AMBU) setine bağlanarak, havayolundan (ağız boşluğu ve burun delikleri) ekshalasyon sağlayacak şekilde modifiye edildi (Şekil 20). Böylece, simülasyon senaryoları esnasında, ambunun recoil karakteri sayesinde, insana benzer hava akımları sağlamak amaçlandı. Hava akımı, iki kişinin senkronize şekilde ambuyu kullanması ile üretildi. İnsan soluk alıp verme esnasındaki hava akımı dinamikleri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen değerler referans alınarak, standart hava akımı (normal solunum) minimum 1 m/s olmak şartıyla 1-2 m/s, seri hava akımı (öksürük), minimum 5 m/s olmak şartıyla 5-8 m/s olarak belirlendi. Çalışmamızda, ambu ile sağlanan hava akımı, Uni-T® marka UT-363 model anemometre ile mankenin ağzından 5 cm uzaklıkta m/s cinsinden ölçüldü. Simülasyon öncesinde, senkronizasyonun sağlanması, normal solunum ve öksürük durumlarında referans değerlere ulaşılabilmesi amacıyla, araştırma yürütücüsü ve ambu yapan katılımcılar, anemometre eşliğinde senaryoları prova ederek en uygun ambu kullanımını belirledi. Her senaryo öncesinde hava akımları ölçülerek, hava akımı standartları doğrulandı.



Şekil 20: Manken, hava yolu modifikasyonu

3.1.2. Öksürük Simülatörü

Çalışmamızda, damlacık bulaşını gösterebilmek amacıyla, aerosol üretimini taklit etmek için öksürük simülatörü kullanıldı. Öksürük simülatörü, aerosol üretici ve besleme sistemi olmak üzere iki kısımdan oluşmakta olup çalışmamız için tarafımızdan tasarlanmıştır. Aerosol üretici olarak, Normist® marka, 0.5 mm orifis çapına sahip, sisleme nozulu kullanılmıştır. Besleme sistem olarak, 100 cc/dk akımın altında 15 bar ve üzeri basınç üretebilen ULKA® marka EX5 model pompa ve 50 bar dayanımlı 5mm dış, 3 mm iç çapa sahip teflon hortumlar kullanılmıştır. Nozul üreticisinin teknik verisine göre, 70 bar basınç uygulandığında ortalama damlacık çapı 13 µm olarak ölçülmüştür. Bizim sistemimizde, 15 bar basınç kullanıldığı için, basınca karşılık damlacık çapı değişimi formülü ($D1/D2 = (P1/P2)^{-0.3}$) kullanıldığında sistemimizin ürettiği ortalama damlacık çapının 21 µm olduğu görülmektedir. Öksürük simülatörü, mankene zarar vermeyecek ve entübasyon işlemini engellemeyecek şekilde, nozul taşıyıcısı mankenin mentum kısmına velcro bant ile sabitlenerek yerleştirildi. Böylece, aerosol üreticiden çıkan damlacıkların, ağızdan çıkan havaya karışması sağlandı. Damlacık yayılımını simüle etmek için GLO Effex® markasının, biyolojik sızıntı testlerine ve “ANSI/NSF Standard 60” içilebilir sular yönetmeliğine uygun, şeffaf/mavi ultraviyole (UV) reaktif su bazlı UVT-IBL kodlu boyası kullanıldı. Uygulayıcıların, maruziyet esnasında kaçınma davranışı göstermemesi için sadece UV ışık altında görülebilen, şeffaf boya tercih edildi. Konsantre vasıfta olan

bu boya, solunum yolu fizyolojisini taklit etmek amacıyla, 36.5 C° distile su ile 1/50 oranında seyreltilerek kullanıldı. Boyanın yapısında herhangi bir bozulma olmadığını garanti etmek için, seyreltilmiş solüsyon her simülasyon senaryosu için senaryo başlamadan hemen önce hazırlandı.

3.2. SİMÜLASYON SENARYOLARI

3.2.1. Uygulayıcı Görevleri

Manken supin pozisyonunda, uygulayıcıların alışık olduğu ortama benzemesi amacıyla sedye üzerinde ve entübasyon uygulayıcı kişiye göre yüksekliği ayarlanarak, göbek hizasında konumlandırıldı. Uygulayıcılar, her senaryo öncesinde tek kullanımlık ve koruyucu poşet içerisinde muhafaza edilen önlük, siperlik, maske ve eldiven giydi. Katılımcılar entübatör, sağ hemşire ve sol hemşire olmak üzere üç göreve ayrıldı, böylece bir resüstasyon ekibinin maruziyetinin ölçülmesi amaçlandı. Simülasyon senaryosu, entübasyon tüpü kafının şişirilmesi ile sonlandırılarak 4 dk sürecek şekilde yapılandırıldı. Entübatör görevindeki uygulayıcıya, mankenden yaklaşık 20 cm uzakta konumlanması ve elleri mankenin ağız hizasında ve mankeni baş seviyesinden 5 cm yukarıda olacak şekilde beklemesi ve senaryonun 3. dakikasında entübasyona başlayarak, işlemi yaklaşık 1 dakika içerisinde sonlandırması gerektiği anlatıldı. Sağ hemşire görevindeki uygulayıcıya, entübatörün sağ tarafında, mankenden 20 cm uzakta konumlanması, senaryonun başlaması ile damar yolu uygulaması, 1. dk ve 2. dk sonunda damaryolundan 10 cc distile su enjekte etmesi, 2-3 dk arasında entübasyon malzemelerini kontrol ederek entübatöre yardımcı olması ve tüp yerleştirildikten sonra kafi şişirmesi gerektiği anlatıldı. Sol hemşireye, entübatörün sol tarafında mankenden 20 cm uzakta konumlanması, senaryonun başlaması ile damar yolu uygulaması ve birer dk arayla damaryolundan 10 cc distile su enjekte etmesi gerektiği anlatıldı. Entübasyon işlemi esnasında, plusMed® marka laringoskop ve 3 numaralı Macintosh blade, TUORen® marka 7.5 mm kafilı endotrakeal tüp kullanıldı. Damar yolu açılabilmesi için mankenin her iki yanına yerleştirilen, antekubital bölgeyi temsil eden yaklaşık 10 cm x 10 cm genişliğinde, spanç ile sarılmış pamuk kullanıldı, damaryolu, enjektör ve distile su sedye üzerine bırakıldı, her senaryo öncesinde yenilendi.

3.2.2. Koruyucu Bariyer Yöntemleri

Çalışmamızda, damlacık koruyucu bariyerlerin etkinlikleri araştırıldığı için, dört farklı koruyucu bariyer yöntemi kullanıldı (Şekil 21). İlk yöntem, uygulayıcıların manken üzerinde herhangi bir koruyucu bariyer kullanmadıkları yöntemdir. İkinci yöntemde, 200x140 cm boyutlarında 1 mm kalınlığında, mankenin üstünü tamamen kaplayacak şekilde plastik koruyucu örtü kullanıldı. Üçüncü yöntemde, covid-19 pandemisi başladıktan sonra, hastanemize ve ülke çapında çoğu hastaneye hibe edilmiş olan aerosol box kullanıldı. Şeffaf akrilik malzemeden üretilen aerosol box, 50 cm x 50 cm x 40 cm boyutlarında yarı kubbe biçimindedir, uygulayıcı tarafında 15 cm çapında iki adet uygulama deliği mevcuttur. Dördüncü yöntemde, suction box kullanıldı. Suction box, çalışmamız için kullandığımız aerosol box modifiye edilerek imal edildi. Bu modifikasyonda, aerosol box kubbe kısmından 10 cm çapında daire şeklinde delindi ve 290 m³/saat hava akımı sağlayan, ev elektriği ile çalışan blower tipi suction fanı yerleştirilerek silikon ile sızdırmazlık sağlandı, fanın üfleme kısmına tahliye borusunun bağlanmasını sağlayacak plastik adaptör yerleştirildi ve 2 m uzunluğunda 5 cm çapında yarısaydam esnek tahliye borusu bağlandı.



Şekil 21: Yöntemler (a: koruyucu kullanılmayan yöntem, b: box'ın sedye üzerindeki mankene göre konumu, c: plastik örtü yöntemi, d: suction box uygulanan yöntem, fotoğraflar uygulayıcıların izni ile kullanılmıştır)

3.2.3. Solunum Senaryoları

Çalışmamızın bir diğer amacı da koruyucu bariyer yöntemlerinin, farklı solunum kondisyonlarındaki etkinliğini karşılaştırmaktır. Senaryo temelli simülasyonlarımızda, normal solunum, takipneik solunum ve öksüren hasta olmak üzere üç farklı solunum kondisyonu kullanıldı. Normal solunum, tidal volüm ve standart hava akımı ile 12 soluk/dk olarak uygulandı. Takipneik solunum, tidal volüm ve standart hava akımı ile 22 soluk/dk olarak uygulandı. Öksüren hasta senaryosu, normal solunum sıklığı ve her iki solunumu takiben iki ardışık seri hava akımı sağlanarak (8 adet/dk) uygulandı. Farklı koruyucu ekipman ve solunum kondisyonları ile toplamda 12 adet, senaryo temelli simülasyon uygulandı. Simülasyon süreleri, araştırma yürütücüsü tarafından kronometre ile takip edildi, her simülasyon öncesi sistem kontrol edildi.

3.2.4. Örneklem Yerleri

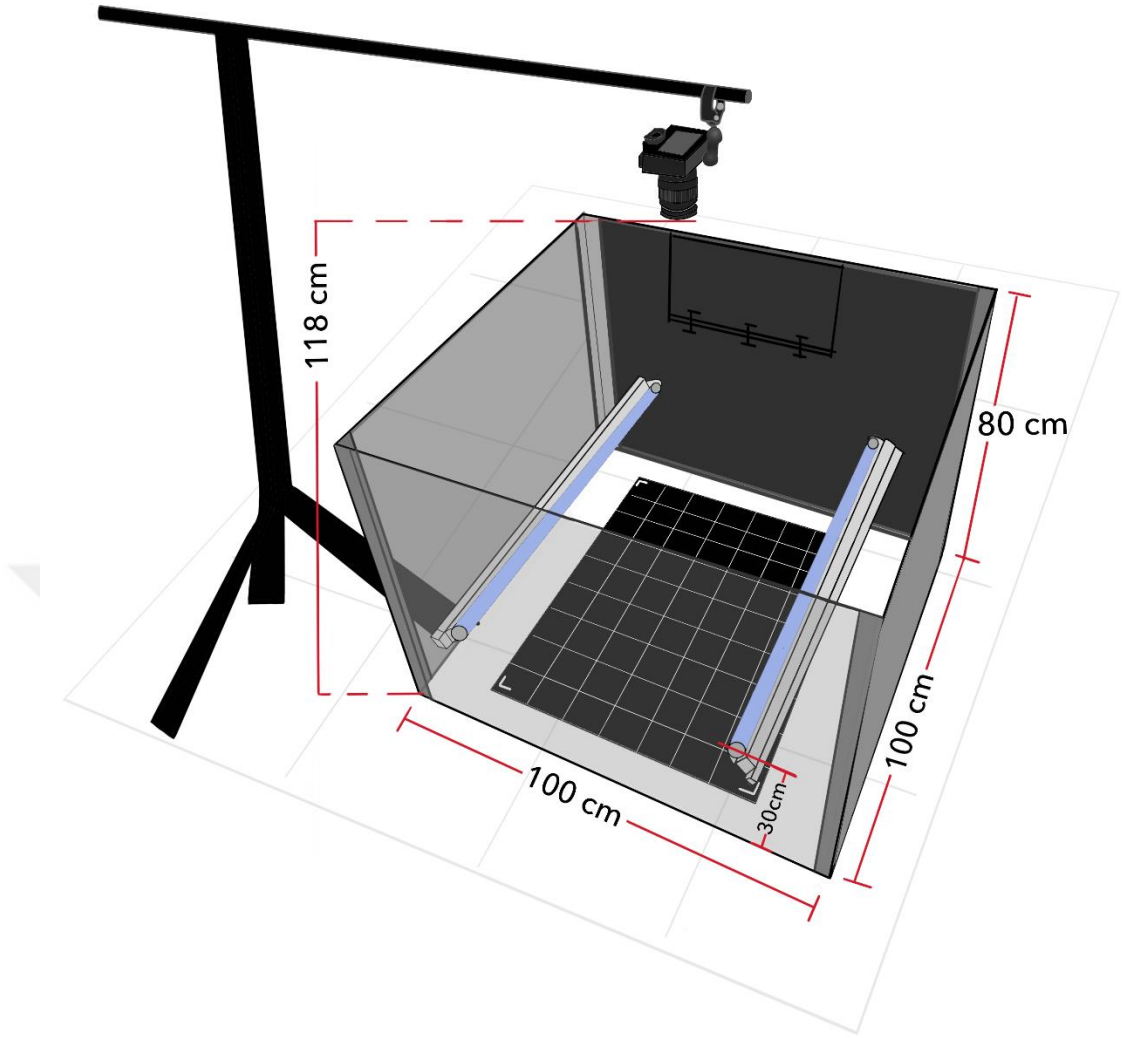
Simülasyonlar uygulanmadan önce, katılımcılar, tek kullanımlık cerrahi önlük, siperlik, maske ve eldiven giyerek hazırlandı. Simülasyon sonrasında, önlük ve siperlik temas ettirilmeden çıkarıldı asılarak kurumaya bırakıldı.

3.3. ÖRNEKLEME VE ANALİZ

Koruyucu ekipmanlardan, damlacık bulaşını değerlendirmek amacıyla önlük ve siperlik kullanıldı. Önlükler, gövde, sağ kol ve sol kol olarak üç kısma ayrıldı, kollar fotoğraflama esnasında oluşacak projeksiyon artefaktlarını engellemek için dikişlerinden ayrılarak tek düzlemlile hale getirildi.

3.3.1. Fotoğraflama

Fotoğraflama işlemi, 100 cm x 100 cm x 80 cm boyutlarında, üst kısmı açık, opak malzemeden üretilmiş kabin (Şekil 22) içerisinde gerçekleştirildi. Kabin içerisinde, iki adet Darcon® marka 30W UV floresan karşılıklı olarak, kabin zemininden 30 cm yukarıda ve 45° açıyla konumlandırıldı, böylece ışık şiddetinin fotoğraflanan örneğin her yerinde aynı olması sağlandı. Fotoğraf makinesi (Fujifilm™ XT-3 gövde ve Fujinon XF 18-55 objektif), kabin zemininden 118 cm yukarıya sabitlendi ve aynı değerlerde (Çözünürlük: 6240x4160, odak uzaklığı: 26mm, ISO: 160, diyafram açıklığı: f/7.1, enstantane: 1/8 sn) fotoğraflandı. Örnekler, siyah fon kumaşı ile kaplanmış 80 cm x 70 cm kontrplak üzerine sabitlenerek kabin zeminine yerleştirildi ve toplamda 144 adet fotoğraf elde edildi. Kayıt ortamı olarak, fotoğraf makinesinin içerisinde bulunan sd kart kullanıldı.

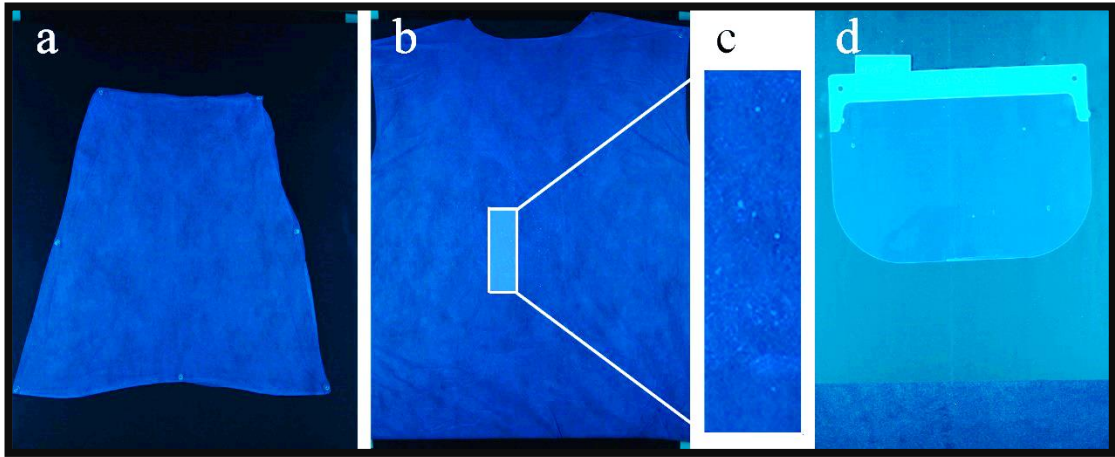


Şekil 22: UV ışık fotoğraf kabini

3.3.2. Görüntü İşleme

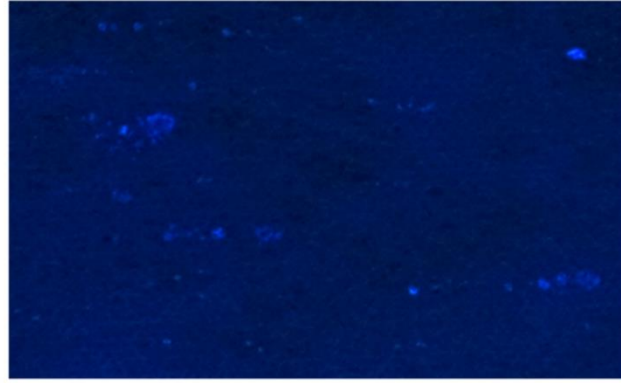
Elde edilen fotoğraflar (Şekil 23), sd kart aracılığı ile görüntü işlemeye uygun bir bilgisayara (3.7 GHz, 16 çekirdekli işlemci ve 32 Gb ram) aktarıldı. Görüntü işleme esnasında, renk doğruluğu sertifikalı (Calman® Verified, DeltaE<2) profesyonel monitör kullanıldı. Fotoğraflar, MathWorks® MATLAB 2021b programında “Image Processing Toolbox” modülü ile işlendi (Şekil 24). Fotoğraflar önce gri tonlamalı versiyonlarına dönüştürüldü, uv boyanmış olan piksellere göre segmentasyon yapıldı (Eşik değeri: 25) ve siyah-beyaz (binary, logical) imajlar elde edildi. Bu imajlar, bölge analizine tabi tutularak, bulaşan damlacıkların karakteristik özellikleri, piksel sayısı ve piksel boyutu ölçümü kullanılarak verileştirildi. Bu işlemler sonucunda, bulaş durumu, toplam piksel sayısı, uv piksel sayısı, damlacık oranı, ortalama damlacık boyutu, ortanca damlacık boyutu,

maksimum damlacık genişliği, maksimum damlacık çapı, minimum damlacık çapı, ortalama damlacık çapı ve ortanca damlacık çapı değerleri elde edildi. Toplam piksel sayısı, örneklem yerinin, fotoğraf içerisinde kapladığı alanı piksel cinsinden ifade etmektedir. UV piksel sayısı, fotoğraflanan örneklem yeri içerisinde, uv boyanmış piksel sayısını ifade etmektedir. Damlacık oranı, UV piksel sayısının toplam piksel sayısına oranını binde cinsinden ifade etmektedir. Ortalama damlacık boyutu, örneklem yerindeki UV boyalı damlacıkların kapladığı alanın ortalamasıdır, μm^2 cinsinden ifade edilmektedir. Maksimum damlacık genişliği, örneklem yerindeki en geniş damlacığın uzun eksenindeki genişliğidir, μm cinsinden ifade edilmektedir. Maksimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en geniş damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Minimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en küçük damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Ortalama damlacık çapı, örneklem yerindeki damlacıklar daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çaplarının ortalamasıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir.

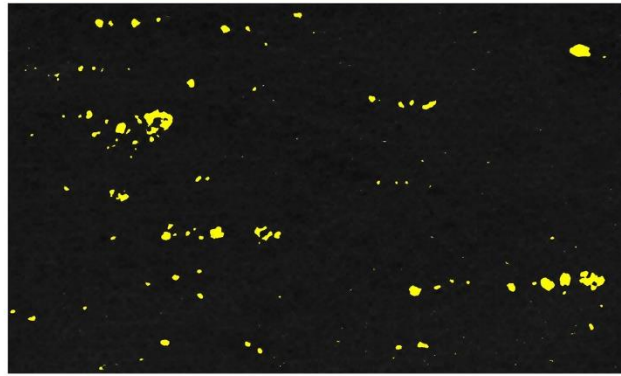


Şekil 23: Örnek fotoğrafları (a: kol, b: gövde, c: büyütülmüş görüntü, d: siperlik)

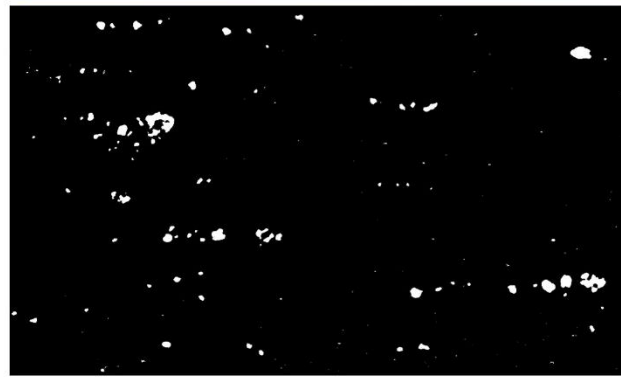
GÖRÜNTÜ İŞLEME BASAMAKLARI



Fotoğrafın
Programa
aktarılması



Gri ölçeklendirme
ve
Segmentasyon ile
damlacıkların
maskelenmesi



Binary, logical
imajların
üretilmesi



Bölge analizi ile
damlacıklara ait
karakterlerin
sayısallaştırılması

Şekil 24: Görüntü işleme

3.3.3. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirme, IBM® SPSS 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı ile yapıldı, Verilerin normal dağılıma uygunluğu, Shapiro Wilk testi ile değerlendirildi, Nümerik değişkenler, Ortalama $\pm$ standart sapma ve min-max değerleri olarak verildi. Gruplar arasındaki farklılıkları değerlendirmek amacıyla, kategorik değişkenlerde Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Normal dağılıma uygun olmayan veriler Mann Whitney U testi ile değerlendirildi. $P<0.05$ iki yönlü testlerde istatistiksel anlamlı olarak kabul edildi.



4. BULGULAR

Çalışmamız, 15.03.2021 ile 15.09.2021 tarihleri arasında, koruyucu bariyer kullanılmayan, koruyucu örtü kullanımı, aerosol box kullanımı ve suction box kullanımı yöntemlerinin; normal solunum, takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında; entübatör, sağ hemşire ve sol hemşire uygulayıcılarında; giydikleri önlüklerin gövde, sağ kol, sol kol ve taktıkları siperliklerin ayrı ayrı fotoğraflanması ve bilgisayar ortamında işlenerek, UV boya ile kirlenmenin ölçülmesi, böylece endotrakeal entübasyon prosedürü esnasındaki damlacık bulaşının nicel olarak saptanması amacıyla yapılmıştır. Toplam 144 fotoğraf kullanılarak, toplam piksel sayıları (px), UV piksel sayıları (px), damlacık oranı (%), ortalama damlacık boyutu (μm^2), ortanca damlacık boyutu (μm), maksimum damlacık genişliği (μm), maksimum damlacık çapı (μm), minimum damlacık çapı (μm), ortalama damlacık çapı (μm), ortanca damlacık çapı (μm) değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerin ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri alınarak uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler, ilk olarak kullanılan ekipman yöntemine göre gruplandırılarak, solunum senaryoları ve uygulayıcılar arasındaki farkları yansıtacak şekilde, tanımlayıcı (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max)) değerler ve p değerleri tablolar halinde sunulmuştur. İkinci olarak ise, uygulayıcılara göre gruplandırılarak, solunum senaryoları ve ekipmanlar arasındaki farkları yansıtacak şekilde p değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 5: Toplam Piksel Sayısı (px) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	11770779 $\pm$ 7305236 (3724441 – 21465421)	11591566 $\pm$ 7656630 (3724441 – 22100259)	11758929 $\pm$ 7624318 (3724441 – 22110321)	0,776
	Sağ Hemşire	11528284 $\pm$ 7370593 (3724441 – 21512162)	11705515 $\pm$ 7561166 (3724441 – 21963399)	11743806 $\pm$ 7496522 (3724441 – 21848540)	0,664
	Sol Hemşire	11361248 $\pm$ 7133145 (3724441 – 20971464)	11700430 $\pm$ 7522361 (3724441 – 21883779)	11539000 $\pm$ 7364499 (3724441 – 21498205)	0,839
	P değeri	0,732	0,872	0,943	
Örtü	Entübatör	11651918 $\pm$ 7415819 (3724441 – 21651328)	12269073 $\pm$ 7820780 (3724441 – 22695544)	11600182 $\pm$ 7591465 (3724441 – 21978369)	0,664
	Sağ Hemşire	11782272 $\pm$ 7417177 (3724441 – 21699806)	11949679 $\pm$ 7702820 (3724441 – 22341783)	11634244 $\pm$ 7412566 (3724441 – 21637590)	0,690
	Sol Hemşire	11649625 $\pm$ 7421183 (3724441 – 21661157)	12151846 $\pm$ 7790543 (3724441 – 22591897)	11792410 $\pm$ 7463563 (3724441 – 21798745)	0,614
	P değeri	0,690	0,614	0,776	
Aerosol Box	Entübatör	11794833 $\pm$ 7568091 (3724441 – 22010652)	12005424 $\pm$ 7671511 (3724441 – 22290761)	11694993 $\pm$ 7485766 (3724441 – 21807856)	0,839
	Sağ Hemşire	11950795 $\pm$ 7694284 (3724441 – 22325103)	11983388 $\pm$ 7755771 (3724441 – 22460998)	11896804 $\pm$ 7508625 (3724441 – 21927215)	0,981
	Sol Hemşire	11697998 $\pm$ 7455045 (3724441 – 21745963)	12209229 $\pm$ 7716309 (3724441 – 22459320)	11735977 $\pm$ 7370553 (3724441 – 21589215)	0,690
	P değeri	0,664	0,872	0,664	
Suction Box	Entübatör	11881179 $\pm$ 7471375 (3724441 – 21845827)	11538601 $\pm$ 7459882 (3724441 – 21690525)	11470325 $\pm$ 7551240 (3724441 – 21843709)	0,690
	Sağ Hemşire	11499224 $\pm$ 7500578 (3724441 – 21757875)	11407053 $\pm$ 7482865 (3724441 – 21681384)	11543746 $\pm$ 7348809 (3724441 – 21471585)	0,872
	Sol Hemşire	11509564 $\pm$ 7222927 (3724441 – 21207781)	11427237 $\pm$ 7441294 (3724441 – 21610950)	11437249 $\pm$ 7453253 (3724441 – 21638605)	0,872
	P değeri	0,664	0,943	0,872	

Toplam piksel sayısı, örneklem yerinin, fotoğraf içerisinde kapladığı alanı piksel cinsinden ifade etmektedir. Aynı ekipman yöntemi içerisinde, aynı solunum senaryosunda uygulayıcılar arasında ve aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Tüm fotoğraf örnekleri sabit ortam kullanılarak elde edildiği için, fotoğraf örneklerindeki UV kirlenme alanlarının doğru yorumlanabilmesi adına, toplam piksel alanı karşılaştırmalarında anlamlı farklılık saptanmamış olması önemlidir. Çalışmamızda, fotoğraflanan örneklem yerleri arasında fark olmaması örneklerin doğru fotoğraflandırıldığına kanıttır.

Tablo 6: UV piksel sayısı (px) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	9024 $\pm$ 6219 (1397 – 16603)	17492 $\pm$ 22390 (3619 – 50556)	18928 $\pm$ 20414 (1171 – 47949)	0,874
	Sağ Hemşire	2669 $\pm$ 2896 (246 – 6147)	12643 $\pm$ 21962 (249 – 45548)	6679 $\pm$ 6002 (866 – 13229)	0,618
	Sol Hemşire	1441 $\pm$ 991 (121 – 2523)	2436 $\pm$ 92 (2336 – 2531)	1086 $\pm$ 711 (456 – 2072)	0,069
	P değeri	0,167	0,084	0,069	
Örtü	Entübatör	926 $\pm$ 584 (402 – 1746)	1545 $\pm$ 1658 (544 – 4008)	6226 $\pm$ 8343 (194 – 18429)	0,584
	Sağ Hemşire	501 $\pm$ 479 (144 – 1168)	713 $\pm$ 187 (456 – 882)	1261 $\pm$ 869 (449 – 2201)	0,368
	Sol Hemşire	1054 $\pm$ 914 (335 – 2334)	807 $\pm$ 498 (401 – 1465)	1150 $\pm$ 897 (231 – 2306)	0,944
	P değeri	0,491	0,694	0,694	
Aerosol Box	Entübatör	2371 $\pm$ 2627 (699 – 6289)	5756 $\pm$ 4566 (764 – 11699)	1655 $\pm$ 788 (704 – 2385)	0,397
	Sağ Hemşire	2093 $\pm$ 1780 (359 – 4158)	2110 $\pm$ 1614 (907 – 4490)	448 $\pm$ 293 (160 – 718)	0,050
	Sol Hemşire	754 $\pm$ 680 (78 – 1617)	454 $\pm$ 387 (143 – 969)	550 $\pm$ 279 (242 – 896)	0,874
	P değeri	0,472	0,050	0,055	
Suction Box	Entübatör	580 $\pm$ 261 (255 – 853)	1873 $\pm$ 1481 (622 – 3867)	1359 $\pm$ 1171 (242 – 2742)	0,246
	Sağ Hemşire	537 $\pm$ 749 (0 – 1613)	151 $\pm$ 258 (0 – 535)	165 $\pm$ 214 (0 – 450)	0,675
	Sol Hemşire	266 $\pm$ 420 (0 – 882)	226 $\pm$ 453 (0 – 905)	37 $\pm$ 74 (0 – 147)	0,678
	P değeri	0,432	0,048	0,024	

UV piksel sayısı, fotoğraflanan örneklem yeri içerisinde, UV boyanmış piksel sayısını ifade etmektedir. Koruyucu kullanılmayan, koruyucu örtü ve aerosol box yöntemleri içerisinde, aynı solunum senaryosunda, uygulayıcılar arası ve aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Suction box kullanılan yöntemde, normal solunum senaryosunda uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmazken, takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında uygulayıcılar arası istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Suction box kullanılan yöntemde, aynı uygulayıcı baz alınarak yapılan değerlendirmede ise solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 7: Damlacık Oranı (%) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	1,06 $\pm$ 1,04 (0,13 – 2,55)	1,20 $\pm$ 0,80 (0,36 – 2,29)	1,25 $\pm$ 0,81 (0,31 – 2,17)	0,779
	Sağ Hemşire	0,22 $\pm$ 0,22 (0,03 – 0,58)	1,29 $\pm$ 2,04 (0,02 – 4,31)	0,60 $\pm$ 0,48 (0,08 – 1,23)	0,472
	Sol Hemşire	0,20 $\pm$ 0,17 (0,01- 0,41)	0,31 $\pm$ 0,25 (0,11 – 0,68)	0,11 $\pm$ 0,07 (0,05 – 0,20)	0,276
	P değeri	0,174	0,219	0,037	
Örtü	Entübatör	0,16 $\pm$ 0,21 (0,03 – 0,47)	0,12 $\pm$ 0,06 (0,05 – 0,18)	1,33 $\pm$ 2,41 (0,02 – 4,95)	0,618
	Sağ Hemşire	0,10 $\pm$ 0,15 (0,01 – 0,31)	0,09 $\pm$ 0,09 (0,04 – 0,22)	0,17 $\pm$ 0,21 (0,04 – 0,48)	0,437
	Sol Hemşire	0,20 $\pm$ 0,29 (0,02 – 0,63)	0,13 $\pm$ 0,18 (0,02 – 0,39)	0,16 $\pm$ 0,16 (0,01 – 0,36)	0,981
	P değeri	0,584	0,595	0,874	
Aerosol Box	Entübatör	0,26 $\pm$ 0,25 (0,03 – 0,59)	0,50 $\pm$ 0,40 (-0,19 – 1,03)	0,16 $\pm$ 0,06 (0,10 – 0,23)	0,246
	Sağ Hemşire	0,23 $\pm$ 0,15 (0,02 – 0,38)	0,25 $\pm$ 0,18 (0,04 – 0,41)	0,07 $\pm$ 0,09 (0,01 – 0,19)	0,167
	Sol Hemşire	0,11 $\pm$ 0,12 (0,01 – 0,26)	0,08 $\pm$ 0,12 (0,01 – 0,26)	0,09 $\pm$ 0,10 (0,01 – 0,24)	0,981
	P değeri	0,390	0,092	0,298	
Suction Box	Entübatör	0,06 $\pm$ 0,02 (0,03 – 0,08)	0,17 $\pm$ 0,08 (0,06 – 0,24)	0,14 $\pm$ 0,11 (0,03 – 0,27)	0,334
	Sağ Hemşire	0,07 $\pm$ 0,08 (0,00 – 0,16)	0,04 $\pm$ 0,07 (0,00 – 0,14)	0,04 $\pm$ 0,06 (0,00 – 0,12)	0,675
	Sol Hemşire	0,06 $\pm$ 0,12 (0,00 – 0,24)	0,06 $\pm$ 0,12 (0,00 – 0,24)	0,01 $\pm$ 0,02 (0,00 – 0,04)	0,810
	P değeri	0,664	0,152	0,064	

Damlacık oranı, UV piksel sayısının toplam piksel sayısına oranını binde cinsinden ifade etmektedir. Koruyucu kullanılmayan yöntemde, normal solunum ve takipneik solunum senaryosunda, uygulayıcılar arasında istatistiki anlamlı fark saptanmadı. Öksüren hasta senaryosunda, uygulayıcılar arasında istatistiki anlamlı fark saptandı. Tüm yöntemlerde, aynı uygulayıcı içerisinde, solunum senaryoları arasında istatistiki anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 8: Ortalama Damlacık Boyutu (μm^2) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	450525 $\pm$ 204724 (215320 – 683550)	468328 $\pm$ 520106 (157150 – 1243000)	552878 $\pm$ 462710 (105630 – 1176500)	0,779
	Sağ Hemşire	350489 $\pm$ 198547 (55945 – 478970)	515690 $\pm$ 431987 (109970 – 1113100)	351578 $\pm$ 191353 (125400 – 571420)	0,874
	Sol Hemşire	394675 $\pm$ 256234 (77689 – 603890)	541219 $\pm$ 314713 (78676 – 745880)	381254 $\pm$ 409914 (47277 – 904610)	0,390
	P değeri	0,779	0,926	0,668	
Örtü	Entübatör	670315 $\pm$ 506478 (78728 – 1226800)	347507 $\pm$ 193144 (60239 – 477810)	726258 $\pm$ 344201 (395580 – 1181200)	0,309
	Sağ Hemşire	358480 $\pm$ 234572 (109500 – 655110)	242452 $\pm$ 166662 (60047 – 445530)	224886 $\pm$ 139665 (91743 – 421610)	0,694
	Sol Hemşire	372093 $\pm$ 392185 (56152 – 908750)	383802 $\pm$ 364547 (76916 – 893290)	306720 $\pm$ 178563 (75768 – 477270)	0,874
	P değeri	0,472	0,668	0,035	
Aerosol Box	Entübatör	242094 $\pm$ 176362 (78707 – 481320)	350641 $\pm$ 207452 (89352 – 588300)	306720 $\pm$ 178563 (75768 – 477270)	0,735
	Sağ Hemşire	331636 $\pm$ 234113 (80103 – 545770)	267832 $\pm$ 171952 (77286 – 485810)	139817 $\pm$ 128143 (66208 – 331740)	0,334
	Sol Hemşire	482051 $\pm$ 545485 (86522 – 1273500)	293972 $\pm$ 180844 (66947 – 474050)	254930 $\pm$ 242821 (78949 – 613280)	0,841
	P değeri	0,694	0,694	0,390	
Suction Box	Entübatör	103231 $\pm$ 35218 (62869 – 142480)	155798 $\pm$ 41058 (116390 – 213330)	169663 $\pm$ 111884 (52920 – 321840)	0,236
	Sağ Hemşire	184487 $\pm$ 245377 (0 – 518160)	32071 $\pm$ 37950 (0 – 74304)	25388 $\pm$ 30667 (0 – 61806)	0,560
	Sol Hemşire	51412 $\pm$ 63576 (0 – 130690)	14365 $\pm$ 28731 (0 – 57461)	10342 $\pm$ 20684 (0 – 41368)	0,476
	P değeri	0,486	0,017	0,027	

Ortalama damlacık boyutu, örneklem yerindeki uv boyalı damlacıkların kapladığı alanın ortalamasıdır, μm^2 cinsinden ifade edilmektedir. Aynı ekipman yöntemi içerisinde, aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Koruyucu örtü kullanılan yöntemde, öksüren hasta senaryosunda, uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Suction box kullanılan yöntemde, takipneik ve öksüren hasta senaryolarında, uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı.

Tablo 9: Maksimum Damlacık Genişliği (μm) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	11860 $\pm$ 13259 (4101 – 31675)	5352 $\pm$ 4093 (1479 – 11132)	7186 $\pm$ 3139 (4033 – 10434)	0,694
	Sağ Hemşire	2164 $\pm$ 1176 (1134 – 3446)	11246 $\pm$ 16228 (1517 – 35518)	4585 $\pm$ 1111 (3780 – 6228)	0,055
	Sol Hemşire	2564 $\pm$ 1171 (1036 – 3571)	8321 $\pm$ 9355 (2237 – 22254)	2314 $\pm$ 1167 (897 – 3752)	0,232
	P değeri	0,024	0,944	0,018	
Örtü	Entübatör	2792 $\pm$ 2111 (1380 – 5934)	2111 $\pm$ 748, (1321 – 2917)	8825 $\pm$ 12441 (1993 – 27475)	0,298
	Sağ Hemşire	1915 $\pm$ 1398 (1091 – 4008)	2621 $\pm$ 1704 (940 – 4935)	2523 $\pm$ 739 (1823 – 3560)	0,584
	Sol Hemşire	2333 $\pm$ 996 (1224 – 3627)	1912 $\pm$ 324 (1438 – 2168)	2445 $\pm$ 1315 (1036 – 3582)	0,735
	P değeri	0,491	0,926	0,694	
Aerosol Box	Entübatör	3779 $\pm$ 3061 (2072 – 8366)	4656 $\pm$ 4902 (1146 – 11808)	2547 $\pm$ 678 (1900 – 3294)	0,874
	Sağ Hemşire	5974 $\pm$ 6280 (2426 – 15382)	2884 $\pm$ 1147 (1514 – 4022)	2082 $\pm$ 731 (1375 – 2942)	0,246
	Sol Hemşire	2705 $\pm$ 2814 (807 – 6846)	1884 $\pm$ 638 (1353 – 2767)	1537 $\pm$ 703 (1091 – 2584)	0,584
	P değeri	0,174	0,472	0,118	
Suction Box	Entübatör	1702 $\pm$ 593 (1006 – 2282)	3457 $\pm$ 914 (2106 – 4133)	3337 $\pm$ 2458 (1203 – 6144)	0,276
	Sağ Hemşire	943 $\pm$ 858 (0 – 2082)	594 $\pm$ 693 (0 – 1312)	897 $\pm$ 1220 (0 – 2583)	0,980
	Sol Hemşire	692 $\pm$ 802 (0 – 1457)	447 $\pm$ 894 (0 – 1788)	170 $\pm$ 341 (0 – 681)	0,678
	P değeri	0,170	0,018	0,034	

Maksimum damlacık genişliği, örneklem yerindeki en geniş damlacığın uzun eksenindeki genişliğidir, μm cinsinden ifade edilmektedir. Koruyucu kullanılmayan yöntemde, normal solunum ve öksüren hasta senaryolarında, uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Suction box kullanılan yöntemde, takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Aynı ekipman yöntemi içerisinde, aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 10: Maksimum Damlacık Çapı (μm) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	4057 $\pm$ 2174 (2437 – 7039)	2727 $\pm$ 1625 (1013 – 4770)	3054 $\pm$ 923 (2114 - 4101)	0,618
	Sağ Hemşire	1290 $\pm$ 566 (638 – 1947)	7654 $\pm$ 11793 (1182 – 25332)	2424 $\pm$ 6518 (1841 – 3251)	0,085
	Sol Hemşire	1532 $\pm$ 700 (864 – 2244)	2197 $\pm$ 1371 (1362 – 4242)	1609 $\pm$ 737 (782 – 2449)	0,794
	P değeri	0,023	0,779	0,077	
Örtü	Entübatör	1786 $\pm$ 574 (1183 – 2551)	1360 $\pm$ 506 (753 – 1964)	3859 $\pm$ 3836 (1377 – 9575)	0,211
	Sağ Hemşire	1370 $\pm$ 733 (899 – 2464)	1554 $\pm$ 894 (672 – 2625)	1469 $\pm$ 279 (1196 – 1815)	0,734
	Sol Hemşire	1716 $\pm$ 811 (1048 – 2726)	1197 $\pm$ 139 (1013 – 1305)	1320 $\pm$ 586 (864 – 2181)	0,841
	P değeri	0,367	0,926	0,092	
Aerosol Box	Entübatör	1786 $\pm$ 1052 (988 – 3308)	2601 $\pm$ 1975 (931 – 5371)	1583 $\pm$ 360 (1099 – 1955)	0,926
	Sağ Hemşire	2993 $\pm$ 3237 (1013 – 7831)	1837 $\pm$ 896 (809 – 2956)	1229 $\pm$ 509 (777 – 1841)	0,397
	Sol Hemşire	1759 $\pm$ 1465 (748 – 3859)	1258 $\pm$ 568 (739 – 1959)	1140 $\pm$ 554 (723 – 1955)	0,926
	P değeri	0,779	0,298	0,351	
Suction Box	Entübatör	1178 $\pm$ 241 (831 – 1354)	2175 $\pm$ 700 (1439 – 3113)	1667 $\pm$ 991 (672 – 2929)	0,105
	Sağ Hemşire	833 $\pm$ 814 (0 – 1947)	389 $\pm$ 470 (0 – 946)	311 $\pm$ 372 (0 – 744)	0,446
	Sol Hemşire	518 $\pm$ 599 (0 – 1072)	200 $\pm$ 400 (0 – 800)	146 $\pm$ 292 (0 – 584)	0,476
	P değeri	0,214	0,017	0,027	

Maksimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en geniş damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Koruyucu kullanılmayan yöntemde, normal solunum senaryosunda, uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Suction box kullanılan yöntemde, takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında, uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Aynı ekipman yöntemi içerisinde, aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 11: Minimum Damlacık Çapı (μm) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	307 $\pm$ 149 (85 – 394)	447 $\pm$ 345 (85 – 916)	495 $\pm$ 334 (85 – 864)	0,556
	Sağ Hemşire	471 $\pm$ 262 (85 – 636)	307 $\pm$ 149 (85 – 394)	341 $\pm$ 233 (85 – 636)	0,457
	Sol Hemşire	438 $\pm$ 261 (85 – 636)	471 $\pm$ 262 (85 – 636)	498 $\pm$ 275 (85 – 636)	0,843
	P değeri	0,366	0,418	0,619	
Örtü	Entübatör	655 $\pm$ 408 (85 – 949)	477 $\pm$ 261 (85 – 607)	550 $\pm$ 357 (85 – 949)	0,454
	Sağ Hemşire	438 $\pm$ 261 (85 – 636)	304 $\pm$ 146 (85 – 377)	377 $\pm$ 226 (85 – 636)	0,271
	Sol Hemşire	498 $\pm$ 275 (85 – 636)	494 $\pm$ 348 (85 – 907)	317 $\pm$ 154 (85 – 394)	0,485
	P değeri	0,566	0,408	0,369	
Aerosol Box	Entübatör	2623 $\pm$ 157 (85 – 394)	299 $\pm$ 143 (85 – 380)	291 $\pm$ 178 (85 – 394)	0,470
	Sağ Hemşire	263 $\pm$ 157 (85 – 394)	304 $\pm$ 146 (85 – 377)	154 $\pm$ 46 (85 – 176)	0,415
	Sol Hemşire	252 $\pm$ 146 (85 – 394)	304 $\pm$ 146 (85 – 377)	323 $\pm$ 246 (85 – 636)	0,836
	P değeri	0,938	1,000	0,408	
Suction Box	Entübatör	154 $\pm$ 46 (85 – 176)	148 $\pm$ 42 (85 – 168)	154 $\pm$ 46 (85 – 176)	0,253
	Sağ Hemşire	279 $\pm$ 292 (0 – 636)	65 $\pm$ 84 (0 – 176)	65 $\pm$ 84 (0 – 176)	0,461
	Sol Hemşire	65,4038 $\pm$ 84,16562 (0 – 176)	21 $\pm$ 43 (0 – 85)	21 $\pm$ 43 (0 – 85)	0,594
	P değeri	0,328	0,094	0,057	

Minimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en küçük damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Aynı ekipman yöntemi içerisinde, aynı solunum senaryosunda uygulayıcılar arasında ve aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Kullanılan, fotoğraflama ekipmanının rezolüsyonu, ve dijital işleme esnasında ulaşılacak minimum ölçüm değeri her fotoğrafta aynı olduğu için, değerlerin birbirine yakın veya aynı olması çalışmamız açısından doğal bir durumdur.

Tablo 12: Ortalama Damlacık Çapı (μm) (ortalama $\pm$ standart sapma / (min – max) olarak gösterilmiştir)

Ekipman	Görev	SENARYO			P değeri
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta	
Koruyucu yok	Entübatör	582 $\pm$ 212 (329 – 791)	636 $\pm$ 393 (307 – 1202)	719 $\pm$ 375 (280 – 1165)	0,874
	Sağ Hemşire	610 $\pm$ 254 (230 – 752)	560 $\pm$ 204 (270 – 746)	586 $\pm$ 209 (322 – 812)	0,735
	Sol Hemşire	627 $\pm$ 265 (266 – 828)	714 $\pm$ 321 (236 – 931)	717 $\pm$ 347 (211 – 986)	0,584
	P değeri	0,794	0,694	0,694	
Örtü	Entübatör	821 $\pm$ 427 (254 – 1219)	610 $\pm$ 244 (245 – 760)	808 $\pm$ 353 (372 – 1186)	0,551
	Sağ Hemşire	610 $\pm$ 267 (277 – 904)	459 $\pm$ 158 (247 – 619)	485 $\pm$ 174 (296 – 716)	0,472
	Sol Hemşire	700 $\pm$ 287 (311 – 1000)	614 $\pm$ 343 (261 – 1057)	424 $\pm$ 84 (299 – 478)	0,390
	P değeri	0,618	0,472	0,298	
Aerosol Box	Entübatör	457 $\pm$ 173 (272 – 662)	569 $\pm$ 191 (293 – 727)	548 $\pm$ 205 (263 – 718)	0,584
	Sağ Hemşire	501, $\pm$ 183 (281 – 722)	481 $\pm$ 150 (272 – 615)	323 $\pm$ 112 (258 – 490)	0,174
	Sol Hemşire	586 $\pm$ 305 (286 – 984)	527 $\pm$ 198 (250 – 703)	496 $\pm$ 237 (282 – 832)	0,841
	P değeri	0,779	0,500	0,232	
Suction Box	Entübatör	302 $\pm$ 61 (224 – 368)	339 $\pm$ 49 (277 – 383)	369 $\pm$ 113 (221 – 495)	0,437
	Sağ Hemşire	384 $\pm$ 339 (0 – 785)	126 $\pm$ 146 (0 – 274)	114 $\pm$ 132 (0 – 241)	0,363
	Sol Hemşire	156 $\pm$ 184 (0 – 356)	60 $\pm$ 120 (0 – 241)	51 $\pm$ 103 (0 – 205)	0,476
	P değeri	0,486	0,017	0,024	

Ortalama damlacık çapı, örneklem yerindeki damlacıklar daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çaplarının ortalamasıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Koruyucu kullanılmayan, koruyucu örtü ve aerosol box yöntemleri içerisinde, aynı solunum senaryosunda, uygulayıcılar arası ve aynı uygulayıcıda solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Suction box kullanılan yöntemde, normal solunum senaryosunda uygulayıcılar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmazken, takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında uygulayıcılar arası istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Suction box kullanılan yöntemde, aynı uygulayıcı baz alınarak yapılan değerlendirmede ise solunum senaryoları arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 13: Toplam piksel sayısı (p değerleri paylaşılmıştır)

Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	SENARYO		
		Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,663	0,468	0,468
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,663	0,468	0,885
	Koruyucu yok – Suction Box	0,885	0,885	0,468
	Örtü – Aerosol box	0,663	0,663	0,663
	Örtü – Suction Box	0,468	0,468	0,468
	Aerosol Box – Suction Box	0,663	0,468	0,663
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,468	0,468	0,663
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,468	0,468	0,468
	Koruyucu yok – Suction Box	0,663	0,468	0,663
	Örtü – Aerosol box	0,885	0,885	0,468
	Örtü – Suction Box	0,663	0,468	0,885
	Aerosol Box – Suction Box	0,468	0,468	0,468
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,468	0,468	0,663
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,468	0,468	0,468
	Koruyucu yok – Suction Box	0,663	0,468	0,885
	Örtü – Aerosol box	0,885	0,885	0,885
	Örtü – Suction Box	0,663	0,468	0,468
	Aerosol Box – Suction Box	0,663	0,468	0,663

Toplam piksel sayısı, örneklem yerinin, fotoğraf içerisinde kapladığı alanı piksel cinsinden ifade etmektedir. Yapılan karşılaştırmada istatistiki anlamlı fark saptanmadı. Tüm fotoğraf örnekleri sabit ortam kullanılarak elde edildiği için, fotoğraf örneklerindeki UV kirlenme alanlarının doğru yorumlanması için toplam piksel alanı karşılaştırmalarında anlamlı farklılık saptanmamış olması önemlidir. Çalışmamızda, fotoğraflanan örneklem yerleri arasında fark olmaması örneklerin doğru fotoğraflandırıldığına kanıttır.

Tablo 14: UV piksel sayısı (p değerleri paylaşılmıştır)

UV Piksel Sayısı		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,043	0,083	0,386
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,043	0,564	0,149
	Koruyucu yok – Suction Box	0,021	0,083	0,083
	Örtü – Aerosol box	0,248	0,083	0,564
	Örtü – Suction Box	0,386	0,564	0,564
	Aerosol Box – Suction Box	0,083	0,149	0,564
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,248	0,248	0,083
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,773	0,564	0,021
	Koruyucu yok – Suction Box	0,248	0,042	0,020
	Örtü – Aerosol box	0,149	0,021	0,248
	Örtü – Suction Box	0,564	0,042	0,042
	Aerosol Box – Suction Box	0,149	0,020	0,146
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,564	0,021	0,773
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,386	0,021	0,149
	Koruyucu yok – Suction Box	0,081	0,018	0,018
	Örtü – Aerosol box	0,564	0,386	0,386
	Örtü – Suction Box	0,081	0,076	0,018
	Aerosol Box – Suction Box	0,146	0,139	0,018

UV piksel sayısı, fotoğraflanan örneklem yeri içerisinde, UV boyanmış piksel sayısını ifade etmektedir. Entübatör için UV piksel sayısı kullanılarak yapılan karşılaştırmada, normal solunum senaryosunda koruyucu kullanılmamasına karşın her üç koruyucu ekipman kullanımında (örtü, aerosol, box, suction box) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0.043$, $p=0.043$, $p=0.021$). Sağ hemşire için, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında takipneik solunumda ve öksüren hastada (sırasıyla, $p= 0.042$, $p= 0.020$), aerosol box kullanımında ise öksüren hasta senaryosunda ($p= 0.021$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Ekipmanlar arasında yapılan incelemede, takipneik solunumda tüm ekipmanlar (örtü-aerosol box, örtü-suction box, aerosol box-suction box) arasında (sırasıyla, $p=0.021$, $p=0.042$, $p=0.020$), öksüren hastada ise örtü-suction box arasında ($p=0.042$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Sol hemşire için, takipneik solunumda, koruyucu kullanılmamasına karşın her üç koruyucu ekipman kullanımında istatistiki anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0.021$, $p=0.021$, $p=0.018$). Öksüren hasta senaryosunda ise suction box kullanımı ($p=0.018$) ve örtü-suction box, aerosol box-suction box arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0.018$, $p=0.018$). Diğer durumlarda istatistiki anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 15: Damlacık Oranı ‰ (p değ erleri paylaşılmıştır)

Damlacık Oranı ‰		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	�ks�ren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – �rt�	0,043	0,021	0,248
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,083	0,149	0,021
	Koruyucu yok – Suction Box	0,021	0,021	0,021
	�rt� – Aerosol box	0,386	0,021	0,773
	�rt� – Suction Box	0,773	0,149	0,773
	Aerosol Box – Suction Box	0,248	0,248	0,564
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – �rt�	0,248	0,386	0,149
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,773	0,773	0,043
	Koruyucu yok – Suction Box	0,248	0,081	0,042
	�rt� – Aerosol box	0,248	0,248	0,386
	�rt� – Suction Box	0,564	0,146	0,146
	Aerosol Box – Suction Box	0,083	0,042	0,384
Sol Hemşire	Koruyucu yok – �rt�	0,773	0,149	0,564
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,564	0,149	0,386
	Koruyucu yok – Suction Box	0,146	0,139	0,018
	�rt� – Aerosol box	0,773	0,248	0,564
	�rt� – Suction Box	0,146	0,139	0,038
	Aerosol Box – Suction Box	0,245	0,139	0,038

Damlacık oranı, UV piksel sayısının toplam piksel sayısına oranını binde cinsinden ifade etmektedir. Entübatör için, damlacık oranı kullanılarak yapılan karşılaştırmada, koruyucu ekipman kullanılmamasına karşın örtü kullanıldığında, normal solunum ve takipneik solunumda (sırasıyla, $p=0,043$, $p=0,021$); aerosol box kullanıldığında ise öksüren hastada ($p=0,021$) istatistiki olarak anlamlı farklılık saptandı. Suction box kullanımı ile koruyucu ekipman kullanılmayan tüm solunum senaryoları (normal solunum, takipneik solunum, öksüren hasta) arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık saptandı (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,021$, $p=0,021$). Ekipmanlar kendi arasında karşılaştırıldığında, örtü ve aerosol box arasında takipneik solunumda istatistiki olarak anlamlı fark saptandı ($p=0,021$). Sağ hemşire için, öksüren hasta senaryosunda, koruyucu ekipman kullanılmaması ile aerosol box veya suction box kullanımı arasında istatistiki anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,043$, $p=0,042$), ekipmanlar arası istatistiki anlamlı fark sadece aerosol box ve suction box arasında takipneik solunumda saptandı ($p=0,042$). Sol hemşire için koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı, örtü – suction box ve aerosol box – suction box kullanımı arasında, öksüren hasta senaryosunda istatistiki anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,018$, $p=0,038$, $p=0,038$). Diğ er durumlarda istatistiki anlamlı fark saptanmadı.

Tablo 16: Ortalama damlacık boyutu (p değerleri paylaşılmıştır)

Ortalama Damlacık Boyutu		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,564	0,773	0,386
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,149	0,773	0,386
	Koruyucu yok – Suction Box	0,021	0,083	0,149
	Örtü – Aerosol box	0,248	0,773	0,083
	Örtü – Suction Box	0,149	0,248	0,021
	Aerosol Box – Suction Box	0,149	0,248	0,248
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	1,000	0,248	0,248
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,564	0,248	0,083
	Koruyucu yok – Suction Box	0,386	0,020	0,020
	Örtü – Aerosol box	0,773	0,564	0,149
	Örtü – Suction Box	0,248	0,042	0,020
	Aerosol Box – Suction Box	0,386	0,020	0,020
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,773	0,564	1,000
	Koruyucu yok – Aerosol Box	1,000	0,149	0,773
	Koruyucu yok – Suction Box	0,042	0,018	0,018
	Örtü – Aerosol box	0,773	1,000	0,773
	Örtü – Suction Box	0,146	0,018	0,018
	Aerosol Box – Suction Box	0,042	0,018	0,018

Ortalama damlacık boyutu, örneklem yerindeki UV boyalı damlacıkların kapladığı alanın ortalamasıdır, μm^2 cinsinden ifade edilmektedir. Entübatör için ortalama damlacık boyutu kullanılarak yapılan karşılaştırmada, normal solunum senaryosunda, suction box kullanımı ile koruyucu kullanılmaması arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı ($p=0,021$). Ekipmanlar arasında ise sadece öksüren hasta senaryosunda örtü ile suction box kullanımı arasında istatistiki anlamlı fark saptandı ($p=0,021$). Sağ hemşire için suction box ile koruyucu kullanılmaması arasında takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,020$). Aynı uygulayıcıda, örtü ve suction box kullanımı arasında takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında (sırasıyla, $p=0,042$, $p=0,020$), aerosol box ile suction box kullanımı arasında takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında (sırasıyla, $p=0,020$, $p=0,020$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Sol hemşire için koruyucu kullanılmamasına karşın suction box kullanımında ve aerosol box ile suction box kullanımı arasında tüm solunum senaryolarında (koruyucu yok-suction box: sırasıyla, $p=0,042$, $p=0,018$, $p=0,018$, aerosol box-suction box: sırasıyla, $p=0,042$, $p=0,018$, $p=0,018$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Aynı uygulayıcıda örtü ile suction box kullanımı arasında ise takipneik solunum

ve öksüren hasta senaryolarında istatistiki anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,018$, $p=0,018$).

Tablo 17: Maksimum damlacık genişliği (p değerleri paylaşılmıştır)

Maksimum Damlacık Genişliği		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,083	0,149	0,248
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,149	0,564	0,021
	Koruyucu yok – Suction Box	0,021	0,248	0,149
	Örtü – Aerosol box	0,149	0,564	0,564
	Örtü – Suction Box	0,773	0,083	0,564
	Aerosol Box – Suction Box	0,083	0,773	1,000
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	1,000	0,386	0,021
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,248	0,386	0,021
	Koruyucu yok – Suction Box	0,083	0,020	0,020
	Örtü – Aerosol box	0,149	0,773	0,386
	Örtü – Suction Box	0,149	0,081	0,146
	Aerosol Box – Suction Box	0,021	0,020	0,146
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	1,000	0,021	1,000
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,564	0,043	0,564
	Koruyucu yok – Suction Box	0,081	0,018	0,018
	Örtü – Aerosol box	0,386	0,564	0,386
	Örtü – Suction Box	0,081	0,038	0,018
	Aerosol Box – Suction Box	0,246	0,076	0,018

Maksimum damlacık genişliği, örneklem yerindeki en geniş damlacığın uzun eksenindeki genişliğidir, μm cinsinden ifade edilmektedir. Entübatör için maksimum damlacık genişliği kullanılarak yapılan karşılaştırmada, normal solunum senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında ($p=0,021$), öksüren hasta senaryosunda ise koruyucu kullanılmaması ile aerosol box kullanımı arasında ($p=0,021$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Sağ hemşire için, öksüren hasta senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile tüm ekipmanların kullanımı arasında (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,021$, $p=0,020$) istatistiki anlamlı fark saptandı, takipneik solunumda ise sadece koruyucu kullanılmamasına karşın suction box kullanımında istatistiki anlamlı fark saptandı ($p=0,020$). Aynı uygulayıcıda, aerosol box kullanımı ile suction box kullanımı arasında normal ve takipneik solunum senaryoları arasında (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,020$) istatistiki anlamlı fark saptandı. Sol hemşire için, takipneik solunum senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile tüm ekipmanlar (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,043$, $p=0,018$) arasında ve örtü ile suction box kullanımı arasında ($p=0,038$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Aynı uygulayıcı için öksüren hasta senaryosunda, koruyucu kullanılmamasına

karşın sadece suction box kullanımında ($p=0,018$), ekipmanlar değerlendirildiğinde ise örtü ile suction box kullanımı ($p=0,018$) ve aerosol box ile suction box ($p=0,018$) kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı.

Tablo 18: Maksimum damlacık çapı (p değerleri paylaşılmıştır)

Maksimum Damlacık Çapı		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,083	0,248	0,386
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,083	0,773	0,021
	Koruyucu yok – Suction Box	0,021	0,773	0,083
	Örtü – Aerosol box	0,773	0,386	0,149
	Örtü – Suction Box	0,149	0,149	0,248
	Aerosol Box – Suction Box	0,468	1,000	1,000
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	1,000	0,248	0,021
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,564	0,564	0,029
	Koruyucu yok – Suction Box	0,309	0,020	0,020
	Örtü – Aerosol box	0,384	0,564	0,564
	Örtü – Suction Box	0,146	0,042	0,020
	Aerosol Box – Suction Box	0,149	0,042	0,020
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,468	0,020	0,564
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,564	0,386	0,386
	Koruyucu yok – Suction Box	0,146	0,018	0,018
	Örtü – Aerosol box	0,564	1,000	0,386
	Örtü – Suction Box	0,058	0,017	0,018
	Aerosol Box – Suction Box	0,245	0,038	0,018

Maksimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en geniş damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Entübatör için maksimum damlacık çapı kullanılarak yapılan karşılaştırmada, normal solunum senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında ($p=0,021$), öksüren hasta senaryosunda ise koruyucu kullanılmaması ile aerosol box kullanımı arasında ($p=0,021$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Sağ hemşire için, öksüren hasta senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile tüm ekipmanların kullanımı arasında (sırasıyla, $p=0,021$, $p=0,029$, $p=0,020$) istatistiki anlamlı fark saptandı. Aynı senaryoda suction box kullanımı ile örtü ve aerosol box kullanımı arasında (sırasıyla, $p=0,020$, $p=0,020$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Takipneik solunumda koruyucu kullanılmamasına karşın suction box kullanımında ($p=0,020$), buna ek olarak örtü ile suction box ($p=0,042$) ve aerosol box ile suction box ($p=0,042$) kullanımı arasında istatistiki anlamlı fark saptandı. Sol hemşire için, takipneik solunum senaryosunda, koruyucu kullanılmamasına karşın örtü ve suction box

kullanımında (sırasıyla, $p=0,020$, $p=0,018$); örtü ile suction box kullanımı ($p=0,017$) ve aerosol box ile suction box kullanımı ($p=0,038$) arasında istatistik olarak anlamlı fark saptandı. Aynı uygulayıcıda, öksüren hasta senaryosunda, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında ($p=0,018$), örtü ile suction box kullanımı arasında ve aerosol box ile suction box kullanımı arasında (sırasıyla, $p=0,018$, $p=0,018$) istatistiki olarak anlamlı fark saptanmıştır.

Tablo 19: Minimum damlacık çapı (p değerleri paylaşılmıştır)

Minimum Damlacık Çapı		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,186	0,653	0,770
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,877	0,189	0,353
	Koruyucu yok – Suction Box	0,178	0,178	0,180
	Örtü – Aerosol box	0,186	0,180	0,180
	Örtü – Suction Box	0,178	0,169	0,180
	Aerosol Box – Suction Box	0,350	0,180	0,169
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,882	0,653	0,765
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,186	0,653	0,180
	Koruyucu yok – Suction Box	0,297	0,056	0,058
	Örtü – Aerosol box	0,297	1,000	0,178
	Örtü – Suction Box	0,304	0,052	0,056
	Aerosol Box – Suction Box	0,882	0,052	0,119
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,617	0,884	0,169
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,240	0,178	0,353
	Koruyucu yok – Suction Box	0,056	0,025	0,022
	Örtü – Aerosol box	0,180	0,353	1,000
	Örtü – Suction Box	0,052	0,026	0,022
	Aerosol Box – Suction Box	0,078	0,022	0,026

Minimum damlacık çapı, örneklem yerindeki en küçük damlacığın daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çapıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Entübatör için minimum damlacık çapı kullanılarak yapılan karşılaştırmada senaryolar ya da koruyucu ekipmanlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Sağ hemşire için senaryolar ya da koruyucu ekipmanlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptanmadı. Sol hemşire için yapılan değerlendirmede ise, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında takipneik ve öksüren hasta senaryolarında (sırasıyla, $p=0,025$, $p=0,022$) istatistiki olarak anlamlı fark saptandı. Aynı uygulayıcıda örtü ile suction box kullanımı ve aerosol box ile suction box kullanımı arasında takipneik ve öksüren hasta senaryolarında istatistiki olarak

anlamlı fark saptandı (örtü-suction box sırasıyla, $p=0,026$, $0,022$, aerosol box-suction box sırasıyla, $p=0,022$, $p=0,026$).

Tablo 20: Ortalama damlacık çapı (p değerleri paylaşılmıştır)

Ortalama Damlacık Çapı		SENARYO		
Görev	Karşılaştırılan ekipmanlar	Normal Solunum	Takipneik Solunum	Öksüren Hasta
Entübatör	Koruyucu yok – Örtü	0,186	0,653	0,770
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,386	0,189	0,353
	Koruyucu yok – Suction Box	0,043	0,149	0,149
	Örtü – Aerosol box	0,248	0,564	0,248
	Örtü – Suction Box	0,149	0,248	0,149
	Aerosol Box – Suction Box	0,248	0,149	0,149
Sağ Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	1,000	0,248	0,386
	Koruyucu yok – Aerosol Box	0,386	0,386	0,043
	Koruyucu yok – Suction Box	0,564	0,042	0,020
	Örtü – Aerosol box	0,564	0,773	0,149
	Örtü – Suction Box	0,248	0,042	0,020
	Aerosol Box – Suction Box	0,564	0,042	0,020
Sol Hemşire	Koruyucu yok – Örtü	0,773	0,773	0,248
	Koruyucu yok – Aerosol Box	1,000	0,248	0,386
	Koruyucu yok – Suction Box	0,081	0,038	0,018
	Örtü – Aerosol box	0,386	0,773	0,773
	Örtü – Suction Box	0,042	0,018	0,018
	Aerosol Box – Suction Box	0,042	0,018	0,018

Ortalama damlacık çapı, örneklem yerindeki damlacıkların daire biçimine dönüştürüldüğünde elde edilen çaplarının ortalamasıdır, damlacıkların standardizasyonu amacıyla kullanılmaktadır, μm cinsinden ifade edilmektedir. Entübatör için ortalama damlacık çapı kullanılarak yapılan karşılaştırmada, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında, normal solunum senaryosunda istatistiki olarak anlamlı fark saptandı ($p=0,043$). Sağ hemşire için, takipneik solunum senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında, örtü ile suction box kullanımı arasında, aerosol box kullanımı ile suction box kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,042$, $p=0,042$, $p=0,042$). Aynı uygulayıcıda, öksüren hasta senaryosunda, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında, örtü ile suction box kullanımı arasında, aerosol box kullanımı ile suction box kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,020$, $p=0,020$, $p=0,020$). Sol hemşire için, normal solunum senaryosunda, örtü ile suction box kullanımı, aerosol box ile suction box kullanımı arasında istatistiki anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,042$, $p=0,042$). Aynı uygulayıcıda, takipneik solunum senaryosunda koruyucu kullanılmaması ile suction box

kullanımı arasında, örtü ile suction box kullanımı arasında, aerosol box kullanımı ile suction box kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,038$, $p=0,018$, $p=0,018$). Öksüren hasta senaryosunda, koruyucu kullanılmaması ile suction box kullanımı arasında, örtü ile suction box kullanımı arasında, aerosol box kullanımı ile suction box kullanımı arasında istatistiki olarak anlamlı fark saptandı (sırasıyla, $p=0,018$, $p=0,018$, $p=0,018$).



5. TARTIŞMA

Aerosol üreten süreçler, havayolu ile bulaşan etkenler ile uygulayıcıların en yakın temas içerisinde olduğu durumlardır (63). Acil serviste, ameliyathanelerde, yataklı koğuşlarda entübasyon, ekstübasyon, havayolu aspirasyonu ve endoskopi gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. COVID-19 pandemisi gibi, semptomatik ve asemptomatik bulaşın yoğun gözlemlendiği, aynı zamanda takip edilen hastalarda bu tür girişimlerin daha fazla uygulandığı dönemlerde, standart izolasyon önlemlerinin yetersizliği tartışma konusu olmuştur (74). Tarihten günümüze kadar olan pandemilerde veya havayolu ile bulaşan hastalıkların yönetiminde, negatif basınçlı odalar, yüksek izolasyon seviyeli giysiler, kapalı devre taşıma sistemleri kullanılmış olsa da bu yöntemler içinde bulunduğumuz pandemi döneminde sayıca yetersiz kalmıştır. Bu durum, hasta ile yakın temaslı olan sağlık hizmeti sağlayıcılarının, maruziyet riskini arttırmış ve erken dönemde topluma göre çok daha fazla oranda enfekte olmalarına sebep olmuştur (13). Riski azaltmak amacıyla, kolay ulaşılabilir, düşük maliyetli, koruyucu standartları sağlayabilen, prosedürleri uygularken zorluğa sebep olmayacak koruyucu ekipmanlar geliştirilmiş ve etkinlikleri yapılan çalışmalar ile değerlendirilmiştir. Literatürde, rijit yapıda damlacık engelleyici kutular, çerçeve ile kullanılan plastik örtü ve tenteler, direk hasta üzerine serilen şeffaf örtüler, negatif basınç oluşturan suction sistemleri ve bu sistemlerin kombinasyonları üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (67). Bazı çalışmalarda, bu sistemlerin işlem süresini uzattığı ve bu nedenle kontaminasyonu arttırdığı bildirilmiş olsa da bu görüşün tersini söyleyen çalışmalar mevcuttur. Etkinlik üzerine yapılan çalışmalarda, çeşitli işlem ve ortamlarda koruyucu bariyerlerin etkinliklerinde farklılıklar saptandığı bildirilmiştir. Özellikle negatif basınç oluşturan suction sistemlerinin kullanıldığı koruyucu ekipmanlar, aerosol yayılımını engellemede öne geçmektedir (64). Çalışmamızda, acil serviste halihazırda kullanılan damlacık engelleyici bariyerlerin (koruyucu örtü, aerosol box, suction box), damlacık yayılımını engellemedeki etkinliğini ve farklı solunum kondisyonlarındaki (fizyolojik solunum, takipneik hasta, öksüren hasta) etkinliklerini karşılaştırmayı amaçladık. RSI süresi içerisinde, koruyucu ekipmanlar arasındaki yapısal farkların ve solunum kondisyonlarının koruyucu etkinliği değiştirebileceğini ve uygulayıcılar arası bulaş riskini değiştireceğini düşündük. Bu karşılaştırmayı, acil serviste, entübasyon süresince ve uygulayıcıların koruyucu ekipmanlarına bulaşan damlacıkların miktarı, oranı ve karakterleri üzerinden gerçekleştirdik. Literatürde mevcut olan

alışmalar, etkinlik düzeylerini, havadaki partikül miktarını ölçerek veya bulaş durumunu kantitatif olmayan yöntemler ile göstererek araştırmışlardı.

Koruyucu etkinliği araştıran çalışmalar, 5-10 m çapından daha küçük aerosollerini, bu boyuttan daha büyük damlacıkları ve her ikisini içerecek şekilde planlanmıştır. Aerosoller genellikle, duman üreten cihazlar ile simüle edilmiş; partikül dedektörleri, yüksek hızlı kameralar ve lazer görüntüleme sistemleri, koku ve direk izleme gibi yöntemler ile saptanmıştır. Damlacıklar, daha çok UV boya ile simüle edilmiş; yayılım ise nebulizatör, direk şırınga ve atomizer, elastik balonun patlaması gibi yöntemler ile sağlanmış ve UV ışık altında direk bakı veya fotoğraflanarak incelenmiştir (64). Bizim alışmamızda, UV boya içeren 21 m ortanca çapında damlacıklar üretilerek, hem aerosol hem de damlacık bulaşı, UV ışık yardımı ile fotoğraflanarak, uygulayıcılar üzerindeki kontaminasyon kantitatif olarak değerlendirilmiştir.

Entübatör için, tüm koruyucu ekipmanlar, normal solunum senaryosunda, toplam kontaminasyonu gösteren UV piksel sayısında, koruyucu ekipman kullanılmamasına göre anlamlı azalmaya sebep olmuştur; ancak takipneik solunum ve öksüren hasta senaryolarında anlamlı düzeyde azalma gözlenmemiştir. Ekipmanlar, kıyaslandığında ise, UV piksel sayısını azaltmada birbirlerine üstün olmadıkları gösterilmiştir. Kişisel Koruyucu Ekipman (KKE) zerindeki kontaminasyon oranını gösteren damlacık oranı açısından incelendiğinde ise; suction box tüm solunum senaryolarında (rt, normal ve takipneik solunum senaryosunda), aerosol box ise sadece öksüren hasta senaryosunda koruyucu olmayan yönteme göre damlacık oranını azaltmıştır. Birbirleri arasında değerlendirildiğinde ise takipneik solunum senaryosunda, örtüde, aerosol box'a göre daha düşük oran gözlenmiştir.

Canelli ve arkadaşları, koruyucusuz bir düzende yaptıkları damlacık yayılımını taklit eden çalışmalarında, UV boya ve öksürüğü taklit etmek amacıyla mankenin havayoluna yerleştirilmiş bir balon kullanarak, laringoskopistin önlüğünde, eldivenlerinde, siperliğinde, gzlğnde, saçlarında, boynunda, kulaklarında ve ayakkabılarında, yerde 1 m uzaklıkta ve 2 m uzaklıktaki monitör üzerinde UV boya saptamışlardır. Aerosol box ile yaptıkları deneyde ise sadece kutunun i yüzeyinde ve laringoskopistin eldivenlerinde ve önlüğünün ön kol kısmında boyaya rastlanmış, odanın geri kalanında boya saptanmamıştır (75). Benzer başka bir çalışmada, endoskopi işlemi

simüle edilmiş, koruyucu kullanılmadığında, uygulayıcının maske, boyun ve önlüğünde bulaş gözlenmiş, aerosol box kullanıldığında ise sadece önlüğün alt kısmında bulaş gözlenmiştir (76). Dental uygulamalarda, koruyucu kullanılmadığında ise öksürük simülatöründen çıkan damlacıkların hastanın ağız seviyesinden yaklaşık bir metre yükseğe çıktığı ve operatörün siperlik, baş, sırt ve ayakkabılarında bulaş olduğu gözlenmiştir (77). Bizim çalışmamızda ise aerosol box kullanılan tüm senaryolarda uygulayıcıların üzerinde UV boya saptanmıştır, bu durum çalışmamızda kullandığımız öksürük simülatörünün daha geniş aralıkta partikül üretmesi ve inceleme yöntemimizin yüksek çözünürlüklü fotoğraf ve bilgisayar destekli olması ile ilgili olabilir; çünkü Canelli ve ark. çalışmalarında UV ışık altında, gözle makroskopik değerlendirmeye yaptıklarını belirtmişlerdir. Çalışmamız sadece hasta çevresindeki uygulayıcıların üzerindeki bulaş düzeyini ölçtüğünden, yukarıda bahsedilen çalışmalardan farklı olmasına rağmen, daha objektif bir metodoloji kullandığımız ve sonuçları daha detaylı bir şekilde kantitatif olarak elde ettiğimiz için, aerosol box'ın koruyuculuğunun mevcut literatürde gösterilenden daha düşük olabileceğini göstermesi açısından değerlidir.

Bizim çalışmamızda, aerosol box kullanımı, toplam ve oransal kontaminasyon açısından değerlendirildiğinde, normal ve öksüren hasta senaryolarında bulaşı azaltmakta, takipneik solunumda ise değişiklik gözlenmemektedir. Dalli ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yarı açık yapıdaki aerosol box'ların caudal açıklıkları ve kol deliklerinden hava ve büyük damlacıkların sızdığı, plastik örtülerle bu kısımların kapatıldığında ise dışarıya olan hava akımının kesildiği gözlenmiştir (78). Fidler ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, aerosol box kullanıldığında operatörün ağız çevresinde partikül sayısının 20'de birine düştüğü; ancak buna karşın göğüs hizasında üçte birine düştüğü, kol deliklerinde ise bazal seviyenin 25 katı olduğu gözlenmiştir. Dalli ve arkadaşlarının çalışmasında olduğu gibi, bu kutuların aerosol sızdığını, kol delikleri plastik koruyucular ile "eldivenli kutular" şeklinde kullanıldığında ise partikül sayısının anlamlı düzeyde azaldığını gözlemlemişler ve bu sebeple "aerosol box" yerine "droplet box" olarak adlandırılmasını önermişlerdir (79). Jazuli ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise, duman yayılımının, koruyucu kullanılmadığında laringoskopistin çevresinde toplandığı, aerosol box kullanıldığında ise, uzağa ve yatağın caudal kısmına doğru olduğu gösterilmiştir. Plastik örtü ile izole edildiğinde ise duman bariyerin içerisinde kalmış ve uygulayıcının box kullanıldığında duman kokusunu almadığı belirtilmiştir (6). UV boya kullanılarak yapılan hem damlacık,

hem de aerosol yayılımının incelendiği başka bir çalışmada ise, box kullanımının uygulayıcının kontaminasyonunu azalttığı gözlenmiş, kutu içerisinde kalan önlük ve eldiven, uygulayıcının ise gövde ve ayaklarında az miktarda bulaş gösterilmiştir. Koruyucu kullanılmadığında ise KKE olmayan cilt kısımlarında ve oda içerisinde 2 metre uzaklıkta boya gözlenmiştir (4). Çalışmamızda yarı açık yapıda aerosol box kullanılmıştır. Damlacıklar, daha yüksek hızlarda hava akımı oluşturan öksüren hasta senaryosunda, takipneik solunum senaryosuna göre kutunun caudalinden tahliye olarak daha az kontaminasyona sebep olmuş olabilir. Simpson ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, aerosol box kullanımının partikül miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Bu çalışma, simülasyon süresi olarak çalışmamıza benzemekle birlikte, negatif basınçlı odada ve öksüren hasta kullanılarak yapılmıştır (5). Başka bir çalışmada ise normal basınçlı odada aerosol box ile yapılan entübasyonda her alanda partikül sayılarının azaldığı gösterilmiştir (81). Çalışmamız, Sakai ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile uyumlu, Simpson ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile ise uyumsuz görünmektedir. Bu durum her iki çalışmada da farklı metodolojiler, partikülmetre ile ölçüm gerçekleştirilmesi, ayrıca normal ve negatif basınçlı hava akımları kullanılması ile açıklanabilir.

Yapılan çalışmalarda, örtü kullanımının, rijit yapıli aerosol boxlara göre, el hareketlerine daha fazla izin vererek, manevra kabiliyetini arttırdığı vurgusu yapılmaktadır ve acil servislerde, viral aerosolizasyonu azaltacağı öne sürülmüştür. Buna karşın örtü kullanımının, entübasyonu zorlaştıracığı ve yangın riski oluşturacağını düşünen görüşler de mevcuttur (64,82–84). Entübatör için örtü kullanımı toplam ve oransal kontaminasyon açısından değerlendirildiğinde, normal ve takipneik solunum senaryolarında bulaşı azalttığı gözlenirken, öksüren hasta senaryosunda fark saptanmamıştır. Matava ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 1-5 µm UV reçine tozu ve 0.4 s boyunca insan öksürüğüne benzer hava akımı üreten medikal airgun ile kontaminasyon simüle edilmiştir. Tek bir plastik örtü kullandığında bulaşı engellediği gözlemlenmiştir. Mankenin yüzü ve başının çevresinde UV boya bulaşının yüksek miktarda olduğunu gözlemlemiş ve bu bölgeye “hot-zone” adını vermiştir. Aynı çalışmada üç plastik örtü ile yapılan deneyde ise mankene ve etrafa olan bulaş anlamlı düzeyde azalmıştır (85). İbrahim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Canelli ve ark. çalışmasında olduğu gibi mankenin ağzında entübasyon balonunun içi UV boya ile doldurulduktan sonra patlayana kadar şişirilmiş ve öksürük simüle edilmiştir. Örtü (çift

katlı) kullanıldığında, uygulayıcının eldiveni ve koruyucu alan dışında kontaminasyon gözlenmemiştir (86). Bizim çalışmamızda bu çalışmaların aksine, örtü kullanılan tüm solunum senaryolarında, entübatörün siperlik ve önlüğünün bölümlerinde UV boya ile bulaş gözlenmiştir; ancak önceki çalışmalara benzer olarak koruyucu ekipman kullanılmamasına göre kontaminasyonunun anlamlı olarak azaldığı gösterilmiştir. Oman ve arkadaşları, balon valve maske ve nebüliztör ile mankeni modifiye ederek, çalışmamıza benzer şekilde öksürük simülasyonu oluşturmuşlardır. 0,3 – 10 µm partikül üretmek yapılan deneylerde, örtü kullanımının partikül miktarını anlamlı düzeyde azaltmadığı gösterilmiş olup, çalışmamızdaki öksüren hasta senaryosu ile benzerdir (87). Örtü kullanılırken, uygulayıcının ağız çevresindeki partikül miktarının koruyucu kullanılmayan duruma göre hafif azaldığı ve örtü kaldırılırken yine aynı bölgede partikül miktarının arttığı gösterilmiştir (79). Çalışmamız esnasında, entübatörün, örtünün iç yüzeyine temas ettiği ve entübasyon yaparken örtüye verdiği manevralar ile örtünün sedye yüzeyi ile olan yalıtımının bozulduğu gözlenmiştir, bu sebeple oluşan aereosol kaçakları öksüren hastada yeterli koruyucu etkinliği göstermemiş olabileceğini düşünmekteyiz.

Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi'nin (FDA) yayınladığı raporda, negatif basınç kullanmayan pasif koruyucu bariyerlerin, aerosol üreten işlemler esnasında kullanılmaması ve bunun yerine uygun negatif basınç oluşturan koruyucu bariyerlerin kullanılması önerilmektedir (88). Çalışmamızda entübatör için, suction box kullanımı, toplam ve oransal kontaminasyon açısından değerlendirildiğinde, tüm solunum senaryolarında bulaş azalttığı gözlenmiştir. Daniel ve arkadaşlarının, UV boya ve hava örnekleyici kullanılarak yaptıkları çalışmada, koruyucu ekipman kullanılmayan duruma göre suction box kullanıldığında, toplanan partikül miktarının, %99 azaldığı gösterilmiştir (89). Le ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, BADGER ismini verdikleri, sealed yapıda ve suction sistemi mankenin baş tarafında iki yana yerleştirilmiş olan aerosol box tasarlanmış ve denenmiştir. Merkezi vakum hattı kullanılmış ve 12 hava değişim hedefini uygulamıştır. Duman testinde, suction kapalıyken örtü altından ve kol deliklerinden duman sızıntısı görülmüş; ancak suction sistemi açıldığında, normal akımda ve öksürük simüle edildiğinde duman sızıntısı görülmemiş. BADGER, kol delikleri ve ön kısmı yalıtılmadan kullanıldığında, suction açık ve kapalı olduğu iki durumda aerosole özgü acı tat katılımcılar tarafından hissedilmişken, yalıtılmış halde suction açıldığında acı tat hissedilmemiştir. Partikül (10-300 nm) ölçümleri yapıldığında, üretilen sub-micron

aerosollerin %90'nın kutunun içinde kaldığı gösterilmiştir. Daha yüksek hava akımı sağlayan suction sistemlerinin daha büyük damlacıkları yakalayacağı ve elimine edeceğini düşünmekte (90). Seger ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, rijit aerosol box ile yaptıkları deneylerde, yüksek akımlı suction (60 m³/h) kullandıklarında aerosol sızıntısı olduğunu gözlemlemişler, aynı çalışmada uygulama deliklerinin uzun kol şeklinde plastik örtüler ile yalıtıldıkları durumda ise aerosol sızıntısı olmadığı gözlenmiştir (65). Çalışmamızdaki benzer yapıda aerosol box (60x60 cm boyutlarında, 15'er cm kol deliği mevcut) ve suction birlikte kullanıldığında, 0,3 – 2,5 µm çapında aerosol ile yapılan deneylerde, partiküllerin vakum tarafından çekilerek uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. Acil serviste, hızlı bir şekilde hastanın üzerinden kaldırılabilir, kolay uygulanabilir bir yöntem olduğunun vurgusu yapılmıştır (91). Teichert-Filho ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, bulaşın UV boya kullanılarak simüle edildiği, dental prosedürlerin uygulandığı senaryoda, koruyucu kullanılmaması ile suction sistemi entegre edilmiş yarı açık yapıda aerosol box karşılaştırılmıştır. Koruyucu kullanılmadığında, uygulayıcının siperliğinde, eldivenlerinde, önlüğünde, ayakkabılarında ve yerde UV boya gözlenmiş olup suction sistemi kullanıldığında sadece kutunun içinde kalan eldivenler ve önkolda kontaminasyon gösterilmiştir (92). Literatür incelendiğinde, yalıtılmamış kutularda suction uygulanmasına rağmen aerosol sızıntısı gözlemlendiği, aynı zamanda kullanılan suction sisteminin gücüne göre de aerosol eliminasyonunun değiştiği gösterilmiş ve yalıtımın öneminden bahsedilmiştir. Çalışmamızda yarı açık yapıda suction box kullanılmış olup, benzer çalışmalarda damlacık kontaminasyonunu azalttığı gösterilmiştir. Teichert-Filho ve arkadaşlarının aksine, suction box kullanılan tüm senaryolarda, entübatör üzerinde bulaş gözlenmiştir; ancak ekipman kullanılmayan durumlara göre kontaminasyonun azaldığı gösterilerek diğer çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, daha geniş çap aralığında damlacık üretilmesi ve maruziyet süresinin, değerlendirdiğimiz çalışmalara göre daha uzun olması ile açıklanabilir.

Çalışmamızın bir başka amacı ise, koruyucu ekipmanlar arasındaki etkinliğin karşılaştırılmasıdır. Çalışmamızda, entübatör için, takipneik solunum senaryosunda örtü ile aerosol box kullanımı arasında, örtü lehine damlacık oranının anlamlı olarak azaldığı gözlenmiş olmakla birlikte, diğer senaryolarda koruyucu ekipmanlar arasında, toplam ve oransal kontaminasyon açısından anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Ben-Yakov ve arkadaşlarının UV boya tozu ve mankenin ağzından basınçlı oksijen vererek yayılımı

simüle ettikleri çalışmada, kontaminasyon, uygulayıcılar üzerindeki UV boyalı alanların, bir diyagramda işaretlenerek değerlendirilmesi ile belirlenmiş. Kullandıkları aerosol box ve örtü yöntemleri arasında anlamlı fark gözlemlenmemişlerdir (93). Partikül ölçümüne dayanan bir başka çalışmada ise, örtüye göre aerosol box kullanımında partikül miktarının arttığı gözlenmiş; ancak sealed suction box dışındaki koruyucu ekipmanlar arasında anlamlı fark gösterilememiştir (5). Turer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, yarı açık aerosol box, yalıtılmış aerosol box ve suction sistemlerini karşılaştırmışlardır. Biyogüvenlik kabini seviye 1 için belirlenen standartlara göre değerlendirme yapmışlardır. Yarı açık aerosol box, suction sistemi açık ve kapalı iken kullanıldığında standartları sağlayamamış, aralarında anlamlı fark gözlenmemiş olmakla birlikte, yalıtım yapıldığında ise, kutunun dışındaki partikül sayılarında anlamlı düzeyde azalma olduğunu saptamışlardır (71). Hellmann ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, bizim kullandığımıza benzer yapıda aerosol box ile gerçekleştirilen deneylerde, partikül düzeyinin yarılanma süresi karşılaştırılmıştır. Pasif bariyerde yarılanma süresi 3,4 dakika ölçülürken, merkezi vakum sistemi kullanıldığında ise 1 dakikanın altına düşmüş ve pasif sisteme göre süreyi anlamlı düzeyde azalttığı gözlenmiştir. Ancak, bu çalışma incelendiğinde, kutunun deney esnasında caudal kısmı ve kol deliklerinin örtü ile yalıtıldığı gözlenmektedir (94). Çalışmamızda, örtü ile aerosol box arasındaki, takipneik solunum senaryosunda gözlenen sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir. Hellman ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile uyumsuz sonuçlar bulunmuş olmakla birlikte, bu durumun sebebi kullandığımız ekipmanların yarı açık ve yalıtılmamış olması olabilir, Turer ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma ile bu savımız desteklenmektedir. Çalışmamızda halihazırda acil serviste kullandığımız koruyucu ekipman yöntemleri ile deneylerimizi gerçekleştirdik. Bu bilgiler ışığında, koruyucu ekipmanların yapısal özellikleri sebebi ile entübatör üzerinde, toplam ve oransal kontaminasyon etkinlikleri arasında fark olmadığı gösterilmiştir.

Suction box, takipneik ve öksüren hasta senaryoları değerlendirildiğinde, entübatörün çalışma alanı dışındaki bölgelerde, koruyuculuk açısından daha etkin olarak görülmektedir. Ayrıca suction box modelinde, takipneik ve öksüren hasta senaryolarında daha az partikül maruziyeti tespit edilmiştir. Literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalardan Turer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, bizim sonuçlarımızla benzer olarak suction box kullanımı entübatör dışı personelde daha az maruziyete uyumlu

bulunmuştur (71). Ancak, Sakai ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (81) ve Campos ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada farklı solunum modellerinde entübatör dışı sağlık personelinde, entübatöre göre herhangi bir anlamlı fark tespit edilememiştir (95). Ayrıca bu çalışmalarda ölçüm yöntemleri ve solunum modelleri ile kullanılan koruyucu ekipmanlar farklılık gösterdiğinden, çalışmamız ile ilgili net bir değerlendirme yapmak zordur. Genel olarak koruyucu ekipmanlar bulaşı önlemekle birlikte, çalışmamızda kullanılan objektif kantitatif ölçümler sonucunda, sadece suction box kullanımının entübatör dışı sağlık personelinin korunmada etkin olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda, damlacık karakterleri üzerinden yapılan değerlendirmede, ortalama damlacık çapı ve ortalama damlacık boyutu parametreleri, entübatör için, normal solunum senaryosunda, sadece suction box kullanımında, koruyucu kullanılmayan duruma göre anlamlı düzeyde azalmıştır. Yardımcı görevdeki hemşireler için ise takipneik ve öksüren solunum senaryolarında, suction box, koruyucu kullanılmayan duruma göre anlamlı düzeyde azalma göstermiştir. Çalışmamız koruyucu ekipmanların kullanımı ile entübatör ve entübatör dışı sağlık personelinin giysilerinde saptanan UV boyalı damlacıkların ortalama çapı ve ortalama damlacık boyutu parametrelerinin gösterilmesi açısından, özgün sonuçlar taşımakta ve bu durumu açıklayan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışmamızda, maksimum damlacık genişliği ve maksimum damlacık çapı parametreleri, entübatör için, normal solunum senaryosunda koruyucu kullanılmayan duruma göre suction box, öksüren hasta senaryosunda ise aerosol box kullanımında anlamlı düzeyde azalmıştır. Yardımcı görevdeki hemşireler için ise takipneik ve öksüren solunum senaryolarında tüm koruyucu ekipmanlar, koruyucu kullanılmayan duruma göre anlamlı düzeyde azalma göstermiştir. Buna ek olarak suction box, diğer koruyucu ekipmanlara göre daha etkin olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamız koruyucu ekipmanların kullanımı ile entübatör ve entübatör dışı sağlık personelinin giysilerinde saptanan UV boyalı damlacıkların maksimum genişlik ve çap parametrelerinin gösterilmesi açısından da, özgün sonuçlar taşımakta ve bu durumu açıklayan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

6. SONUÇ

Bizim çalışmamız metodolojik özelliklerimiz ve kantitatif ölçümlerimiz sayesinde her durumda çeşitli miktarlarda bulaş olabileceğini göstermemiz açısından önemlidir. Ancak, her solunum paterninde de suction box kullanımı daha az bulaş ile ilişkili olarak tespit edilmiştir. Tüm bu bulgularımızla birlikte, herhangi bir uygulayıcının KKE'lerini dikkatsiz bir şekilde çıkarması, işlem sırasında veya sonrasında gereksiz temaslar gibi davranışları, az bulaş olsa bile ciddi bir maruziyete yol açabilir.



7. KISITLILIKLAR

Manken çalışması olması, koruyucu ekipmanların tasarımsal yapıları, farklı solunum paternlerinin simüle edilmesi, ayrıca aerosol miktarının ölçülmemesi, yayılımın kişisel koruyucu ekipmanlardaki tutulumunun değerlendirilmesidir. Ayrıca tüm senaryolar, tek bir uygulama üzerinden değerlendirilip sonuçlar elde edilmiştir, bu durum tekrar uygulamalardaki muhtemel oluşabilecek farklılıkları göz ardı etmemize yol açmış olabilir.



8. KAYNAKLAR

1. Anschuetz L, Yacoub A, Buetzer T, Fernandez IJ, Wimmer W, Caversaccio M. Quantification and Comparison of Droplet Formation During Endoscopic and Microscopic Ear Surgery: A Cadaveric Model. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 03 Kasım 2020;019459982097050.
2. Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted? [Internet]. [a.yer 27 Şubat 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
3. Monsieurs KG. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. 2015;80.
4. Branecki C, Jobeun N, Ronnfeldt T, Ash M, Schulte T, Langenfeld J. Novel Barrier Enclosure for Both Aerosol and Droplet Protection Model. *WestJEM* [Internet]. 29 Haziran 2020 [a.yer 07 Ocak 2021];21(4). Erişim adresi: <https://escholarship.org/uc/item/8db208ph>
5. Simpson JP, Wong DN, Verco L, Carter R, Dzidowski M, Chan PY. Measurement of airborne particle exposure during simulated tracheal intubation using various proposed aerosol containment devices during the COVID-19 pandemic. *Anaesthesia*. Aralık 2020;75(12):1587-95.
6. Begley JL, Lavery KE, Nickson CP, Brewster DJ. The aerosol box for intubation in coronavirus disease 2019 patients: an in-situ simulation crossover study. *Anaesthesia*. Ağustos 2020;75(8):1014-21.
7. Hutchings MI, Truman AW, Wilkinson B. Antibiotics: past, present and future. *Current Opinion in Microbiology*. Ekim 2019;51:72-80.
8. Henderson DA. The eradication of smallpox – An overview of the past, present, and future. *Vaccine*. Aralık 2011;29:D7-9.
9. Transmission | Smallpox | CDC [Internet]. 2019 [a.yer 31 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/smallpox/transmission/index.html>
10. Senatore V, Zarra T, Buonerba A, Choo K-H, Hasan SW, Korshin G, vd. Indoor versus outdoor transmission of SARS-COV-2: environmental factors in virus spread and underestimated sources of risk. *Euro-Mediterr J Environ Integr*. 10 Şubat 2021;6(1):30.
11. Gaskin DJ, Zare H, Delarmente BA. Geographic disparities in COVID-19 infections and deaths: The role of transportation. *Transport Policy*. Mart 2021;102:35-46.
12. Esnek Çalışma [Internet]. Mar 22, 2020. Erişim adresi: <https://dosyahastane.saglik.gov.tr/Eklenti/162351,esnek-calismapdf.pdf?0>
13. Gómez-Ochoa SA, Franco OH, Rojas LZ, Raguindin PF, Roa-Díaz ZM, Wyssmann BM, vd. COVID-19 in Health-Care Workers: A Living Systematic Review and Meta-Analysis of

Prevalence, Risk Factors, Clinical Characteristics, and Outcomes. American Journal of Epidemiology. 04 Ocak 2021;190(1):161-75.

14. Tang JW, Nicolle AD, Klettner CA, Pantelic J, Wang L, Suhaimi AB, vd. Airflow Dynamics of Human Jets: Sneezing and Breathing - Potential Sources of Infectious Aerosols. PLoS One [internet]. 01 Nisan 2013 [a.yer 04 Şubat 2021];8(4). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3613375/>
15. Edelman DA, Perkins EJ, Brewster DJ. Difficult airway management algorithms: a directed review. Anaesthesia. Eylül 2019;74(9):1175-85.
16. Baker PA, Weller JM, Greenland KB, Riley RH, Merry AF. Education in airway management: Education in airway management. Anaesthesia. Aralık 2011;66:101-11.
17. Standring S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier Health Sciences; 2020. 686-701 s.
18. Artime CA. Miller's anesthesia, 2-volume set E-book 44 – Airway Management in the Adult.
19. Ahmet Azimov. Alt Konka Hipertrofisi Nedeni İle Burun Tıkanıklığı Olan Hastalarda Radyofrekans Termal Ablasyon Tedavisi Ve Steroid Enjeksiyonu Tedavisi Etkinliğinin Bilgisayarlı Tomografi Ölçümü İle Karşılaştırılması. [KONYA]: Selçuk Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi; 2011.
20. Paulsen F, Waschke J. Sobotta Atlas of Human Anatomy, Vol. 3, English/Latin: Head, Neck and Neuroanatomy. Elsevier, Urban&FischerVerlag; 2013.
21. Kayıhan Şahinoğlu, Moore KL. Kliniğe Yönelik Anatomi. Dördüncü Basım. İstanbul; 2007.
22. Standring S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier Health Sciences; 2020. 607-635 s.
23. Zawawi KH, Al-Badawi EA, Lobo SL, Melis M, Mehta NR. An Index for the Measurement of Normal Maximum Mouth Opening. Journal of the Canadian Dental Association. 2003;69(11):5.
24. AlHammad ZA, Alomar AF, Alshammeri TA, Qadoumi MA. Maximum mouth opening and its correlation with gender, age, height, weight, body mass index, and temporomandibular joint disorders in a Saudi population. CRANIO®. 04 Temmuz 2021;39(4):303-9.
25. Pirrello R, Verro B, Grasso G, Ruscitti P, Cordova A, Giacomelli R, vd. Hyaluronic acid and platelet-rich plasma, a new therapeutic alternative for scleroderma patients: a prospective open-label study. Arthritis Res Ther. Aralık 2019;21(1):286.
26. Standring S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier Health Sciences; 2020. 702-716 s.
27. Standring S. Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier Health Sciences; 2020. 1020-1037 s.

28. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy [internet]. Wolters Kluwer; 2017. Erişim adresi: <https://books.google.com.tr/books?id=IzqXDAEACAAJ>
29. Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology [internet]. 14. bs. Elsevier; 2020. 491-501 s. Erişim adresi: <https://books.google.com.tr/books?id=1nUgzAEACAAJ>
30. Umbrello M, Chiumello D. Interpretation of the transpulmonary pressure in the critically ill patient. 2018. 2018;6(19):9.
31. Broaddus VC, Ernst JD, King Jr TE, Lazarus SC, Sarmiento KF, Schnapp LM, vd. Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine E-Book. Elsevier Health Sciences; 2021. 140-153 s.
32. Chambers D, Huang C, Matthews G. Static Lung Volumes. İçinde: Basic Physiology for Anaesthetists. 2. bs Cambridge University Press; 2019. s. 50-5.
33. Park SB, Khattar D. Tachypnea [Internet]. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2020. Erişim adresi: <http://europepmc.org/abstract/MED/31082106>
34. Costa A, Pinheiro M, Magalhães J, Ribeiro R, Seabra V, Reis S, vd. The formulation of nanomedicines for treating tuberculosis. Advanced Drug Delivery Reviews. Temmuz 2016;102:102-15.
35. Erkan YB. Numerical Simulation Of Coalescence Of Micron-Submicron Sized Droplets And Thin Films. [Ankara]: Orta Doğu Teknik Üiversitesi; 2021.
36. Zang D, Tarafdar S, Tarasevich YYu, Dutta Choudhury M, Dutta T. Evaporation of a Droplet: From physics to applications. Physics Reports. Nisan 2019;804:1-56.
37. Holterman HJ. Kinetics and evaporation of water drops in air. :68.
38. Netz RR. Mechanisms of Airborne Infection via Evaporating and Sedimenting Droplets Produced by Speaking. J Phys Chem B. 20 Ağustos 2020;124(33):7093-101.
39. Cervino G, Fiorillo L, Surace G, Paduano V, Fiorillo MT, De Stefano R, vd. SARS-CoV-2 Persistence: Data Summary up to Q2 2020. Data. 09 Eylül 2020;5(3):81.
40. Curran ET. Airborne or droplet – is it possible to say? Journal of Hospital Infection. Aralık 2020;106(4):637-8.
41. VanSciver M, Miller S, Hertzberg J. Particle Image Velocimetry of Human Cough. Aerosol Science and Technology. 02 Şubat 2011;45(3):415-22.
42. Gralton J, Tovey E, McLaws M-L, Rawlinson WD. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: A review. Journal of Infection. Ocak 2011;62(1):1-13.
43. Zayas G, Chiang MC, Wong E, MacDonald F, Lange CF, Senthilselvan A, vd. Cough aerosol in healthy participants: fundamental knowledge to optimize droplet-spread infectious respiratory disease management. BMC Pulm Med. Aralık 2012;12(1):11.

44. Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and Its Role in the Transmission of Infectious Diseases. *Journal of Pathogens*. 2013;2013:1-13.
45. Michael Clark, Kumar P, Tabak F, Tabak Ö. *Clinical Medicine (Türkçesi)*. İstanbul; 2010.
46. Fierer J, Looney D, Pechère J-C. Nature and Pathogenicity of Micro-organisms. İçinde: *Infectious Diseases* [Internet]. Elsevier; 2017 [a.yer 31 Aralık 2021]. s. 4-25.e1. Erişim adresi: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780702062858000022>
47. Principles of Epidemiology | Lesson 1 - Section 10 [Internet]. 2021 [a.yer 31 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/lesson1/section10.html>
48. Adalja AA, Watson M, Toner ES, Cicero A, Inglesby TV. The characteristics of pandemic pathogens. *Johns Hopkins Center for Health Security: Baltimore, MD, USA*. 2018;28.
49. Akin L, Gözel MG. Understanding dynamics of pandemics. *Turk J Med Sci*. :5.
50. 1957-1958 Pandemic (H2N2 virus) | Pandemic Influenza (Flu) | CDC [Internet]. [a.yer 08 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1957-1958-pandemic.html>
51. 1968 Pandemic (H3N2 virus) | Pandemic Influenza (Flu) | CDC [Internet]. [a.yer 08 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1968-pandemic.html>
52. Summary of Progress since 2009 | Pandemic Influenza (Flu) | CDC [Internet]. [a.yer 08 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/h1n1-summary.htm>
53. Karslıgil T, Akdoğan H. SARS-CoV-2, What We Know, What We Do Not Know. *TMCD* [Internet]. 2021 [a.yer 08 Aralık 2021]; Erişim adresi: <https://jag.journalagent.com/z4/vi.asp?pdire=tmcd&plng=tur&un=TMCD-09825&look4=>
54. Tsang HF, Chan LWC, Cho WCS, Yu ACS, Yim AKY, Chan AKC, vd. An update on COVID-19 pandemic: the epidemiology, pathogenesis, prevention and treatment strategies. *Expert Review of Anti-infective Therapy*. 03 Temmuz 2021;19(7):877-88.
55. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020 [Internet]. [a.yer 08 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>
56. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard With Vaccination Data [Internet]. [a.yer 08 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://covid19.who.int/>
57. Taplitz RA, Ritter ML, Torriani FJ. Infection Prevention and Control, and Antimicrobial Stewardship. İçinde: *Infectious Diseases* [Internet]. Elsevier; 2017 [a.yer 02 Aralık 2021]. s. 54-61.e1. Erişim adresi: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978070206285800006X>

58. Öztürk R. TÜRKİYE’DE ENFEKSİYON KONTROLÜ İLE İLGİLİ SON GELİŞMELER. ANKEM Dergisi. 2011;(25):8.
59. SHİE [İnternet]. [a.yer 02 Aralık 2021]. Erişim adresi: <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/bulasici-hastaliklar/shie/shie-liste/shie.html>
60. Rhee MSM, Lindquist CD, Silvestrini MT, Chan AC, Ong JJY, Sharma VK. Carbon dioxide increases with face masks but remains below short-term NIOSH limits. BMC Infect Dis. Aralık 2021;21(1):354.
61. Evolution of Biological Safety Cabinets | Lab Manager [İnternet]. [a.yer 27 Şubat 2022]. Erişim adresi: <https://www.labmanager.com/lab-product/evolution-of-biological-safety-cabinets-18557>
62. Christopher GW, Eitzen EM. Air Evacuation under High-Level Biosafety Containment: The Aeromedical Isolation Team1. Emerg Infect Dis. Nisan 1999;5(2):241-6.
63. Klompas M, Baker M, Rhee C. What Is an Aerosol-Generating Procedure? JAMA Surg. 01 Şubat 2021;156(2):113.
64. Sorbello M, Rosenblatt W, Hofmeyr R, Greif R, Urdaneta F. Aerosol boxes and barrier enclosures for airway management in COVID-19 patients: a scoping review and narrative synthesis. British Journal of Anaesthesia. Aralık 2020;125(6):880-94.
65. Seger CD, Wang L, Dong X, Tebon P, Kwon S, Liew EC, vd. A Novel Negative Pressure Isolation Device for Aerosol Transmissible COVID-19. Anesthesia & Analgesia. Eylül 2020;131(3):664-8.
66. Laosuwan P, Earsakul A, Pannangpetch P, Sereeyotin J. Acrylic Box Versus Plastic Sheet Covering on Droplet Dispersal During Extubation in COVID-19 Patients. Anesthesia & Analgesia. Ağustos 2020;131(2):e106-8.
67. Price C, Ben-Yakov M, Choi J, Orchanian-Cheff A, Tawadrous D. Barrier enclosure use during aerosol-generating medical procedures: A scoping review. The American Journal of Emergency Medicine. Mart 2021;41:209-18.
68. Motara F, Laher AE, Du Plessis J, Moolla M. The “Intubox”: Enhancing Frontline Healthcare Worker Safety During Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Cureus [İnternet]. 09 Haziran 2020 [a.yer 27 Şubat 2022]; Erişim adresi: <https://www.cureus.com/articles/33897-the-intubox-enhancing-frontline-healthcare-worker-safety-during-coronavirus-disease-2019-covid-19>
69. Osorio-Fonseca E, Blanco H, Alvernia JE. Letter to the Editor New Design for Aerosol Protection During Endotracheal Intubation in the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic Era: The “Anti-Aerosol Igloo” (AAI). World Neurosurgery. Temmuz 2020;139:720-2.
70. Lyaker MR, Al-Qudsi OH, Kopanczyk R. Looking beyond tracheal intubation: addition of negative airflow to a physical barrier prevents the spread of airborne particles. Anaesthesia. Aralık 2020;75(12):1688-9.

71. Turer DM, Good CH, Schilling BK, Turer RW, Karlowsky NR, Dvoracek LA, vd. Improved Testing and Design of Intubation Boxes During the COVID-19 Pandemic. *Annals of Emergency Medicine*. Ocak 2021;77(1):1-10.
72. Stollings JL, Diedrich DA, Oyen LJ, Brown DR. Rapid-Sequence Intubation: A Review of the Process and Considerations When Choosing Medications. *Ann Pharmacother*. Ocak 2014;48(1):62-76.
73. Di Filippo A, Gonnelli C. Rapid Sequence Intubation: A Review of Recent Evidences. *RRCT*. 01 Eylül 2009;4(3):175-8.
74. Ağalar C, Engin DÖ. Protective measures for COVID-19 for healthcare providers and laboratory personnel. *Turk J Med Sci*. :7.
75. Canelli R, Connor CW, Gonzalez M, Nozari A, Ortega R. Barrier Enclosure during Endotracheal Intubation. *N Engl J Med*. 14 Mayıs 2020;382(20):1957-8.
76. Mcleod RWJ, Warren N, Roberts SA. Development and evaluation of a novel protective device for upper gastrointestinal endoscopy in the COVID-19 pandemic: the EBOX. *Frontline Gastroenterol*. Mayıs 2021;12(3):188-92.
77. Chanpong B, Tang M, Rosenczweig A, Lok P, Tang R. Aerosol-Generating Procedures and Simulated Cough in Dental Anesthesia. *Anesthesia Progress*. 01 Eylül 2020;67(3):127-34.
78. Dalli J, Khan MF, Marsh B, Nolan K, Cahill RA. Evaluating intubation boxes for airway management. *British Journal of Anaesthesia*. Eylül 2020;125(3):e293-5.
79. Fidler RL, Niedek CR, Teng JJ, Sturgeon ME, Zhang Q, Robinowitz DL, vd. Aerosol Retention Characteristics of Barrier Devices. *Anesthesiology*. 01 Ocak 2021;134(1):61-71.
80. Jazuli F, Bilic M, Hanel E, Ha M, Hassall K, Trotter BG. Endotracheal intubation with barrier protection. *Emerg Med J*. Temmuz 2020;37(7):398-9.
81. Sakai W, Hasegawa G, Chaki T, Tachibana S, Yamakage M. Aerosol boxes decrease aerosol exposure only in depressurized rooms during aerosol-generating procedures in a simulation study. *J Anesth [Internet]*. 03 Eylül 2021 [a.yer 23 Şubat 2022]; Erişim adresi: <https://link.springer.com/10.1007/s00540-021-02997-7>
82. Emami N, Tanner T, Ogundipe F, Hawn VS, Rubin R, Skae CC, vd. Drape to prevent disease transmission during endotracheal intubation. *American Journal of Infection Control*. Mart 2021;49(3):387-8.
83. Ramzy M, Montrieff T, Gottlieb M, Brady WJ, Singh M, Long B. COVID-19 cardiac arrest management: A review for emergency clinicians. *The American Journal of Emergency Medicine*. Aralık 2020;38(12):2693-702.
84. Brown S, Patrao F, Verma S, Lean A, Flack S, Polaner D. Barrier System for Airway Management of COVID-19 Patients. *Anesthesia & Analgesia [Internet]*. 2020;131(1). Erişim adresi: <https://journals.lww.com/anesthesia->

analgesia/Fulltext/2020/07000/Barrier_System_for_Airway_Management_of_COVID_19.74.aspx

85. Matava CT, Yu J, Denning S. Clear plastic drapes may be effective at limiting aerosolization and droplet spray during extubation: implications for COVID-19. *Can J Anesth/J Can Anesth*. Temmuz 2020;67(7):902-4.
86. Ibrahim M, Khan E, Babazade R, Simon M, Vadhera R. Comparison of the Effectiveness of Different Barrier Enclosure Techniques in Protection of Healthcare Workers During Tracheal Intubation and Extubation: A & A Practice. *Haziran 2020*;14(8):e01252.
87. Oman SP, Sanghavi DK, Helgeson SA, Lowman PE, Crook JE, Ball CT, vd. Simulation Method for Testing Aerosol Mitigation Strategies: An Observational Study. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare* [Internet]. 29 Kasım 2021 [a.yer 23 Şubat 2022]; Publish Ahead of Print. Erişim adresi: <https://journals.lww.com/10.1097/SIH.0000000000000625>
88. Protective Barrier Enclosures Without Negative Pressure Used During the COVID-19 Pandemic May Increase Risk to Patients and Health Care Providers - Letter to Health Care Providers | FDA [Internet]. [a.yer 24 Şubat 2022]. Erişim adresi: <https://www.fda.gov/medical-devices/letters-health-care-providers/protective-barrier-enclosures-without-negative-pressure-used-during-covid-19-pandemic-may-increase>
89. Daniel D, Lin M, Luhung I, Lui T, Sadovoy A, Koh X, vd. Effective design of barrier enclosure to contain aerosol emissions from COVID-19 patients. *Indoor Air*. 01 Eylül 2021;31(5):1639-44.
90. Le HD, Novak GA, Janek KC, Wang J, Huynh KN, Myer C, vd. A novel box for aerosol and droplet guarding and evacuation in respiratory infection (BADGER) for COVID-19 and future outbreaks. *Sci Rep*. Aralık 2021;11(1):3179.
91. Hsu SH, Lai HY, Zabaneh F, Masud FN. Aerosol containment box to the rescue: extra protection for the front line. *Emerg Med J*. Temmuz 2020;37(7):400-1.
92. Teichert-Filho R, Baldasso CN, Campos MM, Gomes MS. Protective device to reduce aerosol dispersion in dental clinics during the COVID-19 pandemic. *Int Endod J*. Kasım 2020;53(11):1588-97.
93. Ben-Yakov M, Price C, Dharamsi A, Tawadrous D, Choi JM. Intubator Performance and Contamination with the Use of Barrier Enclosure Devices: Results from a Simulated COVID-19 Resuscitation. *Annals of Work Exposures and Health*. 03 Temmuz 2021;65(6):732-7.
94. Hellman S, Chen GH, Irie T. Rapid clearing of aerosol in an intubation box by vacuum filtration. *British Journal of Anaesthesia*. Eylül 2020;125(3):e296-9.
95. Campos S, Carreira C, Marques PP, Vieira A. Endoprotector: Protective box for safe endoscopy use during COVID-19 outbreak. *Endosc Int Open*. Haziran 2020;08(06):E817-21.