



**T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAMİDİYE ULUSLARARASI TIP FAKÜLTESİ
KARTAL DR. LÜTFİ KIRDAR ŞEHİR HASTANESİ**

GÖĞÜS HASTALIKLARI KLİNİĞİ

**Solunum Yetmezliğinin Ayırıcı Tanısında
Toraks Ultrasonografisinin Yeri
[BLUE (BedsideLung Ultrasound in Emergency) Protokolü
Uygulaması]**

Dr. Esra KILIÇ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL2024



**T.C.
SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAMİDİYE ULUSLARARASI TIP FAKÜLTESİ
KARTAL DR. LÜTFİ KIRDAR ŞEHİR HASTANESİ**

GöğüS HASTALIKLARI KLİNİğİ

**Solunum Yetmezliğinin Ayırıcı Tanısında
Toraks Ultrasonografisinin Yeri
[BLUE (BedsideLung Ultrasound in Emergency) Protokolü
Uygulaması]**

Dr. Esra KILIÇ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Sevda ener Cömert**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL2024

TEŞEKKÜRLER

Sayın hastane başhekimimiz ve Göğüs Cerrahisi Kliniği İdari ve Eğitim sorumlusu Prof. Dr. Recep DEMİRHAN hocamıza,

İyi bir göğüs hastalıkları hekimi olarak yetiştirmemizi sağlayan, hekimliği bir sanat olarak gören, bizi de aynı şekilde eğitmek için çabalayan, kliniğimizin idari ve eğitim sorumlusu, aynı zamanda tez danışmanlığımı da yapan idolüm ve kıymetli hocam Prof. Dr. Sevda ŞENER CÖMERT'e

Tez savunmama katılarak, yapıcı eleştiriler ile tezimin son şeklini almasında katkısı olan ve emeği geçen değerli Prof. Dr. Huriye BERK TAKIR'a, Prof. Dr. Nesrin KIRAL ve Doç. Dr. Seda Beyhan SAGMEN'e

Her zaman olumlu, destekleyici tavırlarıyla bize yardımcı olan uzman doktor abi ve ablalarım, birlikte çalışmaktan dolayı çok şanslı hissettiğim asistan arkadaşlarıma, sekreter ve hemşire arkadaşlarıma,

Geldiğim ilk günden son gününe kadar hem kıdemlim hem eşkom hem de biricik arkadaşım olan Fulya Elmastaş'a, sadece iş arkadaşlığı değil aynı zamanda İstanbul'daki ailem olan Kübra Zeynep Yalçınkaya Akdoğan, Mehmet Akdoğan ve minik oğuşları Alp Akdoğan'a, pandemi döneminde hayatıma giren pandemi bitse de destekleri hiç bitmeyen canlarım Berkay Canbaz ve Ali Kıvanç Şahin'e,

Tezimi yazmaya başlamamda cesaretlendiren ve her başım sıkıştığında desteğini eksik etmeyen Mehmet Akyol ve Hatice Akyol'a,

Asistanlık yolculuğuna başlamamda bana dört duvar olan uzaklardan bile olsa yardımına her zaman koşacağına emin olduğum İhsan Can'a,

Hayatımın her aşamasında başıma ne gelirse gelsin sonsuz ve karşılıksız sevgiyi bana öğreten Ali İhsan Ergün, Ferdane Ergün, Zehra Ergün, Duru Özcanlı, Oğuz Özcanlı, Fevziye Kuş, Hazal Kuş, Eylül Kuş, Anıl Kuş, Kenan Kuş, Hacer Kılıç'a,

Bütün hayatım boyunca onun sesi olmadan ders çalışmayı hayal bile edemediğim bu hayattaki bütün güzellikleri en çok hak eden insan olan canım kardeşim Hakan Kılıç'a, güçlü bir insan olarak yetiştirmemi sağlayan kendime en güvenmediğim zamanlarda bile benimle ilgili hiç tereddütü olmayan babam Cafer KILIÇ'a, tüm derdimi tasamı azaltıp, aynı zamanda neşemi mutluluğumu olduğundan daha fazla yapan annem Safiye Kılıç'a

Sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

I. TEŞEKKÜRLER.....	i
II. ÖZET.....	iv
III. ABSTRACT.....	vi
IV. KISALTMALAR	vii
V. TABLO DİZİNİ	ix
VI. ŞEKİL DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. SOLUNUM YETMEZLİĞİ.....	3
2.1.1. Tanım ve Epidemiyoloji	3
2.1.2. Patofizyoloji.....	3
2.1.3.Sınıflandırma.....	4
2.1.3.1. Hipoksemik (Tip1) Solunum Yetmezliği.....	4
2.1.3.2. Hiperkarbik (Tip2) Solunum Yetmezliği	6
2.1.3.1.c. Perioperatif (Tip III) Solunum Yetmezliği.....	7
2.1.3.1.d. Şoka Bağlı (Tip IV) Solunum Yetmezliği.....	7
2.1.4. Solunum Yetmezliği Olan Hastaya Yaklaşım.....	8
2.1.4.1. Anamnez ve Fizik Muayene.....	8
2.1.4.2. Laboratuvar ve Tanısal Testler.....	8
2.1.4.3. Radyolojik Değerlendirme.....	10
2.2. TORAKS ULTRASONOGRAFİ	11
2.2.1. Temel Prensipler.....	11
2.2.2. Ultrasonografi Problemleri.....	12
2.2.3. Ultrasonografi Modları.....	14
2.2.4. Toraks Ultrasonografide Normal Bulgular.....	14
2.2.5. Toraks Ultrasonografide Patolojik Bulgular.....	17
2.2.5.1. İnterstisyel Sendrom.....	17
2.2.5.2. Plevral Efüzyon.....	18
2.2.5.3. Konsolidasyon.....	19
2.2.5.4. Posterolateral Alveolar ve/veya Plevral Sendrom	20
2.2.5.5. Pnömotoraks.....	22

2.2.6. BLUE protokolü Uygulaması.....	23
2.2.6.1. Uygulama Noktaları.....	24
2.2.6.2. Ultrason Yaklaşımı.....	25
3. MATERYAL ve METOD.....	29
3.1. Hasta Populasyonu.....	29
3.2. Ultrasonografi Uygulaması ve Kesin Tanı Yöntemleri.....	30
3.3. İstatistiksel Analiz.....	31
4. BULGULAR.....	32
4.1. Demografik Veriler.....	32
4.2. Akciğer Grafisi ve Bilgisayarlı Tomografi Bulguları.....	34
4.3. BLUE protokolüne Göre Ultrasonografi Bulguları.....	35
4.4. Ultrasonografi Bulguları ile Klinik Tanıların Karşılaştırılması.....	37
4.4.1. Pulmoner Ödem.....	37
4.4.2. Pulmoner Emboli.....	39
4.4.3 Pnömoni.....	40
4.4.4. Pnömotoraks.....	42
4.4.5. KOAH/Astım.....	42
4.4.4. Ek Tetkik İhtiyacı Olan Hastalar.....	44
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇ.....	55
7. KAYNAKLAR.....	57

I. ÖZET

Amaç: Solunum yetmezliği, solunum sisteminin dokuların ihtiyacı olan oksijeni sağlayamaması ve/veya dokulardan metabolizma ürünü olan karbondioksitin atılamaması sonucu meydana gelir. Hipoksemik solunum yetmezliği; PaO₂ değerinin 60 mmHg altına inmesidir. Solunum yetmezliğine neden olan patolojinin erken tanısı ve doğru teşhisinde güvenilir bir göğüs görüntüleme yöntemi büyük öneme sahiptir. Radyografi genellikle portabl çekilen filmler ve 'altın standart' görüntüleme tekniği olarak kabul edilen bilgisayarlı tomografi (BT) ile sınırlıdır. Çalışmamızda, yoğun bakım ünitelerinde takip edilen şiddetli solunum yetmezliği tanısı alan hastalar üzerinde geliştirilen bir toraks ultrasonografisi yöntemi olan BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) protokolünün göğüs hastalıkları kliniğinde takip edilen hastalarda tanısal değerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamız tek merkezli, hastane tabanlı bir prospektif çalışmadır. Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Servisi'ne tip 1 solunum yetmezliği ile yatışı yapılan 101 hasta alınmıştır. Hastalara takiplerinin ilk 24 saati içinde hastaların kliniği ile ilgili bilgisi olmayan hekim tarafından BLUE protokolü uygulanmıştır ve bulgular kaydedilmiştir. Ultrasonografik tanı değerlendirmesi yapıldıktan sonra hastaların demografik verileri, vital bulguları, fizik muayeneleri, arter kan gazı değerleri, hastanın kesin tanısına yardımcı olan tetkikler kaydedilmiştir. BLUE protokolü ile yapılan ayırıcı tanılar ve klinik olarak konulan son tanılar karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Blue protokolü tanı sonuçlarıyla klinik tanı sonuçları arasındaki ilişkinin *kontenjans katsayısı*(C)=0,886 olarak yüksek derecede uyumlu olduğu görüldü (p<0,001). Çalışmamızda kesin tanısı pulmoner ödem olan 10 hastanın BLUE protokolü ile tanı duyarlılığı %80, özgüllüğü %96; pulmoner emboli tanısı olan 4 hastanın tanısına yönelik duyarlılığı %75, özgüllük %100, pnömoni tanısı alan 54 hastanın tanısında duyarlılığı %94, özgüllüğü %89, pnömotoraks tanısı alan 1 hastanın değerlendirilmesinde tanı duyarlılığı %100, özgüllüğü %100, KOAH/astım tanısı alan 29 hastanın değerlendirilmesinde tanı duyarlılığı %86, özgüllüğü %97 olarak tespit edildi.

Sonuç: Çalışmamız, BLUE protokolünün gėős hastalıkları kliniğinde solunum yetmezliği ile takip edilen hastaların ayırıcı tanısında yüksek doğruluk değerleri sağladığını göstermektedir. BLUE protokolü, pnömoni, pulmoner dem ve diğer akciğer hastalıklarını ayırt edebilme yeteneğiyle, klinik pratiğe önemli katkılarda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Solunum yetmezliği, toraks ultrasonografisi, BLUE protokolü



II. ABSTRACT

Objective: Respiratory failure occurs when the respiratory system fails to supply sufficient oxygen to the tissues or remove carbon dioxide, resulting in hypoxemia or hypercapnia. Hypoxemic respiratory failure is characterized by a PaO₂ level falling below 60 mmHg. Accurate and timely diagnosis of the underlying pathology causing respiratory failure is crucial, and reliable chest imaging plays a key role in this process. Traditional imaging methods include radiography, typically performed using portable x-rays, and computed tomography (CT), which is considered the gold standard for imaging.

In our study, we investigated the diagnostic value of the BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) protocol, a thoracic ultrasound method, in patients with severe respiratory failure admitted to the intensive care unit (ICU) and followed up in a chest disease clinic.

Methods: Our study is a single-center, hospital-based prospective analysis. We enrolled 101 patients with type 1 respiratory failure admitted to the Chest Diseases Department of Kartal Dr. Lütfi Kırdar City Hospital. Within the first 24 hours of their admission, an independent physician applied the BLUE protocol without prior knowledge of the patients' clinical conditions, and findings were recorded. After the ultrasound evaluation, demographic data, vital signs, physical examinations, arterial blood gas values, and other diagnostic tests relevant to the final diagnosis were recorded. The diagnostic results of the BLUE protocol were compared with the clinically established diagnoses.

Results: The contingency coefficient (C) between the BLUE protocol diagnosis results and the clinical diagnoses was 0.886, indicating a high degree of agreement ($p < 0.001$). The sensitivity and specificity of the BLUE protocol were as follows: for patients with a definitive diagnosis of pulmonary edema (10 patients), sensitivity was 80% and specificity was 96%; for pulmonary embolism (4 patients), sensitivity was 75% and specificity was 100%; for pneumonia (54 patients),

sensitivity was 94% and specificity was 89%; for pneumothorax (1 patient), sensitivity and specificity were both 100%; and for COPD/asthma (29 patients), sensitivity was 86% and specificity was 97%.

Conclusion: Our study demonstrates that the BLUE protocol provides high diagnostic accuracy in differentiating respiratory conditions in patients with respiratory failure. The BLUE protocol significantly contributes to clinical practice by effectively distinguishing between pneumonia, pulmonary edema, and other pulmonary diseases. This supports the broader application of BLUE protocol and thoracic ultrasound in clinical settings for improved diagnostic accuracy in respiratory failure management.

Keywords: Respiratory failure, thoracic ultrasonography, BLUE protocol

III.KISALTMALAR

SY: Solunum Yetmezliği
V/Q Dengesizliği : Ventilasyon/ Perfüzyon Dengesizliği
ARDS: Akut Respirastuar Distres Sendromu
BT: Bilgisayarlı Tomografi
PTE: Pulmoner Tromboemboli
BTA: BT Anjiografi
US: Ultrasonografi
PLAPS: Posterolateral Alveolar ve/veya Plevral Sendrom
BNP: B tip Natriüretik Peptit
AKG: Arter Kan Gazı
EKO: Ekokardiyografi
DM: Diyabetes Mellitus
HT: Hipertansiyon
KOAH: Kronik Obstrüksif Akciğer Hastalığı
KVH: Kardiyovasküler Hastalık
KBH: Kronik Böbrek Hastalığı
SVO: Serebrovasküler Hastalık
AC Dışı Malignite: Akciğer Dışı Malignite
OSAS: Obstrüksif Uyku Apne Sendromu
C: Kontenjans Katsayısı
GD: Genel Doğruluk Değerı

IV.TABLO DİZİNİ

Tablo 1: Solunum Yetmezliği Sınıflandırması

Tablo 2. Hipoksemik Solunum Yetmezliği Mekanizmaları

Tablo 3.Hiperkapnik Solunum Yetmezliği Nedenleri

Tablo 4. Perioperatif Solunum Yetmezliği Nedenleri

Tablo 5. Hipoksemiye Eşlik Edebilen Radyolojik Bulgular

Tablo 6: Pnömotoraksın Ultrasonografik Bulguları

Tablo.7- Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Tablo.8- Çalışmada Hariç Tutma Kriterleri

Tablo-9. Çalışmada Kullanılan Arter Kan Gazı Değer Aralıkları

Tablo 10. Çalışmaya Dahil Edilen Tüm Hastaların Vital Bulguları

Tablo-11: Akciğer Grafisi Bulguları

Tablo-12: Toraks BT Bulguları

Tablo-13: Klinik Tanı ile BLUE Protokolü Tanılarına Ait Çapraz Tablo

Tablo-14: BLUE Protokolüne Göre Pulmoner Ödem Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

Tablo-15: BLUE Protokolüne Göre Pulmoner Emboli Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

Tablo-16: BLUE Protokolüne Göre Pnömoni Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

Tablo-17: Pnömoni Tanısı Alan Hastaların BLUE Protokolüne Göre Ultrasonografik Dağılımları

Tablo-18: BLUE Protokolüne Göre Pnömotoraks Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

Tablo-19: BLUE Protokolüne Göre KOAH/Astım Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

Tablo-20: BLUE protokolü ile yapılan ayırıcı tanıların yeterliliği

V.ŞEKİL DİZİNİ

- Şekil-1.** Ultrasonda Temel Ekojenite İsimlendirmeleri ve Görüntüler
- Şekil-2.** Ultrason Prob Çeşitleri
- Şekil-3:** Toraks US’de Yarasa İşareti (bat sign)
- Şekil-4:** Toraks US’deSahil-Deniz Bulgusu
- Şekil-5:**Toraks US’deA çizgileri/Yankılanma (reverberasyon) Artefaktları
- Şekil-6:** Toraks US’deB çizgileri (kuyruklu yıldız artefaktı)
- Şekil-7:** Toraks US’deDeniz Anası Belirtisi
- Şekil-8:** Toraks US’de Konsolidasyon alanı
- Şekil-9:** Toraks US’de PLAPS ve Plevral Efüzyon
- Şekil-10:** Toraks US’de PLAPS ve Akciğer Konsolidasyonu
- Şekil-11:**M-mode US ile Akciğer Noktası (lung point)
- Şekil-12:** Ultrason Bölgeleri
- Şekil-13:** BLUE Eller Yöntemi
- Şekil-14:** PLAPS Noktası
- Şekil-15:** BLUE Protokolü Ultrasonografi Profilleri
- Şekil-16:** BLUE Protokolü Tanı Algoritması
- Şekil-17:** Çalışmaya Dahil Edilen Hastaların Kronik Ek Hastalıkları
- Şekil-18:** Çalışmaya Katılan Hastaların Semptomları
- Şekil-19:** Çalışmaya Katılan Hastaların Solunum Sesleri
- Şekil-20:** BLUE Protokolüne Göre Hasta Dağılımı

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Solunum sistemi dokuların oksijenizasyonunu ve dokulardan karbondioksit eliminasyonunu sağlamaktadır. Bu işlevlerde bozukluk meydana gelmesi sonucu PaO_2 'nin 60 mmHg'nın altında ve PaCO_2 'nin 45 mmHg'nın üzerinde olduğu duruma solunum yetmezliği denir[1]. Solunum yetmezliği, solunum sisteminin 2 temel fonksiyonel ünitesi olan pompa sistemi ve/veya akciğer sisteminde meydana gelen hasar sonucu oluşur[2]. Farklı hastalıklar farklı fizyopatolojik mekanizmalarla solunum yetmezliğine neden olabilirler[3]. Solunum yetmezliği fizyopatolojisine göre sınıflanabileceği gibi kliniğine göre ve başlangıç zamanına göre de gruplanabilir. Kliniğe göre; hipoksemik, hiperkapnik ve kombine solunum yetmezliği olarak üç gruba ayrılır. Başlangıç zamanına göre; akut, kronik ve kronik üzerine akut solunum yetmezliği olarak gruplandırılır. Patofizyolojisine göre sınıflandırılacak olursa; hipoksemik solunum yetmezliği (tip 1), hiperkapnik solunum yetmezliği (Tip 2), perioperatif solunum yetmezliği (Tip 3), şok tablosundaki hastalarda gelişen hipoperfüzyona bağlı solunum yetmezliği (Tip 4) olarak tanımlanmaktadır[4].

Hipoksemik solunum yetmezliği kandaki oksijenasyonun yetersizliği sonucu oluşmaktadır. Hipoksemi; PaO_2 değerinin 80 mmHg değerinin altına inmesi, hipoksemik solunum yetmezliği ise PaO_2 değerinin 60 mmHg altına inmesidir[5]. Hipoksemik solunum yetmezliğine en sık atelektazi, tek taraflı parankimal infiltrasyon (diffüz veya yamalı olmak üzere) ve hidrostatik ödem neden olur[6]. Akut solunum yetmezliği nedeninin erken tanısı ve doğru teşhisi hayati öneme sahiptir. Doğru teşhiste ise güvenilir bir göğüs görüntüleme yöntemi önemli rol oynamaktadır. Ancak akut durumlarda görüntülemeler optimal olmayabilir. Radyografi genellikle portabl ve yatarak çekilen filmlerle sınırlıdır. Bu durum tanısal doğruluğu azaltır. Bilgisayarlı tomografi (BT) her ne kadar 'altın standart' görüntüleme tekniği olarak kabul görse de hastaların taşınması ve radyasyon maruziyeti gibi riskler taşımaktadır[7]. Elli yıldan fazla süredir tıbbın kullanımında olan ultrasonografi (US), son yıllarda göğüs hastalıkları alanında da kullanıma girmiştir[8]. Akut solunum yetmezliği için acil servisler ve yoğun bakım ünitelerinde yaygın bir şekilde kullanılan ultrasonun, göğüs hastalıkları klinisyenleri tarafından da

kullanımı artmaktadır. Toraks BT ile karşılaştırıldığında, ultrason taşınabilir, tekrarlanabilir ve güvenilir bir yöntemdir. Klinisyen tarafından yapıldığında, klinik bilgiler ve bulguların entegrasyonuna olanak sağlamaktadır[7]. Ultrasonografik inceleme, plevral veya perikardiyal efüzyon, ampiyem, pnömotoraks, pulmoner emboli ve pnömoni gibi çeşitli akciğer hastalıklarının teşhisinde değerli bir yatak başı yöntem olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır[9].

BLUE (BedsideLung Ultrasound in Emergency) Protokolü yoğun bakım ünitelerinde takip edilen, şiddetli solunum yetmezliği tanısı alan hastalar üzerinde geliştirilmiş olan yatak başında uygulanan bir toraks ultrasonografisi yöntemidir[10]. Acil servisler ve yoğun bakım kliniklerinde etkinliği kanıtlanmış olan bu yöntemin göğüs hastalıkları kliniğinde kullanılabilirliğini ve tanısal değerini gösteren çalışma sayısı yetersizdir. Çalışmamızda, göğüs hastalıkları kliniğinde hipoksik solunum yetmezliği nedeniyle takip edilen hastalarda, bir toraks ultrasonografi yöntemi olan BLUE protokolünün tanısal değerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2-GENEL BİLGİLER

2.1-SOLUNUM YETMEZLİĞİ

2.1.1-Solunum Yetmezliği Tanımı ve Epidemiyolojisi

Solunum yetmezliği, solunum sisteminin amacı olan dokulara gerekli oksijenin sağlanması ve metabolizma sonucu dokulardan açığa çıkan karbondioksitin uzaklaştırılması mekanizmalarının birinde bazen ise her ikisinde birden devamlılığın sürdürülememesi sonucunda meydana gelen bir durumdur[11], [12].

Solunum yetmezliği tek nedene bağlanabilecek bir hastalıktan ziyade bir sendrom olarak tanımlanır; bu nedenle görülme sıklığına ilişkin epidemiyolojik verilerin yetersiz olduğu düşünülmektedir. Avrupa verilerinde yoğun bakımlarda 24 saatten daha uzun süreli mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda akut solunum yetmezliği sıklığı yılda 100000 kişilik popülasyonda 77,6-88,6 vaka olarak tahmin edilmektedir[13]. Amerika verilerine bakıldığında ise solunum yetmezliği insidansının 360000 vaka/yıl, prevelansının 137/100000 olarak bildirildiği görülmüştür[14].

2.1.2--Solunum Yetmezliği Patofizyolojisi

Solunum, birçok organın koordineli bir şekilde çalışmasını gerektiren ve bu sistemlerden herhangi birinde ortaya çıkan patoloji sonucunda solunum yetmezliğine neden olabilen komplike bir olaydır[12]. Solunum sistemi 2 temel fonksiyonel üniteden oluşmaktadır. Bunlar solunum pompa sistemi ve akciğer sistemidir. Solunum pompa sistemi; merkezi sinir sistemi ve buradan çıkan uyarıların periferik sinirler aracılığıyla solunuma yardımcı kaslara, göğüs duvarına ulaşması sonucu solunum uyarısının oluşmasını sağlayan bölümüdür. Bunlardan birinde ortaya çıkan problem hipoventilasyona ve daha çok hiperkapnik solunum yetmezliğine neden olur. Akciğer sistemi ise; hava yolları, alveolo-kapiller alan ve pulmoner dolaşımdan oluşur. Burada meydana gelen bir problem örneğin astımda olduğu gibi hava yollarında daralma veya gaz değişim ünitelerinde kollaps veya pnömonide olduğu gibi alveollerin sıvı ile dolu olması ise hipoksemik solunum yetmezliğine neden olur. Solunumun amacı olan ventilasyon ve perfüzyonun düzgün şekilde yerine

getirilebilmesi ve devamlılığının sağlanabilmesi için tüm bu üniteler uyum içinde çalışmalıdır[2].

2.1.3-Solunum Yetmezliği Sınıflandırması

Solunum yetmezliği 3 ana başlıkta sınıflandırılmaktadır[2]. Tablo-1’de solunum yetmezliği sınıflandırması gösterilmiştir.

	Tablo 1: Solunum Yetmezliği Sınıflandırması
Kliniğine göre	Hipoksemik SY: PaO ₂ ’nin 60 mm Hg’nin altında olmasıdır. Hiperkapnik SY: PaCO ₂ ’nin 45 mm Hg’nin üzerinde olmasıdır. Kombine SY: Hipoksik ve hiperkapnik SY birlikteliğine denilir.
Başlangıç zamanına göre	Akut SY: Dakikalar, saatler içerisinde ortaya çıkmaktadır. Kronik SY: Birkaç gün veya haftalar/aylar içerisinde ortaya çıkmaktadır. Kronik üzerine Akut SY: Kronik solunum yetmezliği bulunan hastalarda enfeksiyon gibi akut olarak etkileyecek tabloların meydana gelmesi ile olur.
Patofizyolojisine göre	Tip 1 hipoksemik SY: PaO ₂ ’nin 60 mm Hg’nin altında olmasıdır. Tip 2 hiperkapnik SY: PaCO ₂ ’nin 45 mm Hg’nin üzerinde olmasıdır. Tip 3: Perioperatif SY olarak adlandırılır. Tip 4 SY: Şok tablosundaki hastalarda perfüzyonun azalmasına bağlı SY gelişimidir.

SY: Solunum yetmezliği PaO₂: Parsiyel oksijen basıncı, PaCO₂: Parsiyel karbondioksit basıncı

2.1.3.1. Patofizyolojisine Göre Solunum Yetmezliği Tipleri

2.1.3.1.a. Hipoksemik (Tip I) Solunum Yetmezliği

Hipoksemik solunum yetmezliğinde temel mekanizma, oksijenin kana geçişinde yetersizlik olması ve bunun sonucu olarak arteriyel kanda parsiyel oksijen basıncının (PaO₂) düşmesidir. Hipoksi ise doku düzeyinde oksijenasyonun yeterli oranda sağlanamamasıdır. Hipoksemi olmadan hipoksinin olabileceği ya da hipoksi olmadan hipokseminin olabileceği bilinmelidir[12]. Hipokseminde, oda havasında ve istirahatte arteriyel kanda PaO₂ 80 mmHg’nin altına düşer, hipoksemik solunum yetmezliği bu değer 60 mmHg’nin altına düşmesi olarak tanımlanır. PaO₂: 60-80 mmHg ise hafif hipoksemi, PaO₂: 40-60 mmHg ise orta şiddetli hipoksemi, PaO₂ < 40 mmHg ise şiddetli hipoksemi olarak tanımlanmaktadır[15]

Hipoksemik solunum yetmezliği 6 patofizyolojik mekanizma ile oluşur (Tablo-2)[12].

Tablo-2. Hipoksemik Solunum Yetmezliği Mekanizmaları
1-İnspirasyon havasında FiO_2 'nin düşük olması veya PaO_2 'de düşmeye bağlı
2-Şant oluşumuna bağlı
3-V/Q dengesizliğine (oranda azalma) bağlı
4-Hipoventilasyona bağlı
5-Difüzyon bozukluğuna bağlı
6-Mikst venöz kanın desatürasyonuna bağlı

FiO_2 : İn hale edilen havadaki oksijen yüzdesi, PaO_2 : Parsiyel Oksijen basıncı, V/Q dengesizliği: Ventilasyon/perfüzyon dengesizliği

1- Düşük FiO_2 ile solunum yapmak: Yüksek irtifada yaşamak, toksik gaz inhale etmek ve uzun süreli kapalı ortamlarda kalmak gibi nedenlerle ortaya çıkar.

2- Şant: Sistemik dolaşımdan dönen venöz kanın alveolar hava ile temas etmeden arteriyel sisteme geçmesidir. Sağdan sola şant üç seviyede meydana gelebilir; intrakardiyak şantlar, akciğer parankim şantları ve pulmoner vasküler şantlar. Akciğer parankim şantları, akut solunum yetmezliğinde önemli bir mekanizmayı oluştururlar ve bu durum pulmoner ödem, pnömoni, atelektazi ve ARDS'de olduğu gibi gazın alveollere girişinin engellendiği, ancak kan dolaşımının devam ettiği olaylara bağlı gelişir. Şantın miktarı kalp debisinin %30'unu geçerse, hipoksemi dışarıdan verilen oksijene genellikle dirençlidir.

3- Ventilasyon/Perfüzyon (V/Q) Dengesizliği: Hipokseminin en sık nedeni olan fizyopatolojik bozukluktur. V/Q azaldığında, yani ventilasyon perfüzyona kıyasla daha çok azaldığında hipoksemi ortaya çıkmaktadır. Hafif ve orta düzeydeki V/Q azalmalarında hipoksemi belirgin olarak görülür. V/Q dengesizliği, astım, KOAH, idiyopatik pulmoner fibrozis ve pulmoner vasküler hastalıklar gibi bazı solunum sistemi hastalıklarında ortaya çıkan hipokseminin başlıca nedenidir.

4- Alveoler hipoventilasyon: Alveolar ventilasyon, alveol ve dış ortam arasındaki gaz değişimidir. Alveoler hipoventilasyon, beyindeki solunum merkezinin depresyonu ya da hasarlanması, spinal kord yaralanmaları gibi uyarıyı ileten sinirlerin hastalığı, Myastenia Gravis gibi nöromusküler hastalıklar, kifoskolyozda

olduğu gibi göğüs duvarı hareketlerinin kısıtlanması ya da hava yolu obstrüksiyonu sonucunda gelişebilir[12].

5- Difüzyon bozukluğu: Genellikle interstisyel akciğer hastalıklarında olduğu gibi alveolokapiller membran bozulması sonucu difüzyonun etkilenmesi nedeniyle ortaya çıkar.

6- Mikst venöz kanın desatürasyonu: Periferik oksijen tüketiminin artması sonucu kandan oksijen alımının arttığı ancak sistemik dolaşımın yavaşladığı şok, kalp yetmezliği gibi durumlara bağlı olarak gelişir. Bunun sonucu olarak akciğerlere dönen kanın satürasyonu düşer ve PaO₂ azalabilir[16], [17]

2.1.3.1.b. Hiperkapnik (Tip II) Solunum Yetmezliği

Arteriyel parsiyel CO₂ basıncının 45 mmHg'nın üstünde olmasıdır. Hiperkapnik solunum yetmezliğine temel olarak 3 mekanizma sebep olmaktadır: Alveoler hipoventilasyon, CO₂ üretiminin artması, ölü boşluk solunumunun artması[18]. En önemli mekanizmayı ise alveolar hipoventilasyon oluşturmaktadır. Patolojiye sebep olacak durumlar; barbitüratlar, benzodiazepinler gibi solunum merkezi depresyonu yapan ilaçlar; üst motor nöronlar, ön boynuz hücre, nöromusküler bileşke, solunum kasları veya solunum sinir hastalıkları; göğüs kafesi deformitesi veya üst solunum yolu obstrüksiyonu olabilir[12]. Tablo-3'te hiperkarbik solunum yetmezliği nedenleri sunulmaktadır.

Tablo-3: Hiperkapnik Solunum Yetmezliği Nedenleri	
1-MSS	İlaçlar:Opoidler, benzodiazepinler, barbitüratlar, genel anestezi Metabolik:Hiponatremi, hipokalsemi, alkaloz, hipotiroidi İnfeksiyonlar: Menenjit, ensefalit Kafa içi basınç artması Santral alveoler hipoventilasyon
2-Periferik sinir sistemi	Polinöropati Bilateral frenik sinir paralizi Myastenia Gravis
3-Solunum kasları	Distrofiler Elektrolit bozuklukları (hipofosfatemi, hipomagnezemi, hipokalemi) Hipotiroidizm

4-Göğüs duvarı, plevra	Kifoskolyoz Obezite-hipoventilasyon Fibrotoraks Ankilozan spondilit Travma, kot kırıkları
5-Üst solunum yolları	Uyku apne sendromu Kord vokal paralizisi

MSS: Merkezi sinir sistemi

2.1.3.1.c. Perioperatif (Tip III) Solunum Yetmezliği

Tip III solunum yetmezliğinde temel mekanizma atelettazidir. Fonksiyonel rezidüel kapasitenin anormal olarak kapanma volümünün altına düşmesi ile alt akciğer alanlarında yer çekiminin de etkisiyle atelettazi gelişimi artar. Atelettazi dışında pnömoni, volüm yüklenmesi gibi nedenlerle de perioperatif solunum yetmezliği gelişebilmektedir (Tablo-4)[12].

Tablo-4: Perioperatif Solunum Yetmezliği Nedenleri
Atelettazi Pnömoni ARDS Kalp yetmezliği, volüm yüklenmesi Pulmoner tromboemboli Bronkospazm Aspirasyon Solunum merkezinin sedatifler, anestezi, opioidlere bağlı baskılanması Frenik sinir hasarına bağlı diyafram paralizisi Obstrüktif uyku apne sendromu (OSAS)

ARDS: Akut respirastuar distress sendromu

2.1.3.1.d. Şoka Bağlı (Tip IV) Solunum Yetmezliği

Daha önceden akciğer problemi olmadığı bilinen ancak şoka bağlı gelişen hipoperfüzyon nedeniyle solunum yetmezliği bulunan hastalardır. Tedavisi, azalmış olan kalp debisinin, iş yükü artmış olan solunum kaslarına yönelmesini engelleyip beyin ve kalp gibi daha hayati organların perfüzyonuna yönlendirilmesi ile yapılır.

2.1.4-Solunum Yetmezliği Olan Hastaya Yaklaşım

2.1.4.1- Anamnez ve Fizik Muayene

Solunum yetmezliğinde tanı klinik şüpheyle başlar. Solunum yetmezliğine neden olan patolojinin erken zamanda belirlenmesi oldukça önemlidir. Öncelikle iyi bir anamnez alınmalıdır. En sık karşılaşılan semptom dispnedir. Bunun dışında öksürük, balgam, angina, ateş, bilinç durumu, senkop, hemoptizi sorgulaması mutlaka yapılmalıdır. Hastanın şikayetlerinin başlangıç zamanı, saatler-günler içindeki değişimi detaylandırılmalıdır. Eşlik eden komorbiditeler sorgulanmalıdır. Sonrasında ayrıntılı fizik muayene yapılmalıdır. Fizik muayene inspeksiyon ile başlar. Solunum hastalıklarında inspeksiyon birçok ayırıcı tanıda bize fayda sağlamaktadır. Hastanın genel durumu, rengi, solunum derinliği ve hızı, yardımcı solunum kaslarının solunuma katılımı dikkatle gözlenmelidir[4]. Solunum yetmezliğinde en sık görülen belirti ve bulgular arasında takipne veya bradipne, siyanoz, taşikardi, pulsus paradoksus, papil ödem ve flapping tremor sayılabilmektedir. Flepping tremor ile papil ödem akut ve ağır hiperkapninin bir göstergesidir. Öykü ve fizik muayene çoğu vakada solunum yetmezliği nedenini ortaya çıkarmada önemli katkı sağlamaktadır[2]. Örneğin; ateş, nefes darlığı ve öksürük ile konsolidasyon bulgularının birlikteliği pnömoniyi düşündürür; nöromusküler hastalıklara bağlı gelişen hiperkapnik solunum yetmezliğinde üst solunum yolu kas güçsüzlüğüne bağlı sekresyonları uzaklaştırmada ve yutmada güçlük yaşanması, yemek yerken aspirasyona bağlı öksürük ve ekspiryum kaslarının güçsüzlüğüne bağlı öksürmede zorluk görülebilir[12]. Ayrıntılı bir anamnez ve fizik muayene sonrası klinik olarak şüphe varsa tanının doğrulanması arter kan gazı değerlendirmesi ile sağlanır.

2.1.4.2- Laboratuvar ve Tanısal Testler

Solunum yetmezliği tablosu ile gelen bir hastada öncelikle arter kan gazı analizi yapılmalıdır ve akciğer grafisi çekilmelidir. Pulse oksimetre, noninvaziv arteriyel satürasyon takibini sağlar. Pulse oksimetre ile saturasyon takibi yapmak sık kan gazı alınmasını engeller ancak asidoz, hipoksi, hiperkapni belirlemede arter kan gazı analizi en etkin yöntem olarak kabul görmektedir. Koşullar uygunsa, ilk kan

gazı oda havasındayken alınarak alveolar-arteriyel oksijen gradiyenti $[P(A-a)O_2]$ hesaplanmalıdır.

Alveolo-Arteriyel Oksijen Gradiyenti $[P(A-a)O_2]$: Alveol ile arteriyel parsiyel oksijen basınçları arasındaki fark hesaplanarak bulunur. Akciğerlerin gaz alışveriş fonksiyonu hakkında genel bir bilgi edinilmesini sağlar. Eğer hasta nazal kanül ya da yüz maskesi ile oksijen alıyorsa FiO_2 kesin olarak bilinemez. Bu nedenle $P(A-a)O_2$ hesaplaması tam olarak yapılamaz. İlk olarak $P(A-a)O_2$ 'ye bakılarak solunum yetmezliğinin nedeninin akciğer veya akciğer dışı sistemler olduğuna karar verilir. $P(A-a)O_2$ normal değeri 5-15 mmHg'tir. Yaşla ve FiO_2 ile artar. Yaşla değişkenliği aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

Normal $P(A-a)O_2$: Oda havasında: $(3 + 0.21 \times \text{yaş (yıl)}) \pm 5$ mmHg

Gradiyent normal ise problem santral sinir sistemi, göğüs duvarı, solunum kasları gibi akciğer dışı sistemlerden köken alır. %100 oksijen inhalasyonu ile hipoksemi düzelmiyorsa şant akla gelmelidir. V/Q oranında azalma varsa oksijen tedavisiyle hipoksemi düzelecektir[12].

Solunum yetmezliği ayırıcı tanısında bakılan diğer laboratuvar testleri ise; enfeksiyöz hastalıklar, anemi, ve polisitemi varlığının tespiti için tam kan sayımı; solunum yetmezliğinin altında yatan üremi, karaciğer yetmezliği, elektrolit imbalansları vb metabolik nedenlerin tespiti için biyokimya; enfeksiyon hastalıklarını ortaya çıkarmak için akut faz reaktanlarıdır[19]. Pulmoner tromboemboli (PTE) şüpheli hastaların değerlendirilmesinde D-dimer ölçümleri önemlidir[20]. D-dimer negatifliği özellikle ayaktan başvuran düşük ve orta klinik olasılıklı hastalarda PTE'nin dışlanmasında kullanılır. Ancak yüksek klinik olasılıklı hastalarda D-Dimer değerinin normal düzeyi PTE'yi dışlamaz[21]. Kalp yetmezliği düşünülen hastalarda kardiyak troponin testleri ile B tip Natriüretik Peptit (BNP) ve N-terminal proBNP (NTproBNP) ölçümleri oldukça faydalıdır[22].

Peak flowmetre ya da solunum fonksiyon testi ile ekspiratuar akımın ölçümü akut astımlı ve KOAH tanılı hastalarda obstrüksiyonun ciddiyetini değerlendirmede kullanılabilir[12].

2.1.4.3- Radyolojik Değerlendirme

Solunum yetmezliği düşünülen hastadan kan gazı alındıktan sonra başvurulacak ilk test akciğer grafisidir. Eğer mümkünse eski grafilerle karşılaştırmalı olarak infiltratlar, pnömotoraks, havalanma artışı bulguları, atelektazi, plevral efüzyon, kalp boyutları değerlendirilmelidir. Tablo-5'te hipoksemiye eşlik eden radyolojik görünümeler gösterilmiştir[12].

Tablo-5: Hipoksemiye Eşlik Edebilen Radyolojik Bulgular	
Normal Akciğer	Akciğerde İnfiltrasyon
Astım/KOAH	Pnömoni
Pulmoner emboli	Pulmoner ödem
AV malformasyon	Atelektazi
Siroz	Pulmoner hemoraji
Pnömotoraks	Aspirasyon
Obezite	ARDS
Desatüremikst venöz kan	

KOAH: Kronik obstruktif akciğer hastalığı, AV malformasyon: Arteriovenöz malformasyon, ARDS: Akut respiratuar distress sendromu

Toraks bilgisayarlı tomografisi (BT), pulmoner BT anjiyografi (BTA) solunum yetmezliğinin sebebinin belirlenmesinde ve takibinde kullanılan diğer görüntüleme teknikleridir. Toraks tomografisi akciğer grafisine göre daha sensitif ve spesifik bir görüntüleme yöntemidir. Akciğer grafisinde görülen patolojilerin ayrıntılı araştırılması ve akciğer grafisi normal olup hastalık şüphesi bulunan vakaların değerlendirilebilmesi için kullanılır[23], [24]. BT, toraks duvarı, parankim, plevra ve pulmoner vasküler yapılar hakkında daha net bilgi verebilmektedir.

Ekokardiyografi (EKO) kalp yetmezliği, akut koroner sendrom gibi hastalıklarda; sağ ve sol ventrikül fonksiyonları, kalp kapakçıklarını değerlendirme ve perikardiyal hastalığın varlığını belirlemede yardımcı olur[12].

Tromboembolik hastalıktan şüphelenilen hastalarda venöz tromboz için doppler ultrasonografi gibi noninvaziv testler kullanılmaktadır. PTE tanısında spiral BT ya da pulmoner BTA tercih edilmektedir. PTE tanısında ventilasyon-perfüzyon sintigrafileri de sınırlı sayıda olguda kullanılan bir yöntemdir[12]. Pulmoner

arterlerdeki perfüzyon defektlerini saptamada duyarlı fakat özgül olmayan bir test olduğundan artık daha az kullanılmaktadır[21].

Toraks ultrasonografisi (US); kosta anormallikleri gibi toraks duvarı patolojileri; plevral efüzyon, pnömotoraks, hidrotoraks gibi plevral patolojiler; pnömoni, kalp yetmezliği, pulmoner tromboemboli gibi akciğer parankim patolojileri; diyafram ve mediasteninin değerlendirmesinde kullanılan bir yöntemdir[23].

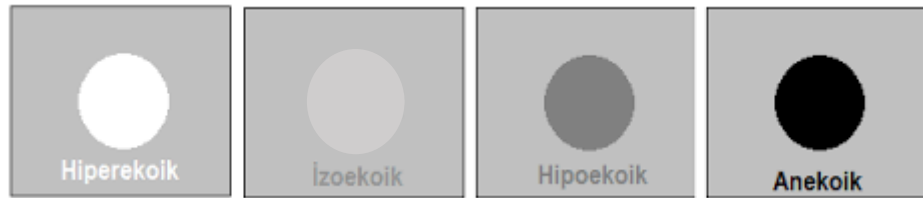
2.2- TORAKS ULTRASONOGRAFİ

Akciğer, uzun yıllar boyunca ultrasonografi alanında ihmal edilen bir organ olmuştur. Toraks ultrasonunun rutin kullanımı, akciğerlerin kaburgalarla çevrili olması nedeniyle ultrason dalgalarının emilmesi ve akciğerlerin havayla dolu olması nedeniyle artefaktların oluşması gibi zorluklar nedeniyle nispeten gecikmeli olarak başlamıştır[25]. Ancak düşük maliyet, yatak başı kullanım, gerçek zamanlı görüntüleme imkânı olması, yaygın kullanım alanı, radyasyon maruziyetinin olmaması gibi avantajları sayesinde son zamanlarda acil olguların değerlendirmesinde önem kazanmıştır. US'nin yoğun bakım ve acil ünitelerindeki kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalar ışığında US'nin akut torasik hastalıkların tanısındaki yeri ve kullanımı daha iyi anlaşılmıştır[26]. Toraks US ile interstisyel ödem, nonkardiyojenik akciğer ödemi, pnömotoraks ve pnömoni gibi solunum sıkıntısı nedenlerine tanı konulabilir[27].

2.2.1- Temel Prensipler

US, ses enerjisini kullanarak vücudun yüksek çözünürlüklü gri skala (siyah-beyaz) görüntülerini elde etmemizi sağlayan bir görüntüleme yöntemidir. US ile ilgili tüm uygulamalar, vücuttaki çeşitli yüzeylerden yansıyan akustik enerjinin elde edilmesi ve görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanır. Hızla titreşen cisimlerden çıkan ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısına yani birim zamanda tekrarlayan dalga tepesi sayısına “frekans” denir. Frekans, birimi hertz (Hz) olarak isimlendirilir. İnsan kulağı 20 ile 20.000 Hz aralığındaki sesleri duyabilir. 20 Hz altındaki sesler infrases, 20.000 Hz üzerindeki sesler ise ultrases olarak tanımlanmaktadır. Tanısal amaçlı kullanılan US’de ise 2-15 MHz (1 MHz=10⁶ Hz) arasındaki frekanslar

kullanılmaktadır. Sesin frekansı artınca dalga boyu kısalmakta, dokuya penetrasyonu azalmakta ancak görüntünün çözünürlüğü artmaktadır. Ultrases dalgalarını (2-8 MHz), US probunun içindeki piezo-elektrik kristallerinden elektrik akımı geçirilmesiyle bu kristallerdeki geometrik yapının değişmesi meydana getirir. Bu kristaller, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür ve dokudan yansıyan ses dalgalarının görüntü oluşturacak şekilde işlenmesini sağlar[28], [29]. Ses dalgaları, yolundaki nesnelere çarparak US probuna geri yansımaktadır[30]. Yansıyan ses dalgalarına ‘eko’ denilmektedir. US dalgasının yayılma hızı, bulunduğu dokunun direncine göre belirlenir. Bu direnç akustik impedans olarak adlandırılır. Akustik impedans dokunun elastisitesine ve yoğunluğuna bağlıdır. Ses dalgalarını hiç yansıtmayan nesnelere ‘anekoik’ az yansıtan nesnelere ‘hipoekoik’ ve çok fazla yansıtan nesnelere ise ‘hiperekoik’ cisimler denir[31]. Havada ses dalgalarının neredeyse tamamı iletilirken, katı dokuda ses dalgaları daha fazla yansır. Kemik gibi kalsifik dokular hiperekoik görünüm verirken distali anekoik (reflektif) izlenir. Fibröz dokular hiperekoik, karaciğer gibi yumuşak dokular izoekoik, içerisi hava ya da sıvı dolu dokular ise hipoekoik - anekoik bir görüntü olarak karşımıza çıkar[28]. Şekil-1’de görüntüler gösterilmiştir.



Şekil-1.Ultrasonda temel ekojenite isimlendirmeleri ve görüntüler

2.2.2- Ultrasonografi Probları

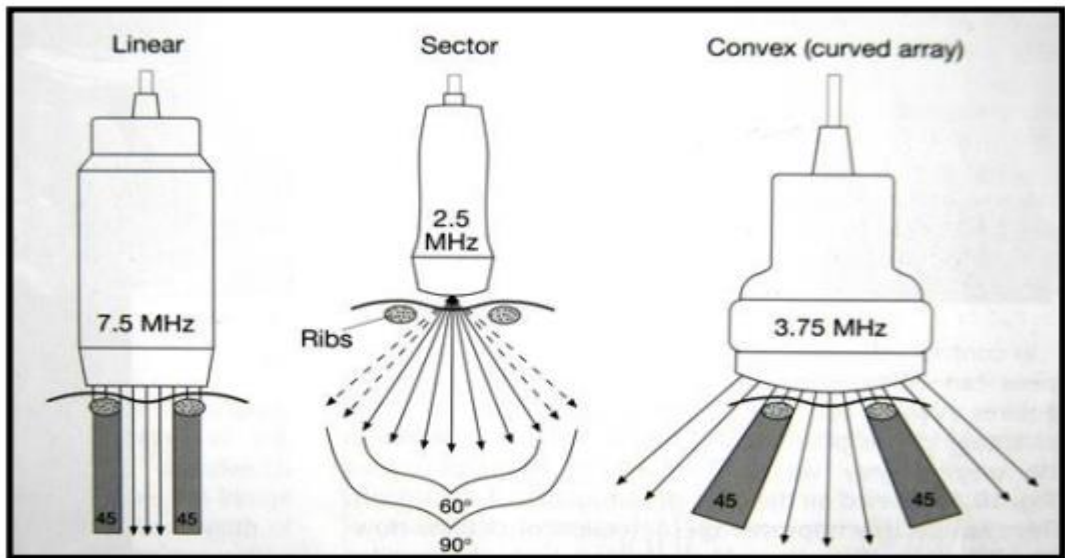
Transdüser, US problemleri içerisinde yerleşmiş şekilde bulunur. Problemler, fiziksel görünümüne ve oluşturduğu ses dalgalarının frekanslarına göre birbirinden ayrılırlar. Standart US inceleme için farklı frekanslara sahip lineer, konveks ve sektör problemler kullanılmaktadır. Probun frekansının artması ile penetrasyon özelliği azalır, rezolüsyonu artar. Örneğin, lineer prob gibi frekansı yüksek olan problemler yüzeye yakın dokuları daha detaylı görmemizi sağlarken, derin dokuya penetrasyonları düşük olduğu için akciğerler ve abdominal organların görüntülenmesinde tercih edilmezler.

Lineer prob: Yüksek frekanslı (7-15 MHz) olan ses dalgalarını üretir. Ses dalgaları probdan birbirine paralel olarak çıkar ve yayılır ekranda oluşan görüntü dikdörtgen şeklindedir. Penetrasyonu düşüktür ancak yüzeysel dokuların yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlarlar. Toraks duvarı, servikal ve supraklaviküler lenf bezleri ile kısmen plevranın, yüzeysel damarların, yüzeysel yumuşak dokuların görüntülenmesinde kullanılırlar.

Sektör prob: 3–3.5 MHz frekansa sahiptir. Ses dalgaları tek bir noktadan çıkarak etrafa fan şeklinde saçılma gösterirler. Dalgalar proba yakın yerde dar bir alandan çıkar ve mesafenin artışı ile daha geniş alana yayılırlar. Çıkış noktasında dalga demetinin dar olması interkostal aralıktan derin dokuya kostal gölgeler olmaksızın ulaşmayı sağlar. Penetrasyonları yüksektir ve daha çok kardiyoji alanında kullanılırlar.

Konveks prob: Sektör prob ve lineer probun birleştirilmiş halidir. 2-5 MHz frekansta ses dalgaları üreterek yaklaşık 30 cm derinliğinde alanı tarayabilir. Bu problar ile oluşan görüntü kahve filtresine benzer. Derin dokulara penetrasyonlarının yüksek olması nedeniyle batın içi organların ve akciğer parankimine ait patolojilerin değerlendirilmesinde kullanılır.

Her prob üzerinde, muayene edenin yön tayinini sağlayan bir işaret (ışık veya çentik) bulunur. Bu işarete karşılık gelen bir gösterge ekrandaki görüntüde de bulunur ve yön tayini buna göre yapılır[32], [33], [34], [35].



Şekil-2: Ultrason prob çeşitleri (1) lineer prob, (2) sektör prob, (3) konveks prob[36]

2.2.3- Ultrasonografi Modları

US'de doku ve organlardan yansımakta olan ses dalgaları; A (amplitude), B (brightness) ve M (motion) olarak gösterilir.

A-mod: Amplitüd modun kısaltılmış halidir. Farklı yoğunluktaki doku katmanlarından yansıyor gelen sinyallerin şiddetleri derinliğe bağlı şekilde gösterilmektedir. Günümüzde A-mod görüntüler US cihazlarında genellikle kullanılmaz. A-mod görüntüleme genellikle elektrokardiyografi, elektroensefalografi, elektromiyografi sinyallerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

B-mod: Brightness (parlaklık) modun kısaltılmış halidir. Yansıyan ses dalgaları monitörde, şiddetlerine göre parlak noktalar şeklinde görülmektedirler. Gri skala yöntemi sayesinde parlaklık derecelerine göre ayırım yapılır. Gri skalada yüksek yansıtıcılık beyaz renk (kemik), düşük yansıtıcılık gri renk (kas) ve yansıma olmaması (hava) siyah renk ile gösterilmektedir En sık kullanılan moddur. Probun hareket ettirilmesi ile organların akustik kesitleri elde edilmektedir.

M-mod: Motion (hareket) modun kısaltılmış halidir. B-mod ile görüntülemeye belirlenmiş bir çizgi üzerindeki hareketin zamana karşı grafiği elde edilerek iki boyutlu görüntü elde edilmesini sağlar. Bu çizgiyle kesişmiş olan yapıların zamanla probdan nasıl uzaklaştıkları ya da yaklaştıkları gösterilmektedir. Yatay eksen zaman bilgisini, dikey eksen ise derinlik bilgisini göstermektedir. M-mod US plevra, diyafram ve miyokardiyal kas hareketlerinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir[33].

2.2.4- Toraks US'de Normal Bulgular:

Normal akciğer US; yarasa görüntüsü (bat sign), akciğer kayma işareti (lung sliding), deniz kenarı işareti (sea shore sign), A çizgileri artefaktlarıyla karakterizedir. Akciğer US'de interkostal aralıktan sonografik değerlendirme yapılırken prob göğüs ön duvarına dik açıyla yerleştirilir. Prob yerleştirildiğinde birinci basamak kaburgaları tanınmaktadır. Kaburgalar, hiperekoik görüntüleri ve arkasında anekoik gölgeleriyle (reflektif) kolayca saptanırlar. Kaburgaların arasında, yaklaşık 5 milimetre altında, horizontal hiperekoik plevral hatta ait görünüm vardır. Pariyetal ve visseral plevra tek bir hat olarak görülür. Her iki kaburga yarasının

kanatlarını, arada kalan plevra ve parankimin görüldüğü alan ise yarasanın gövdesi gibi görülür ve bu bulgu ‘yarasa işareti (bat sign)’olarak adlandırılır (Şekil-3)[37], [38].

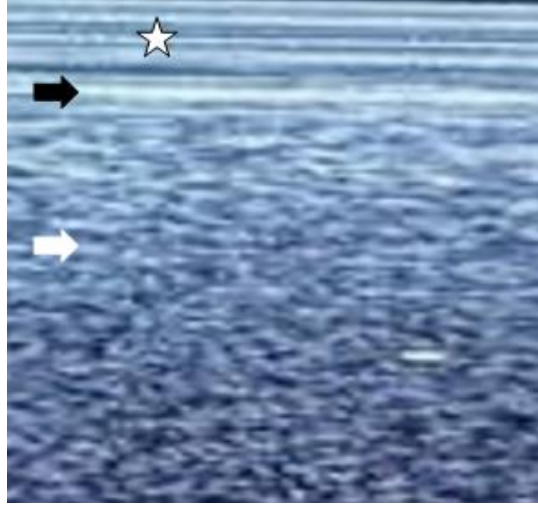


Şekil-3: Toraks US’de yarasa işareti (bat sign)

Beyaz oklar, kaburga; siyah ok, plevra

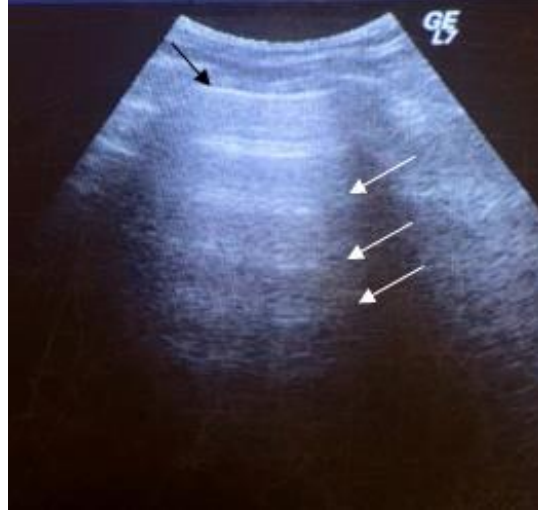
(Kaynak, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi)

Visseral plevra solunumla eş zamanlı olarak parietal plevra üzerinde serbestçe hareket eder. Visseral plevranın bu hareketi “karınca yürüyüşü” benzeri hiperekoik parlamalar olarak görülür. Bu harekete akciğer kayma hareketi (lung sliding) denir. Bu bulgu, M-mod US’de incelenirse deniz-sahil bulgusu görülür (Şekil-4). M-mod US’de hareketsiz yapılar birbirine paralel transvers çizgiler halinde görülürken (sahil bulgusu), hareketli olan akciğer ise hipo-hiperekoik birçok nokta halinde görülür (deniz bulgusu)[37], [39].



Şekil-4: Toraks US’de M-modda sahil-deniz bulgusu. Siyah ok ile gösterilen hiperekoik alan plevra, yıldız ile gösterilen üstteki hareketsiz cilt ve ciltaltı dokular (sahil), plevra altında beyaz ok ile gösterilen hareketli hipo-hiperekoik alan akciğer dokusunu (deniz) işaret ediyor (*Kaynak, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi*)

A çizgileri, akciğer US’nin normal ve ana artefaktıdır. Bu artefakt, plevra altındaki hava nedeniyle pleval çizgiyi geçemeyen US dalgalarının transduser ile plevra çizgisi arasında ileri-geri yansıması sebebiyle oluşur. A çizgileri, yankılanma (reverberasyon) artefaktları olarak da isimlendirilir (Şekil-5). Bu artefaktlar, plevranın altında eşit aralıklarla yer alır[38].



Şekil-5: Toraks US’de A çizgileri olarak bilinen yankılanma (reverberasyon) artefaktları. Siyah ok plevra, beyaz oklar plevranın reverberasyon artefaktını gösteriyor (Kaynak, Kartal Dr. Lütü Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi)

2.2.5- Toraks US’de Patolojik Bulgular

Akciğerde hava ve sıvı yakın derecede ilişkilidir. Bu dengenin değişmesi, pulmoner patolojilerin temel prensibini oluşturur. Hava ve sıvı US’de birbirine ters kontrast verir. Hava ve sıvı dengesinde meydana gelen değişim US görüntülerine yansır. Birbirleri içine geçmişlerse ve denge bozulmuşsa artefakt verirler. Toraks US görüntülemesi de bu artefaktların değerlendirilmesine dayanır. Toraks US’de saptanabilen patolojiler arasında; interstisyel sendrom ve B çizgileri, pnömoni ve konsolidasyon, pnömotoraks / hemotoraks, plevral efüzyon, pulmoner enfarkt, ateletazi, KOAH alevlenmesi ve astım, pulmoner emboli ile kot fraktörü sayılabilir.

2.2.5.1 İnterstisyel Sendrom

İnterstisyel sendrom; akciğerde havanın azalıp, interlobüler septaların hidrostatik veya inflamatuvar sıvı (ekstravasküler akciğer sıvısında artış, kollajen artışı, fibrozis veya kan birikimi) infiltrasyonu nedeniyle genişlediği, bazı akciğer alanlarının ise korunduğu tablolarda karşımıza çıkar. Sıvı ile infiltre olan alanda US dalgaları geri dönmez ve dalgalar yayılır. B çizgileri olarak adlandırılan artefaktlar

oluşur. B-çizgileri ilk kez 1982 yılında Ziskin ve arkadaşları tarafından karın bölgesinde saçma yaralanması olan bir hastada "kuyruklu yıldız artefaktı" terimini kullanarak gösterilmiştir[40]. B çizgileri plevradan köken alır, hiperekoik görünüm ekranın sonuna kadar devam eder, A çizgilerini siler, solunumla birlikte plevranın hareketi ile yer değiştirirler. Normal akciğerde her kesitte 1 ya da 2 tane B çizgisi görülebilir, ancak bir kesitte 3 ve daha fazla B çizgisi olması daima patolojiktir. İnterstisyel sendrom görülen hastalıklar içinde pulmoner ödem, ARDS, pulmoner fibrozis, pnömoni sayılabilir[37], [41], [42], [43].



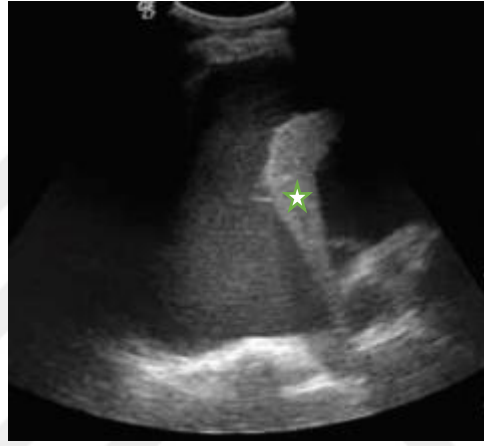
Şekil-6: Toraks US'de B Çizgileri (kuyruklu yıldız artefaktı) siyah oklarla gösterilmekte (Kaynak, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi)

Bir kesitte 3 ve daha fazla B çizgisi görülmesine B+ denir. Lokal B+ çizgilerinde pnömoni düşünülmektedir. B+ çizgileri arası mesafe 7 mm ve daha fazla olduğunda ise bu görünüme B7 denir ve pulmoner ödem düşündürür. B7 çizgilerinin akciğer grafisindeki karşılığı Kerley çizgileridir[37].

2.2.5.2 Plevral Effüzyon

Plevral efüzyonu saptamada US akciğer grafisine kıyasla daha sensitiftir[44], [45]. Standart akciğer grafisinde plevral efüzyon tanısı koymak için sıvı miktarının 150-200 mililitreye ulaşmış olması gerekirken toraks US ile laterodorsal pozisyonda, hasta ayakta ya da yatar durumda iken 5 mililitre sıvı toplanması bile tespit edilebilir [46], [47]. Plevral efüzyon visseral ve parietal plevra arasında anekoik yani siyah bir tabaka şeklinde görülür. Plevra, sıvıyı keskin bir şekilde sınırlandırır. Plevral sıvı

pozisyona ve solunuma bağılı olarak şekil değiştirebilir. Septasyon ya da serbest ekoik alanlar içerebilir. İnflamasyon varlığında, sıvının etrafındaki visseral ve parietal plevra yapraklarının yapışmasına bağılı olarak pleural kayma hareketi görülmeyebilir. Masif pleural efüzyon varlığında komşuluğundaki parankimdeki kompresyon sonucu oluşan atelektatik akciğer dile benzer bir şekilde efüzyonun içinde izlenebilir (*yüzen akciğer*). Bu bulguya *deniz anası belirtisi* de denilmektedir (Şekil-7). Az miktardaki pleural sıvılarda havalanan akciğer efüzyon içinde yüzme hareketi yapmaz ancak inspirasyon ile inceleme alanına doğru hareket eder. Bu bulguya ise perde hareketi denilmektedir[26].



Şekil-7: Toraks US'de deniz anası belirtisi, yüzen akciğer, yıldız işareti ile gösterilmekte [26]

2.2.5.3 Konsolidasyon

Alvelollerdeki konsolidasyon, akciğer parankiminde hava miktarının azalmasına neden olur. Bu durumda göğüs duvarı ile akciğer parankimi arasındaki akustik fark azalır. Ayrıca toplum kökenli pnömonilerin daha çok periferik yerleşimli görülmesi sayesinde de konsolidasyonlar ultrasonografi ile kolaylıkla görülebilmektedir. Konsolidasyon alanları sonografide karaciğerle benzer ekojenitede, sınırları düzensiz olarak görülürler ve bu bulguya *hepatizasyon* denir. Plevra ile ilişkili üst kenarının düzenli, havalanan akciğer ile ilişkili alt kenarının ise düzensiz olduğu havalanmayan konsolidasyon alanına ise *paçavra bulgusu* (Şekil-8) denilmektedir[26], [42].



Şekil-8: Toraks US’de konsolidasyon alanı (subplevral bölgede değişik boyut ve şekilde, heterojen hiperekoik görünümde paçavra bulgusu) (Kaynak, Kartal Dr.

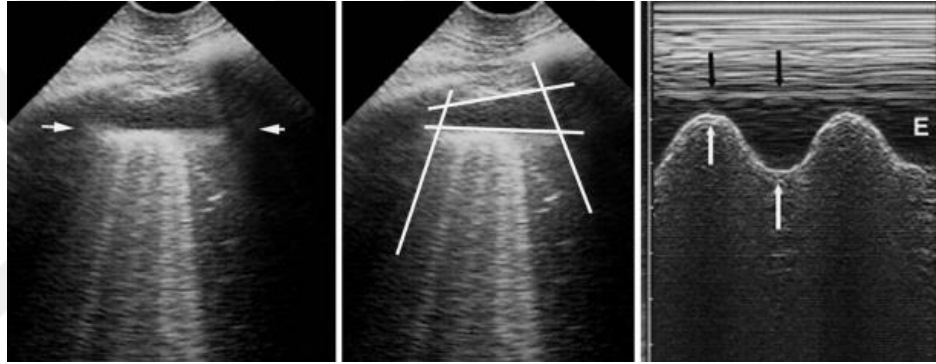
Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi)

Pnömoniye ait konsolidasyona yönelik yapılan renkli doppler incelemesinde damarın morfolojisi bozulmaz ancak damarlanma normal ya da artmış olarak görülür. Pulmoner infarkt olgularında ise pnömoniden farklı olarak, konsolide alanda vasküler yapılar azalır ya da hiç görülmez. Pnömoninin plevral kriterleri; plevral çizgide fragmentasyon, lokalize plevral efüzyon ve bazal plevral efüzyon olarak sayılabilir[48].

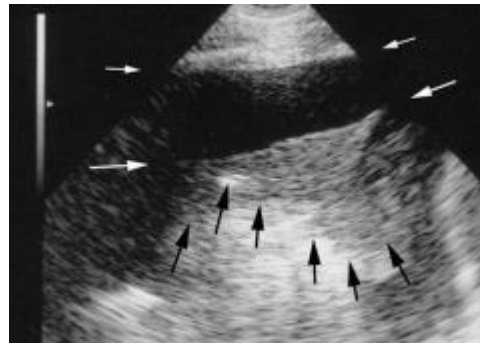
2.2.5.4 Posterolateral Alveolar ve/veya Plevral Sendrom (PLAPS)

Alveolar sendrom, akciğerlerde havalanma kaybı ya da sıvı artışı nedeniyle genellikle pulmoner konsolidasyonlara bağlı oluşan durumdur[42]. Alveolar sendrom (akciğer konsolidasyonu) da toraks US’nin eskiden beri uygulandığı hastalıklardan biridir. Sıvı bozuklukları genellikle yüzeyseldir ve bu sayede US ile erişimi kolaydır[49]. Konsolidasyonlar %90 oranında PLAPS noktasında görülür[37]. Posterolateral göğüs duvarında, akciğer konsolidasyonları ve plevral efüzyonlar kolaylık sağlamak amacıyla birlikte değerlendirilir[49]. PLAPS noktasında alveolar, plevral ve bazen her iki yapıda birden patolojik bir görüntünün tespit edilmesi halinde pratik bir tanımlama olan PLAPS (+) terimi kullanılır[50]. Plevral sıvı olan vakalarda, visseral plevra ile parietal plevra birbirinden sıvıyla ayrılan iki paralel çizgi olarak görülür. Komşu kostaların gölgeleri ile birleştirildiğinde bu çizgiler dört kenarı olan bir şekil çizerler ve bu şekil *dörtgen işareti (quad sign)* (Şekil-9) olarak

isimlendirilir. Plevral effüzyon varlığında M-mod US ile bakıldığında visseral plevranın solunumla pariyetal plevraya doğru hareketi görülür. Bu bulguya *sinüsoid işareti* denilmektedir (Şekil-9). Alt lob alveolar dokuda konsolidasyon varlığını gösteren bir diğer işarete ise *paçavra bulgusu (shred sign)* denilmektedir (Şekil-10). Konsolidasyon ve havalanan akciğer dokusu arasındaki sınır düzensiz (parçalanmış) bir çizgi olarak görülür. Konsolidasyon alanı çok büyük olduğu zaman derin sınır görülemeyebilir ve konsolide olan akciğer, sağ tarafta karaciğerin ve sol tarafta dalağın devamı gibi görünür ancak bu yapılar diyaframla birbirinden ayrılmıştır. Bu görünüme *doku benzeri bulgu (tissue like sign)* denilmektedir[51]. Özellikle translobar olmayan konsolidasyonlarda paçavra işareti ve translobar formlarda ise doku benzeri bulgusu saptanır[49].



Şekil-9: Toraks US’de PLAPS ve plevral efüzyon. PLAPS noktasında saptanan bu görüntüde plevral hat (üst yatay oklar), kosta gölgeleri (dikey çizgiler) ve akciğer hattını (alt yatay çizgiler) gösterir (quad sign), sağdaki resimde M mod US ile bakıldığında görülen **sinüsoid işareti** mevcuttur[42]



Şekil-10: Toraks US’de PLAPS ve Akciğer Konsolidasyonu. Serbest plevral sıvıyı alveolar sıvı ile birleştiren başka bir PLAPS örneği. PLAPS noktasında, anekoik görülen plevral efüzyon ve akciğer hattı (alt yatay oklar), paçavra bulgusu (siyah oklar) [49]

2.2.5.5 Pnömotoraks

Plevral aralıkta hava bulunması pnömotoraks olarak isimlendirilir[26]. Pnömotoraks tanısı için başlangıç görüntüleme yöntemi standart akciğer grafisidir, akciğer grafisi ile total veya büyük parsiyel pnömotoraksları kolay bir şekilde gösterebilmekte ancak küçük parsiyel pnömotorakslar gözden kaçabilmektedir. US bu gibi durumlarda pnömotoraksın hızlı ve etkili biçimde saptanmasına katkı sağlar. US'nin pnömotoraks tanısındaki sensitivitesi %78.6-100 ve spesifitesi %96.5- 100 iken, portable akciğer grafisinin pnömotoraks tanısındaki sensitivite ve spesifitesi ise sırayla %19.8-31.8 ve %99.3-100 olarak gösterilmiştir[52].

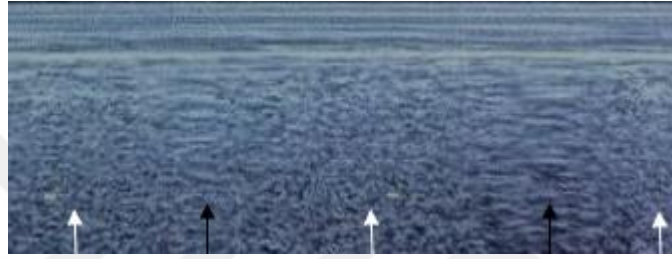
Pnömotoraks durumunda plevral aralıkta bulunan serbest hava visseral ve pariyetal plevra arasındaki teması keserek akciğerin kayma hareketinin kaybolmasına sebep olur. Akciğer kayma bulgusunun saptanmaması, pnömotoraks tanısındaki ilk aşamadır. M-mod US'de akciğer kayma hareketinin olmamasının bir sonucu olarak çok sayıda birbirine paralel, hiperekoik, horizontal çizgilenmeler görülür ve bu görünüm *stratosfer(barkod) bulgusu* olarak isimlendirilir. Ayrıca, akustik impedans farkının artışı reverberasyon artefaktına neden olmaktadır[53]. Bu bulguya *A çizgisi bulgusu* denir. Plevral hat kaybolduğu için plevradan köken alan B çizgileri görülmez[42].

Parsiyel pnömotoraks görülen vakalarda, prob sabit tutulduğunda, her solunum siklusunda visseral plevranın parietal plevraya yapışık olduğu noktada plevral hava ile çökmemiş olan akciğer dokusu periyodik olarak probun taradığı alanına girer ve çıkar. Bu geçiş noktasına *akciğer noktası (lung point)* adı verilir. Akciğer noktasının görülmesi pnömotoraks için %100 spesifik bir bulgudur[54]. Parsiyel pnömotoraks olgularında M-mode US ile inspiyumda normal akciğer görüntüsüne ait sahil bulgusu, ekspiryumda ise pnömotoraksa ait barkod bulgusu birbirini takip eder (Şekil-11).

Pnömotoraksın ultrasonografik bulguları tablo-6 da özetlenmiştir[26].

Tablo-6: Pnömotoraksın Ultrasonografik Bulguları

Akciğer kayma hareketi bulgusunun kaybı
Horizontal artefaktlarda artış
Plevral boşluğun görülmemesi
B çizgilerinin kaybı
“Akciğer noktası” (lung point) görüntülenmesi



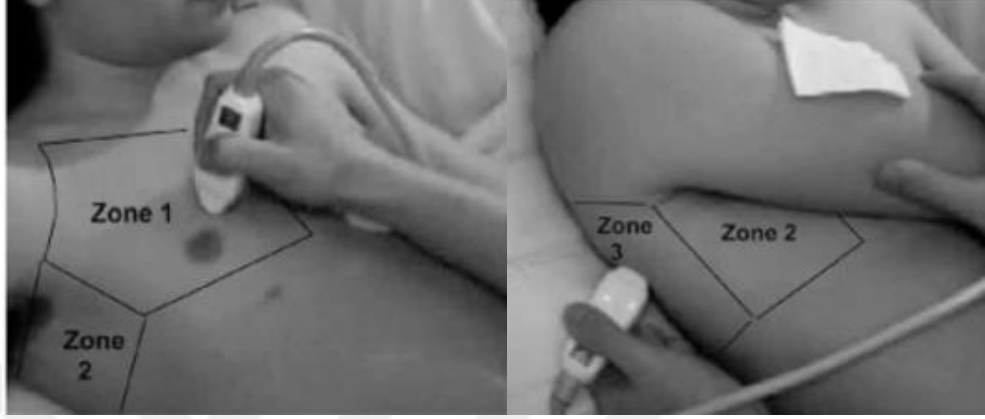
Şekil-11: Parsiyel pnömotoraks olgularında M-Mode US İle akciğer noktası (lung point) gösterilmesi. İnspiryumda normal akciğer görüntüsüne ait sahil bulgusu beyaz oklar ile gösterilmekte, ekspiryumda pnömotoraksa ait barkod bulgusu siyah oklar ile gösterilmekte (Kaynak, *Kartal Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği Arşivi*)

2.2.6- BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) Protokolü Uygulaması

BLUE protokolü, solunum yetmezliği tanımlanan hastalara hızlı ve sistematik bir şekilde ayırıcı tanı yapılmasını sağlayan bir algoritmadır. Dr. A. Lichtenstein ve arkadaşları tarafından yoğun bakım ünitelerinde takip edilen şiddetli solunum yetmezliği tanısı alan 260 hasta üzerinde geliştirilmiş olan acil durumda yatak başında uygulanan ultrasonografi protokolü anlamına gelen görüntüleme yöntemidir. Dr. A. Lichtenstein ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın sonucunda protokülün %90,5 doğru tanıya ulaşmayı sağladığı gösterilmiştir. Yapılan bu çalışma ile yatak başı yapılan toraks US'nin acil servis ve yoğun bakım ünitelerinde kullanımının solunum yetmezliği olan hastalara daha hızlı tanı koymayı sağladığı, tanıya ulaşmada tekrarlanabilir ve düşük maliyetli bir yöntem olduğu ve sonuç olarak hızlı tedavi olanağı sağlayabildiği öne sürülmektedir[10], [55].

2.2.6.1. BLUE Protokolü Uygulama Noktaları

Toraks US uygulanırken her iki hemitoraks da zone 1 (ön duvar), zone 2 (yan duvar), zone 3 (yan arka duvar) olarak 3 alana ayrılır. Her bir alan da kendi içinde üst ve alt olmak üzere 2 bölüme ayrılır. Böylece her bir hemitoraksta 6 alan incelenmiş olur (Şekil 12)[10].



Şekil 12: Ultrason bölgeleri[10]

Ön duvarı (Zone 1) tanımlamak için 'BLUE eller' yöntemi kullanılır. Yukarıdaki elin küçük parmağı klavikulanın alt sınırına değecek şekilde konulur. Altındaki el başparmaklar dışarıda kalacak şekilde yukarıdaki elin bittiği yerde üst üste gelecek şekilde konulur ve parmak uçları göğüs orta hattında olmalıdır. Üst BLUE noktası yukarıdaki elin orta ve yüzük parmaklarının kökünde yer alır. Alt BLUE noktası ise aşağıdaki el ayasının tam merkezinde yer alır (Şekil-13). Bu şekilde kalp görüntüleme alanı dışında kalmaktadır. Aşağıdaki elin alt kenarı frenik çizgiyi, yani akciğerin sonlandığı noktayı gösterir[56].

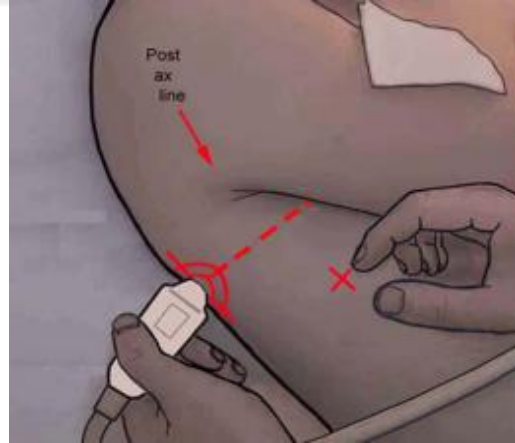


Şekil 13: BLUE eller yöntemi (Üst ve alt BLUE noktaları ile frenik çizgi gösterilmekte)[56]

Yan duvar (Zone 2) anterior aksiller hat, diyafragma ve posterior aksiller hat arasında kalan bölgedir. Frenik çizginin devamının orta aksiller hat ile kesiştiği yer frenik noktayı tanımlar. Frenik nokta, diyafragmanın lateral kısmının değerlendirilmesine olanak sağlar. BLUE protokolünde ancak, PLAPS noktasına erişimin zor olduğu durumlarda bu bölge kullanılmaktadır.

Yan arka duvar (Zone 3) arka aksiller hat, diyafragma, vertebralar arasında kalan bölgedir. Prob, hasta sırtüstü yatar pozisyonda iken alt BLUE noktasından yatay bir şekilde ilerletilerek arka aksiller hattın mümkün olduğunca posterioruna getirildiğinde PLAPS noktasını gösterir. PLAPS noktası, konumu itibarıyla diyafragmanın biraz üzerinde bulunur ve akciğerin alt lobunun incelenmesine olanak sağlar. Akciğer konsolidasyonu ve plevral efüzyon varlığında tanışal olarak güvenilir sonografik bulgu vermektedir (Şekil-14).

Carmen manevrası, longitudinal pozisyonundaki US probunun incelenen alanda sola ve sağa doğru hafif bir ileri-geri hareketiyle, aynı cilt noktasında kalarak ve cilt üzerinde yavaşça kayarak, BLUE noktasının herhangi bir kısmından 1 cm tarama yapılmasını sağlayan manevradır. Bu ince manevra, interkostal bir alanı tararken görüntü kalitesini optimize etmeye yardımcı olur. [42], [56].



Şekil-14: PLAPS noktası (Sağ işaret parmağı kabaca frenik noktayı göstermekte)[56]

2.2.6.2. BLUE Protokolü Ultrason Yaklaşımı

BLUE protokolüne göre tüm akciğer her iki hemitoraksın, anterior, lateral ve posterior bölgelerini içerecek şekilde taranmalıdır. Tüm BLUE noktaları, anormalliklerin gözden kaçması için transvers ve longitudinal düzlemlerde incelenmelidir. Hasta hem supin hem de dik pozisyonda değerlendirilebilir.

Longitudinal düzlemde yapılan uygulama ile iki kot gölgesi arasında plevral hat (yarasa işareti) görülmeye çalışılır. Normal toraks US'de akciğer kayma hareketi görülür ve A-çizgileri saptanır. İşlem esnasında çift cevaplı 3 işaret değerlendirilir[10].

- 1) **Artefakt Analizi:** *A ve B çizgileri değerlendirilir.* B çizgilerinin varlığı hava ve sıvı gibi büyük bir akustik empedans farkına sahip durumun varlığını gösterir. Tek bir görüntüde üç veya daha fazla B çizgisi saptanması interstisyel sendromunu gösterir.
- 2) **Akciğer kayması (lungsliding):** *Varlığı veya yokluğu değerlendirilir.* Visseral plevranın parietal plevra üzerinde kayma hareketi inflamasyonlara sekonder gelişen adezyonlar, akciğer genişlemesinin kaybı, atelektazi, pnömotoraks, pnömonektomi gibi durumlarda kaybolur. A çizgilerinin görüldüğü plevral kayma hareketinin kaybolduğu durumda mutlaka pnömotoraks açısından değerlendirilme yapılmalıdır.
- 3) **Akciğer konsolidasyonu ve/veya plevral effüzyon:** *Varlığı veya yokluğu değerlendirilir.* Toraks US'de anekoik alanlar ve dörtgen (quad) işareti görülmesi, bu alanın da M-mod US ile değerlendirilmesi ile sinüsoid işareti saptanması plevral efüzyonu gösterir. Sonografik incelemede doku benzeri bulgusu ve paçavra bulgusu ise akciğer konsolidasyonunu gösterir[42].

BLUE protokolünde doğru tanıya ulaşabilmek için bazı profiller oluşturulmuştur (Şekil-15). Hastalar supin ya da yarı oturur pozisyonda toraks ön duvarından yapılan inceleme ile değerlendirilirken görülen profiller[10], [37]:

A profili: Her iki hemitoraksta akciğer kayma bulgusu vardır ve bilateral A çizgileri saptanır. PTE, pnömoni ve KOAH/astım tanılı hastalarda görülen profildir. A profili saptandığında femoral venlere bakılarak venöz inceleme yapılmalıdır. Venöz tromboz saptanırsa PTE tanısı konulur. Venöz tromboz görülmezse PLAPS'a bakılır. PLAPS bulgusu varlığında pnömoni, yoksa KOAH/astım tanıları koyulur.

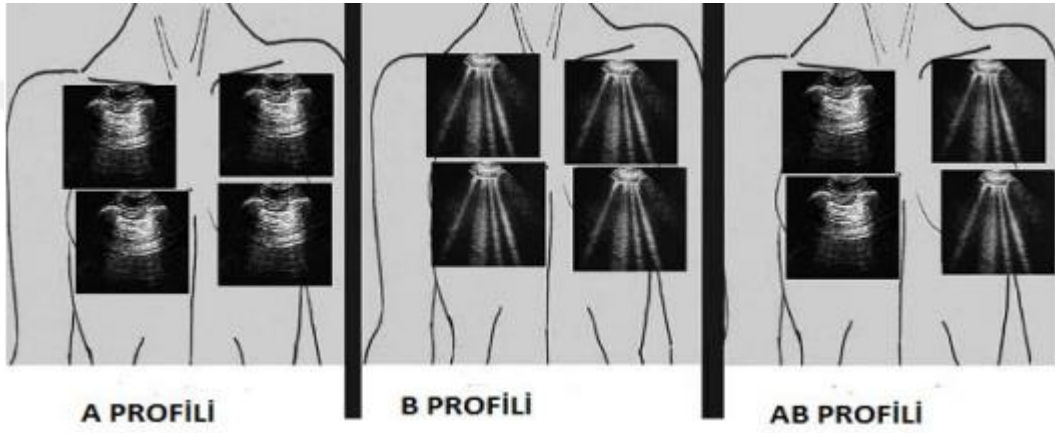
A' profili: Akciğer kayma bulgusu bulunmaz ve bilateral A çizgileri saptanır. Bu durumda akciğer noktasının varlığı değerlendirilir. Akciğer noktası saptanması tanıyı pnömotoraksa yönlendirir.

B profili: Her iki hemitoraksta akciğer kayma bulgusunun bulunması ve bilateral B çizgilerinin saptanmasıdır. Bu profilde tanı pulmoner ödem ile uyumludur.

B' profili: Akciğer kayma bulgusunun olmaması ve bilateral B çizgilerinin bulunmasıdır. Pnömoni tanısını düşündürür.

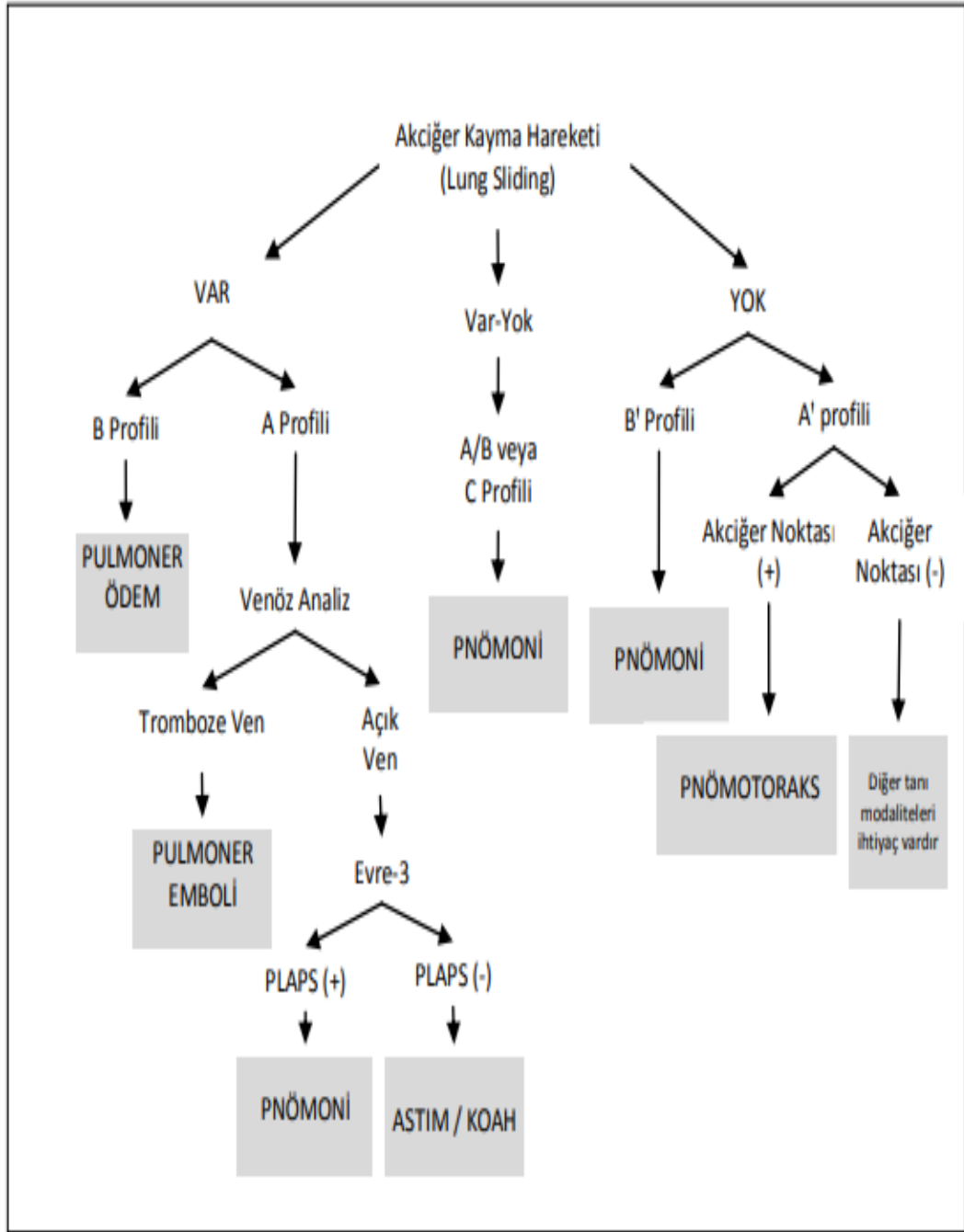
A/B profili: Akciğer kayma hareketine bakılmaksızın tek hemitoraksta A çizgileri bulunurken karşı hemitoraksta B çizgilerinin saptanmasıdır. Pnömoni tanısını desteklemektedir.

C profili: Akciğer kayma hareketine bakılmaksızın toraks ön yüz incelenmesinde konsolidasyonun görülmesidir. C profili pnömoniyi düşündürür.



Şekil-15: BLUE protokolü ultrasonografi profilleri[10]

BLUE protokol uygulanırken, ilk basamak akciğer kayma bulgusunun değerlendirilmesidir. Akciğer kayma hareketi varlığında pnömotoraks dışlanır. Sonraki adım toraks ön yüzünde B çizgilerinin değerlendirilmesidir. B profili akciğer ödemi destekler. Eğer A profili saptanırsa femoral venlere venöz inceleme yapılır. Venöz tromboz varlığında PTE tanısı düşünülür. Eğer venöz tromboz yoksa PLAPS'a bakılır. PLAPS bulgusu varsa pnömoni, yoksa astım ya da KOAH tanısı konulur. Plevral kayma hareketinin varlığına bakılmaksızın bir tarafta A çizgileri, diğer tarafta B çizgileri saptanması (A/B profili) veya toraks ön yüzünde C profili saptanması halinde pnömoni olarak değerlendirilmelidir. Plevral kayma hareketi olmaması halinde A çizgileri varsa akciğer noktası değerlendirilir. Varlığı pnömotoraksı düşündürür. Akciğer noktası görülmezse ileri tanısal tetkiklerin yapılması önerilir. Plevral kayma hareketi yokken B çizgileri görülüyorsa B' profil olarak adlandırılır. Bu durum da pnömoni olarak değerlendirilir (Şekil-16)[10].



Şekil-16: BLUE Protokolü Tanı Algoritması[10]

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Hasta Populasyonu

Çalışmamız tek merkezli, hastane tabanlı bir prospektif çalışmadır. Uluslararası Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak planlanan ve Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Uluslararası Tıp Fakültesi Dekanlığı 20.02.2023 tarih ve 215559 evrak sayılı lokal etik kurul onayı alınan çalışmamıza, Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Servisi'ne Aralık 2022-Aralık 2023 tarihleri arasında tip 1 solunum yetmezliği ile yatışı yapılan, yatış esnasında $PaO_2 < 60$ mmHg görülen 101 hasta alınmıştır. Hastalara takiplerinin ilk 24 saati içinde toraks US ile BLUE protokolü uygulanmıştır. Çalışmaya dahil edilme ve hariç tutma kriterleri Tablo-7 ve Tablo-8'de gösterilmektedir.

Tablo-7: Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- 1- 18 yaş ve üzerindeki Göğüs Hastalıkları Kliniğine yatan, Tip-1 solunum yetmezliği olan ($PaO_2 < 60$ mmHg) hastalar
- 2- Çalışma hakkında bilgilendirilen ve çalışmaya katılmayı kabul eden hastalar

Tablo-8: Çalışmada hariç tutma kriterleri

- 1- Gebe olan hastalar
- 2- Eşlik eden akciğer kanseri tanısı olan hastalar
- 3- Birden fazla servis yatışı olan hastaların ikinci ve diğer yatışları
- 4- Yatışının ilk 24 saati içinde yoğun bakıma devredilen, exitus olan hastalar
- 5- Çalışma hakkında bilgilendirilen ancak katılmayı kabul etmeyen hastalar

Çalışmaya dahil edilen hastalara çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verildi ve yazılı onamları alındı. Onam veremeyecek durumda olan hastaların birinci derece yakınlarından yazılı onam alındı. Torasik ultrasonografik muayeneler; toraks US konusunda deneyimli, hastaların klinik veri ve tanılarına ait bilgisi olmayan tek bir göğüs hastalıkları uzmanı tarafından yapıldı. Ultrasonografik değerlendirme, GE Logic 7 (Germany) cihazı ile konveks prob kullanılarak yapıldı.

3.2. Ultrasonografi Uygulaması ve Kesin Tanı Yöntemleri

Çalışmaya alınan hastaların ultrasonografik incelemeleri, hastanın göğüs hastalıkları servisine yatışının ilk 24 saati içinde yapıldı. Ultrasonografik değerlendirme yarı oturur pozisyonda gerçekleştirildi. Hastaların klinik veri ve tanılarına ait bilgisi olmayan tek bir göğüs hastalıkları hekimi tarafından toraks US yapılarak BLUE protokolü uygulandı. BLUE protokol algoritmasına göre saptanan bulgular tez çalışma formuna kaydedildi. Elde edilen bulgular BLUE protokolüne göre değerlendirilerek yapılan ayırıcı tanıları kayıt altına alındı. Ultrasonografik tanı değerlendirmesi yapıldıktan sonra hastaların yaş, cinsiyet, ek hastalıkları ve semptomları sorgulandı. Ateş, nabız, tansiyon arteriyel, satürasyon, dakika solunum sayısı olmak üzere vital bulguları kaydedildi. Fizik muayeneleri yapıldı. Hastaların yatışları esnasında oda havasında alınan arter kan gazları kaydedildi. Hastaların son klinik tanıları serviste yatışları sırasında konulan tanıları olarak kaydedildi. Hastaların tümüne akciğer grafisi ve kontrastsız toraks BT çekildi. Görüntülemelerde saptanan bulgular kaydedildi. Hastaların kesin tanısına yardımcı olan tetkikler hastane bilgi işlem sisteminden sorgulanarak kaydedildi. Pnömoni tanısı almış hastaların CRP, prokalsitonin, üre, lökosit, konfüzyon öyküsü; pulmoner ödem tanısı alan hastaların EKO ve pro-BNP değerleri; PTE tanısı olan hastaların bacakları arasındaki çap farkı, D-Dimer değeri, pulmoner BTA değerlendirmesi; astım/KOAH tanılı hastaların solunum fonksiyon testleri kaydedildi.

3.3. İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı, 23.0 versiyonu (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) kullanılarak yapıldı. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş ortalaması, cinsiyeti, eşlik eden ek hastalıkları, solunumsal semptomları, fizik muayene bulguları, biyokimyasal parametreleri (CRP, prokalsitonin, üre vb.), görüntüleme yöntemleri (akciğer grafisi, ekokardiyografi, toraks BT vb.) tanımlayıcı istatistiksel yöntemler ile değerlendirildi. Kategorik değişkenler için frekans ve yüzde istatistikleri kullanıldı. Uyumluluk analizleri Fisher's Exact Testi ile yapıldı. İki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için kontejans katsayısı (C) kullanıldı. Genel doğruluk değerleri (GD), duyarlılık, özgüllük, pozitif prediktif değerler ve negatif prediktif değerler kontejans tablosu üzerinden hesaplandı. Tüm analizlerde p-değerinin <0.05 altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1 Hastaların Demografik Verileri

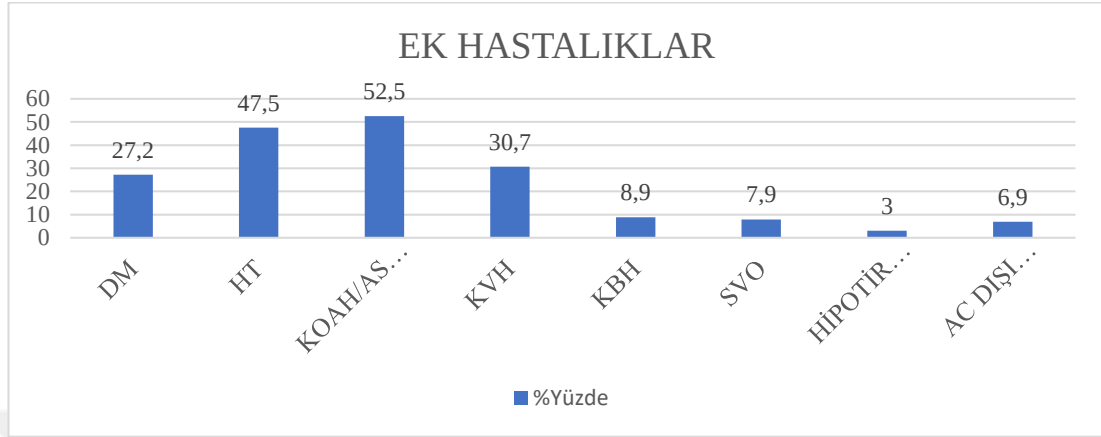
Çalışmaya, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Göğüs Hastalıkları Kliniği'nde, Aralık 2022 ve Aralık 2023 tarihleri arasında, tip1 solunum yetmezliği tanısı ile yatan 101 hasta prospektif olarak dahil edildi.

Hastaların 48 (%47,5)'i kadın, erkek 53 (%52,5)'ü ise erkek; yaş ortalamaların $71,8 \pm 10,5$ (min:45; maks:90) yıl idi. Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların vital bulguları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo-10: Çalışmaya dahil edilen hastaların vital bulguları

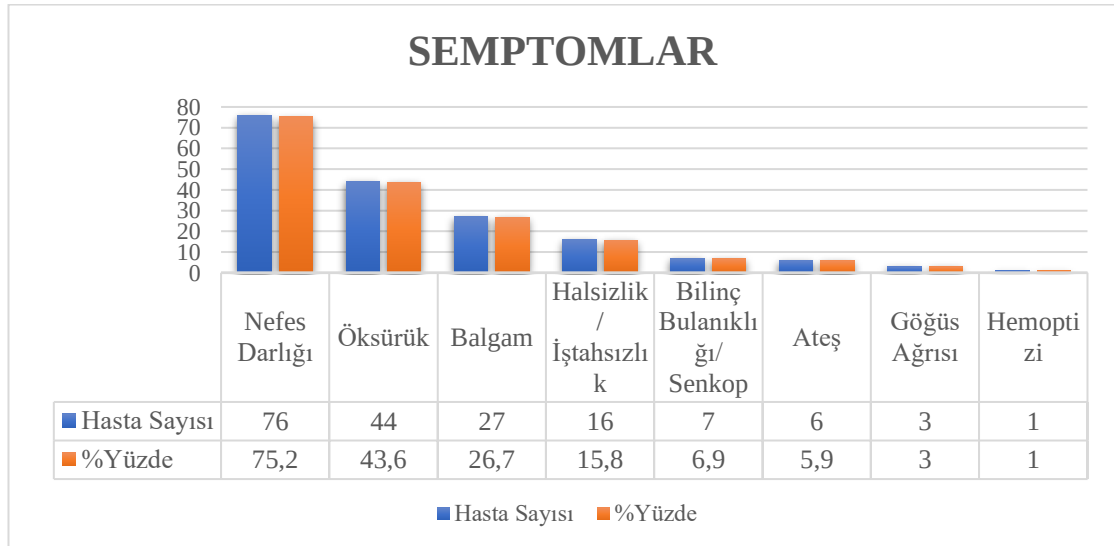
Vital Bulgular	Ortalama	± Standart sapma
Ateş (°C)	36,6	0,46
Nabız (atım/dk)	91,4	18,5
Sistolik Kan Basıncı (mmHg)	117,3	20,8
Diastolik Kan Basıncı (mmHg)	72,2	9,5
Satürasyon (%)	84,1	3,09
Dakika Solunum Sayısı	23,1	4,4

Hastaların %91'inin komorbiditesi mevcuttu. Bunlar arasında en sık görülen kronik ek hastalıkların KOAH/astım (%52,5), hipertansiyon (%47,5) ve kardiyovasküler hastalık (%30,7) olduğu saptandı (Şekil-17).



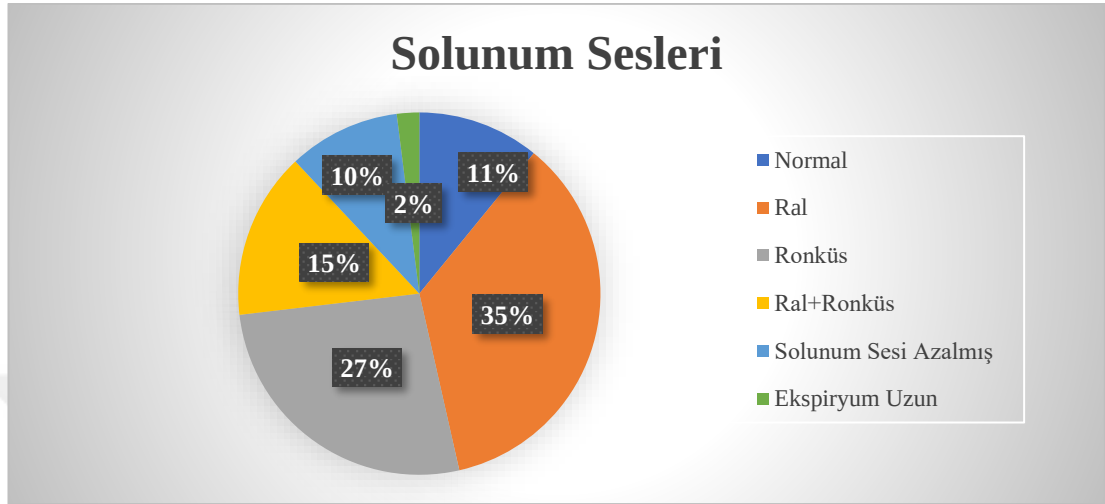
Şekil-17: Çalışmaya dahil edilen hastaların kronik ek hastalıkları (**DM:** Diyabetes Mellitus, **HT:** Hipertansiyon, **KOAH:** Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, **KVVH:** Kardiyovasküler Hastalık, **KBH:** Kronik Böbrek Hastalığı, **SVO:** Serebrovasküler Hastalık, **AC Dışı Malignite:** Akciğer Dışı Malignite)

Hastaların hastane başvurularına sebep olan semptomları sorgulandı. Hastalar içinde nefes darlığı şikayeti olan 76(%75,2), öksürük şikayeti olan 44(%43,6) ve balgam şikayeti olan 27(%26,7) kişi mevcuttu. Hastaların semptomlarına ait bilgiler Şekil-18'de gösterilmiştir.



Şekil-18: Çalışmaya dahil edilen hastaların semptomları

Hastaların fizik muayenelerinde oskültasyon ile 36(%35.6)’sında ral, 27(%26.7)’sinde ronküs duyuldu. Solunum sesleri normal işitilen 11(%10.9) hasta mevcuttu. Hastaların solunum seslerine ait grafik şekil-19’de gösterilmiştir.



Şekil-19: Çalışmaya dahil edilen hastaların solunum sesleri

4.2 Hastaların Akciğer Grafisi ve Toraks BT Bulguları

Tüm hastalar akciğer grafisi ve toraks BT ile değerlendirildi. Hastaların akciğer grafisilerinde en sık görülen patolojik bulgular 54(%53,5) hastada infiltrasyon, 34(%33,7) hastada hiler belirginlik, 29(%28,7) hastada kardiyotorasik indekste artış olmak üzere tüm bulgular tablo-11’de belirtilmiştir.

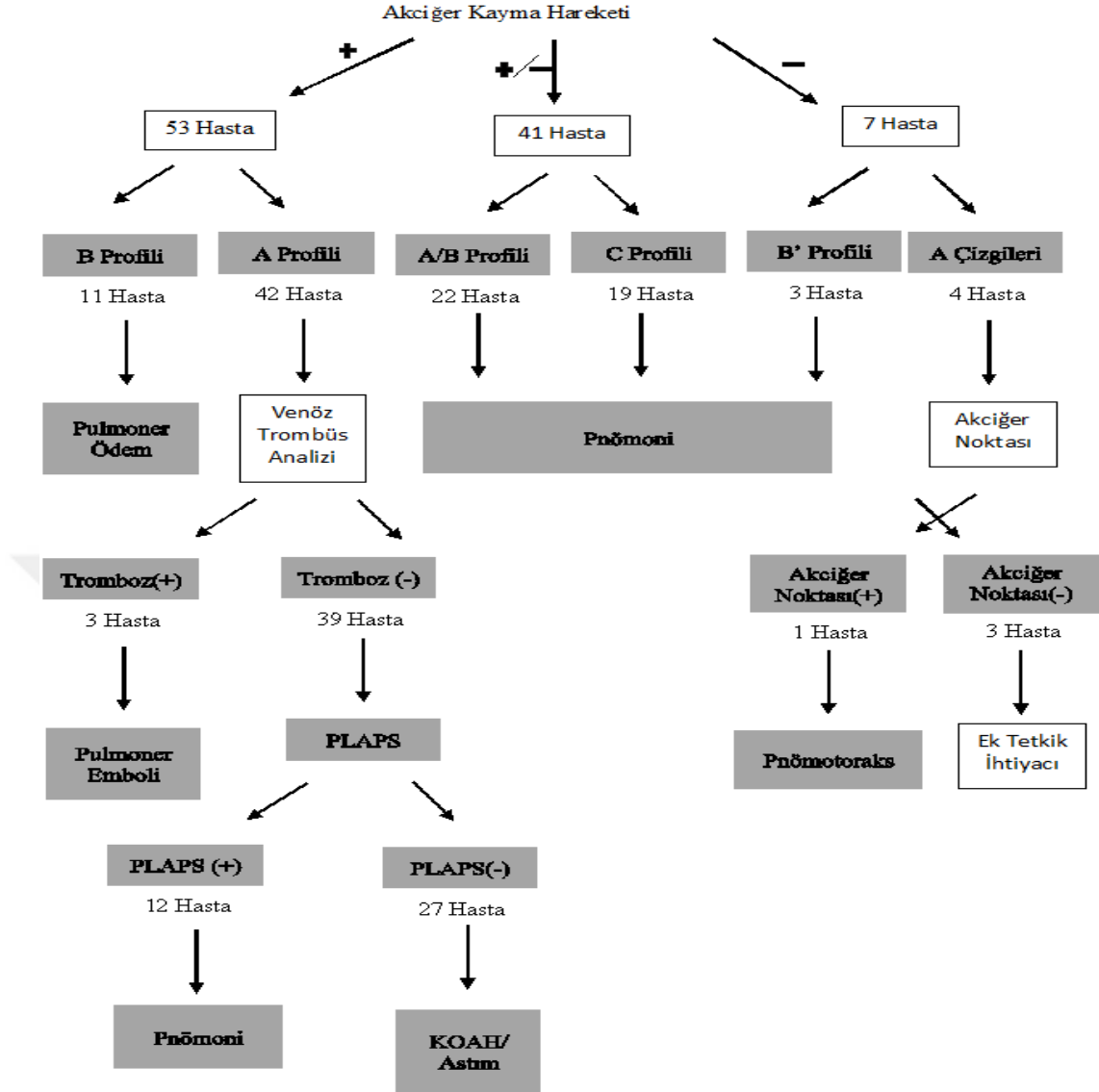
Tablo-11: Akciğer grafisi bulguları	Sayı (n)	Yüzde (%)
İnfiltrasyon	54	53,5
Hiler belirginlik	34	33,7
Kardiyotorasik indekste artış	29	28,7
Havalanma artışı	27	26,7
Sinüs künt/demasyon hattı	25	24,8
Tek taraflı diyafram elevasyonu	24	23,8
Fibröz bant	12	11,9
Normal	12	11,9
Kelebek tarzı opasite	6	5,9
Pnömotoraks	1	1

Hastalara çekilen toraks BT'lerin 56(%55,4)'sında infiltrasyon, 20(%19,8)'sinde, 18(%17,8)'inde atelektazi izlenmiş olup tüm hastalara ait toraks BT bulguları tablo-12'de belirtilmiştir.

Tablo-12: Toraks BT bulguları	Sayı (n)	Yüzde (%)
İnfiltrasyon	56	55,4
Plevral efüzyon	31	30,7
Amfizem	20	19,8
Atelektazi	18	17,8
Kardiyomegali	18	17,8
Normal	15	14,9
İnterlobarseptal kalınlaşma	9	8,9
Diffüz interstisyel patern	2	2
Pnömotoraks	1	1

4.3 Hastaların BLUE Protokolüne Göre US Bulguları

Toraks US ile BLUE protokolü uygulanan 101 hastadan 53(%52,5) hastada akciğer kayma hareketi varken, 7(%6,9) hastada akciğer kayma hareketi saptanmadı. Kayma hareketi saptanan 11(%10,9) hastada B profili, 42(%41,6) hastada A profili görüldü. Bu hastaların 3(%3)'ünde tromboze ven saptandı. Trombüs saptanmayan 39(%38,6) hastada PLAPS değerlendirmesi yapıldı. PLAPS bulgusu olan hasta sayısı 12(%11,9), olmayan hasta sayısı 27(%26,7) olarak değerlendirildi. A/B profili görülen 22(%21,8) hasta, C profili görülen 19(%18,8) hasta saptandı. Akciğer kayma hareketi olmayan hastalar içinde B profili görülen (B'profili) 3(%3) kişi, A çizgileri ve akciğer noktası olan 1(%1) kişi mevcuttu. 3(%3) hastaya BLUE protokolü ile tanı konulamamış olup ek tetkik ihtiyacı mevcuttu (Şekil-21).



Şekil-21: BLUE Protokolüne Göre Hasta Dağılımı

Çalışmamızda Göğüs Hastalıkları Kliniğine yatırılıp yapılmış olan 101 hastadan 10(%9.9)'una pulmoner ödem tanısı konuldu. Yapılan tetkikler sonucunda pulmoner emboli tanısı alan 4(%4), pnömoni tanısı alan 54(%53,5), KOAH/astım tanısı alan 29(%28,7) hasta ve pnömotoraks tanısı alan 1(%1) hasta tespit edilmiştir. 2(%2) hasta interstisyel akciğer hastalığı alevlenmesi ile takip edilmiş, 1(%1) kişi ise plevral ve perikardiyal efüzyon tanısı ile takip edilmiştir.

BLUE protokolü tanı sonuçları ile klinik tanı sonuçları arasındaki uyum değerlendirildiğinde, kontenjans katsayısı (C) 0,886 olarak hesaplanmış olup, BLUE protokolü ile klinik tanı sonuçları arasında yüksek derecede bir ilişki olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Klinik Tanı ile BLUE Protokolü Tanılarının uyumluluk ilişkisi Tablo-13'te sunulmuştur.

BLUE protokolü ile konulan tanıların klinik tanı ile karşılaştırıldığında genel doğruluk değerinin (GD)=0,881 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo-13: Klinik Tanı ile BLUE Protokolü Tanılarına Ait Çapraz Tablo

	KLİNİK TANI							Total
	PULMONER ÖDEM	PULMONER EMBOLİ	PNÖMONİ	KOAH/ASTİM	PNÖMOTORAKS	İAH ALEVLENME	PLEVRAL VE PERİKARDİYAL EFFÜZYON	
PULMONER ÖDEM	8	0	1	0	0	2	0	11
PULMONER EMBOLİ	0	3	0	0	0	0	0	3
PNÖMONİ (PLAPS+ A PROFİLİ)	0	0	11	1	0	0	0	12
KOAH/ ASTİM (PLAPS- A PROFİLİ)	0	0	2	25	0	0	0	27
PNÖMONİ (A/B PROFİLİ)	0	1	20	1	0	0	0	22
PNÖMONİ (C PROFİLİ)	0	0	17	2	0	0	0	19
PNÖMONİ (B' PROFİLİ)	0	0	3	0	0	0	0	3
PNÖMOTORAKS	0	0	0	0	1	0	0	1
EK TETKİK İHTİYACI	2	0	0	0	0	0	1	3
Total	10	4	54	29	1	2	1	101

İAH: İnterstisyel Akciğer Hastalığı KOAH: Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı

4.4 Hastaların US Bulguları ile Klinik Tanılarının Karşılaştırılması

4.4.1. Pulmoner Ödem

Çalışmamıza dahil edilen, klinik tanısı pulmoner ödem olan 10 hasta mevcuttu. Hastaların BLUE protokolü ile aldığı tanılarına bakılacak olursa, 8 hasta (%80) pulmoner ödem tanısı alırken 2(%20) hastada ise BLUE protokolüne göre ek tetkik ihtiyacı mevcuttu. BLUE protokolüne göre pulmoner ödem tanısı alan 11 hastanın klinik tanı esnasında da 8'inde pulmoner ödem tanısı konulmuştur. 1 hastada pnömoni saptanmış olup hastanın akciğer grafisinde kardiyotorasik indeks

artmış, Toraks BT'sinde infiltrasyon görülmüştür. 2 hastada intersitisyel akciğer hastalığı alevlenmesi saptanmıştır. Hastalardan birinin akciğer grafisi normal olarak değerlendirilmiş, toraks BT'sinde intersitisyel akciğer hastalığı ile uyumlu bulgular ve buzlu cam alanları görülmüştür. Diğer hastanın ise akciğer grafisinde tek taraflı diyafram elevasyonu ve hiler belirginleşme saptanırken toraks BT'sinde diğer hasta ile benzer şekilde intersitisyel akciğer hastalığı ile uyumlu bulgular ve buzlu cam alanları görülmüştür.

Çalışmamızda BLUE protokolünün pulmoner ödem tanısındaki duyarlılığı %80, özgüllüğü %96, pozitif prediktif değeri %72, negatif prediktif değeri %97 olarak değerlendirilmiştir (Tablo-14). BLUE protokolünün pulmoner ödem tanısındaki GD=0,95 olarak hesaplanmıştır.

Tablo-14: BLUE Protokolüne Göre Pulmoner Ödem Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

	Klinik tanı pulmoner ödem olan hasta sayısı (n)	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı (n)	Total(n)
BLUE protokolü ile pulmoner ödem tanısı alan hasta sayısı (n)	8	3	11
BLUE protokolü ile diğer tanıları alan hasta sayısı (n)	2	88	90
Total(n)	10	91	101

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)
Pulmoner ödem	80	96	72	97

PPD: Pozitif Prediktif Değer/ NPD:Negatif Prediktif Değer

4.4.2. Pulmoner Emboli

Çalışmamızda klinik tanısı PTE olan 4 hastanın BLUE protokolü ile yapılan US değerlendirmesinde 3 hasta (%75) pulmoner emboli tanısı alırken 1 hastada (%25) A/B profili saptanmış ve hasta pnömoni grubunda değerlendirilmiştir. Bu hastanın akciğer grafisinde sinüsler künt ve hilus belirgin izlenmiştir. Toraks BT'sinde tek taraflı plevral effüzyon ve infiltrasyon alanları izlenmiştir. Bu alanların PTE'ye bağlı enfarkt alanları olabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızda BLUE protokolünün pulmoner emboli tanısına yönelik duyarlılığı %75, özgüllük %100, pozitif prediktif değeri %100, negatif prediktif değeri %98 olarak saptanmıştır (Tablo-15). BLUE protokolü ile pulmoner emboli tanısının GD=0,99 olarak hesaplanmıştır.

Tablo-15: BLUE Protokolüne Göre Pulmoner Emboli Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

	Klinik tanı pulmoner emboli Olan hasta sayısı (n)	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı (n)	Total (n)
BLUE protokolü ile pulmoner emboli tanısı alan hasta sayısı (n)	3	0	3
BLUE protokolü ile diğer tanıları alan hasta sayısı (n)	1	97	98
Total (n)	4	97	101

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)
Pulmoner emboli	75	100	100	98

PPD: Pozitif Prediktif Değer/ NPD:Negatif Prediktif Değer

4.4.3. Pnömoni

Çalışmamıza dahil edilen hastalarda klinik tanısı pnömoni olan 54(%53,4) hasta mevcuttu. BLUE protokolü ile tanı esnasında 1(%1,9) hasta pulmoner ödem, 2(%3,7) hasta KOAH/astım tanısı alırken 51(%94,4) hasta BLUE protokolü ile de pnömoni tanısı almıştır. BLUE protokolünün pnömoni tanısını değerlendirmede duyarlılığı %94, özgüllüğü %89, pozitif prediktif değeri %91, negatif prediktif değeri %93 olarak saptanmıştır (Tablo-16). BLUE protokolünün pnömoni tanısında GD=0,92 olarak bulunmuştur.

Tablo-16: BLUE Protokolüne Göre Pnömoni Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

	Klinik tanı pnömoni Olan hasta sayısı (n)	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı (n)	Total(n)
BLUE protokolü ile pnömoni tanısı alan hasta sayısı (n)	51	5	56
BLUE protokolü ile diğer tanıları alan hasta sayısı (n)	3	42	45
Total (n)	54	47	101

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)
Pnömoni	94	89	91	93

PPD: Pozitif Prediktif Değer/ NPD:Negatif Prediktif Değer

Pnömoni tanısı alan bu hastaların ultrasonografik değerlendirilmesine bakıldığında; 11(%10,8) hastada PLAPS (+) A profili, 20(%19,8) hastada A/B profili, 17(%16,8) hastada C profili, 3(%2,9) hastada B' profili saptanmıştır (Tablo-17). BLUE protokolü ile PLAPS (+) A profili görülen ancak klinik tanısı pnömoni olmayan 1 hasta mevcuttu. Bu hastanın akciğer grafisinde tek taraflı diyafram elevasyonu ve sinüs küntlüğü, infiltrasyon ve hiluslarda belirginleşme görüldü. Toraks BT'de ise plevral effüzyon ve infiltrasyon mevcuttu. BLUE protokolü ile A/B profili görülen ancak klinik tanısı pnömoni olmayan 2 hastadan birinde akciğer grafisinde

havalanma artışı, toraks BT’de amfizem görüldü. Diğer hastada akciğer grafisinde sinüsler künt ve hilus belirgin izlenirken, toraks BT’de plevral effüzyon ve infiltrasyon saptanmıştır. BLUE protokolü ile C profili görülen ancak klinik tanısı pnömoni olmayan 2 hastadan birinde akciğer grafisi normalken toraks BT’de plevral effüzyon, diğer hastada akciğer grafisinde havalanma artışı bulguları, kardiyotorasik indekste artış izlenirken, toraks BT’de amfizem, plevral effüzyon ve kardiyomegali saptandı.

Tablo-17: Pnömoni Tanısı Alan Hastaların BLUE Protokolüne Göre Ultrasonografik Dağılımları

	Klinik tanı pnömoni Olan hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	Total (n(%))
BLUE protokolü ile PLAPS (+) A profili/pnömoni tanılı hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	11(%10,8)	1(%0,9)	12(%11,8)
BLUE protokolü ile A/B profili /pnömoni tanılı hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	20(%19,8)	2(%1,9)	22(%21,7)
BLUE protokolü ile C profili /pnömoni tanılı hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	17(%16,8)	2(%1,9)	19(%18,8)
BLUE protokolü ile B’ profili /pnömoni tanılı hasta sayısı ve yüzdesi (n (%))	3(%2,9)	0(%0)	3(%2,9)
Total (n(%))	51(%50,4)	5(%4,9)	56(%55,4)

4.4.4. Pnömotoraks

Çalışmamıza katılan 101 hastada klinik tanısı pnömotoraks olan 1(%1) hasta mevcuttu. Bu hastanın BLUE protokolü tanısı ile klinik tanısının uyumlu olduğu saptanmıştır. Hastanın akciğer grafisinde ve toraks BT'sinde pnömotoraks ile uyumlu bulgular görülmüştür. BLUE protokolünün pnömotoraks tanısını değerlendirmede duyarlılığı %100, özgüllüğü %100, pozitif prediktif değeri %100, negatif prediktif değeri %100 olarak saptanmıştır (Tablo-18). BLUE protokolünün pnömotoraks tanısında GD=1 olarak bulunmuştur.

Tablo-18: BLUE Protokolüne Göre Pnömotoraks Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

	Klinik tanı pnömotoraks olan hasta sayısı (n)	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı (n)	Total (n)
Blue protokolü ile pnömotoraks tanısı alan hasta sayısı (n)	1	0	1
Blue protokolü ile diğer tanıları alan hasta sayısı (n)	0	100	100
Total (n)	1	100	101

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)
Pnömotoraks	100	100	100	100

PPD: Pozitif Prediktif Değer/ NPD:Negatif Prediktif Değer

4.4.5. KOAH /Astım

Çalışmamıza katılan klinik tanısı KOAH/astım olan 29 hastanın BLUE protokolü ile yapılan US değerlendirmesinde 25 hasta (%86) KOAH/astım tanısı alırken 1(%3) hastada PLAPS (+) A profili, 1(%3) hastada A/B profili, 2(%6) hastada C profili saptanmış ve bu hastalar pnömoni grubunda değerlendirilmiştir. PLAPS (+) A profili saptanan hastanın akciğer grafisinde tek taraflı diyafram elevasyonu ve infiltrasyon, toraks BT'sinde ise infiltrasyon görülmüştür. US

değerlendirme ile A/B profili saptanan hastanın akciğer grafisinde havalanma artışı bulguları ve toraks BT'sinde amfizem görülmüştür. US ile C profili saptanan hastalardan birinin akciğer grafisi normal olarak değerlendirilirken toraks BT'sinde plevral effüzyon görüldü. Diğer hastanın ise akciğer grafisinde infiltrasyon, havalanma artışı bulguları ve kalp tepe indeksinde artış mevcuttu, toraks BT'de ise infiltrasyon saptanmadı, amfizematöz değişiklikler ve kardiyomegali görüldü.

BLUE protokolü ile KOAH/astım olarak değerlendirilen ancak klinik tanısı pnömoni olan 2(%6) hasta saptandı. Bu hastalardan birinin akciğer grafisinde havalanma artışı görülürken diğer hastada infiltrasyon saptandı, her iki hastanın toraks BT'sinde infiltrasyon görülmesi ile pnömoni tanısı konuldu.

Çalışmamızda BLUE protokolünün KOAH/astım tanısını değerlendirmede duyarlılığı %86, özgüllüğü %97, pozitif prediktif değeri %92, negatif prediktif değeri %94 olarak saptanmıştır (Tablo-19). BLUE protokolünün KOAH/astım tanısında GD=0,94 olarak bulunmuştur.

Tablo-19: BLUE Protokolüne Göre KOAH/Astım Tanısı Alan Hastaların Tanısal Yeterliliği

	Klinik tanı KOAH/astım olan hasta sayısı (n)	Diğer klinik tanıları alan hasta sayısı (n)	Total (n)
BLUE protokolü ile KOAH/astım tanısı alan hasta sayısı (n)	25	2	27
BLUE protokolü ile diğer tanıları alan hasta sayısı (n)	4	70	74
Total (n)	29	72	101

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)
KOAH/astım	86	97	92	94

PPD: Pozitif Prediktif Değer/ NPD:Negatif Prediktif Değer

4.4.6. BLUE Protokolü ile Ek Tetkik İhtiyacı Olan Hastalar

BLUE protokolüne göre 3(%2,9) hastaya tanı konulamamış olup ek tetkik ihtiyacı mevcuttu. Hastaların 2(%1,9)'sinde klinik tanının pulmoner ödem, 1(%0,9) hastada da maligniteye bağlı plevral ve perikardiyal efüzyon olduğu saptandı.

Klinik tanısı pulmoner ödem kabul edilen hastalardan birinin akciğer grafisinde infiltrasyon, hiler belirginlik artışı, sinüs küntlüğü, toraks BT'sinde plevral efüzyon ve kardiyomegali, diğer hastanın akciğer grafisinde sinüs küntlüğü, hiler belirginlik artışı ve kardiyotorasik indekste artış, toraks BT'sinde plevral efüzyon ve atelektazi görüldü. Maligniteye bağlı plevral ve perikardiyal efüzyon saptanan hastanın akciğer grafisinde sinüsler künt ve kalp tepe indeksi artmış görüldü, toraks BT'de plevral ve perikardiyal efüzyon, kardiyomegali saptandı. Bu 3 hastaya da torasentez yapılarak kesin tanıya gidildi.

Çalışmamızda, BLUE protokolünün pulmoner ödem, pulmoner emboli, pnömotoraks ve KOAH/astım tanısındaki duyarlılık, özgüllük, pozitif prediktif değer ve negatif prediktif değer bulguları Tablo-20'de sunulmuştur.

Tablo-20: BLUE protokolü ile yapılan ayırıcı tanıların yeterliliği

TANI	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	Pozitif Prediktif Değer (%)	Negatif Prediktif Değer (%)
Pulmoner ödem	80	96	72	97
Pulmoner emboli	75	100	100	98
Pnömoni	94	89	91	93
Pnömotoraks	100	100	100	100
KOAH/astım	86	97	92	94

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda göğüs hastalıkları kliniğinde solunum yetmezliği nedeniyle yatan hastalarda BLUE protokolü tanı sonuçlarıyla klinik tanı sonuçları değerlendirildiğinde yüksek derece uyumluluk ilişkisi olduğu saptanmıştır. Literatür incelendiğinde Lichtenstein ve arkadaşlarının yaptığı, akut solunum yetmezliği nedeniyle yoğun bakımda takip edilen hastaların toraks US sonuçları ile yoğun bakım doktorlarının son teşhisinin karşılaştırıldığı çalışmada tüm hastalar için toraks US'nin doğru teşhis koymada %90.5 başarı oranı elde ettiği sonucuna ulaşılmıştır[10]. Patel ve arkadaşlarının çalışmasında akut solunum yetmezliği ile acil serviste takip edilen hastalarda BLUE protokolü ile tanı başarısının %90.3 olduğu saptanmıştır[57]. Riviello ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada solunum sıkıntısı nedeniyle acil servise başvuran hastaların kabulünden sonra ilk 4 saat içinde yapılan yatak başı acil ultrasonografi ile hastaların %88'ine doğru tanı konulmuştur[58]. Ayrıca, Dexheimer ve arkadaşlarının bir yıl süresince akut solunum yetmezliği nedeniyle yoğun bakıma kabul edilen spontan solunumu olan 37 yetişkin hastayı incelediği çalışmada, BLUE protokolü ile konulan tanının hastaların %84'ünde nihai tanı ile iyi bir uyum gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. [59]. Bekgöz ve arkadaşlarının acil servise dispne ile başvuran hastalarda BLUE protokolünün doğru teşhis koyabilme başarısının değerlendirildiği çalışmasında bu oran %77,5 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada tespit edilen oranın düşüklüğü dispne patolojisine neden olan anksiyete, anstabil anjina gibi birçok akciğer dışı patolojinin acil servise başvuru sebebi olması ile ilişkilendirilmiştir[60]. Literatürdeki verilerle karşılaştırıldığında, çalışmamızda BLUE protokolü kullanılarak elde edilen %88.6 oranındaki doğru tanı başarısı, diğer çalışmalarla benzer başarı oranları gösterdiği için önemli bir bulgudur. Bu sonuç, BLUE protokolünün farklı klinik ortamlarda ve hasta gruplarında yüksek tanı doğruluğu sağladığını desteklemektedir. Özellikle, altta yatan pulmoner patoloji varlığında BLUE protokolü ile tanısal başarının yüksek oranlarda olduğu görülmektedir. Çalışmamızın sonuçları, BLUE protokolünün klinik uygulamada etkili bir tanı aracı olduğunu ve solunum yetmezliği olan hastalarda yüksek doğrulukla tanı koyma kapasitesini vurgulamaktadır. Bu bulgular, BLUE protokolünün özellikle pulmoner patolojilerin tespitinde ve yönetiminde değerli bir

yöntem olduğunu ayrıca benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla tutarlı olduğunu göstermektedir.

Xirouchaki ve arkadaşlarının yaptığı toraks BT'nin altın standart kabul edildiği, yatak başı akciğer grafisi ve US'nin karşılaştırıldığı çalışmada konsolidasyon için akciğer grafisinin duyarlılık, özgüllük ve tanısal doğruluğu sırasıyla %38, %89 ve %49; interstisyel sendrom için %46, %80 ve %58; pnömotoraks için %0, %99 ve %89; ve plevral efüzyon için %65, %81 ve %69 olarak bulunurken, toraks US ile değerlendirildiğinde bu değerler sırasıyla konsolidasyon için %100, %78 ve %95; interstisyel sendrom için %94, %93 ve %94; pnömotoraks için %75, %93 ve %92; ve plevral efüzyon için %100, %100 ve %100 olarak saptanmıştır[61]. Patel ve arkadaşlarının akut solunum yetmezliği olan hastalarda BLUE protokolünün tanısal değerinin araştırıldığı çalışmasında hastalıkların duyarlılık ve özgüllük oranları şu şekildedir: KOAH ve astım için %85.17, %88.88; pulmoner ödem için %92.30, %100; pnömoni için %94.11, %93.93; pulmoner emboli için %100, %100; pnömotoraks için %80, %100[57]. Bu sonuçlar göstermektedir ki US, torasik patolojilerin değerlendirilmesinde etkili bir tanısal yöntemdir[62].

Çalışmamızda BLUE protokolünün pulmoner ödem tanısındaki duyarlılığı %80, özgüllüğü %96 olarak saptanmıştır. Lichtenstein ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada diffüz B çizgilerinin görülmesinin pulmoner ödem tanısı koymada duyarlılığı %97, özgüllüğü ise %95 olarak tespit edilmiştir[10]. Artefaktların (A ve B çizgilerinin) yorumlanması, plevranın değerlendirilmesi ve konsolidasyon, plevral efüzyon gibi patolojilerin direkt görüntülenebilmesi akut solunum yetmezliğinin ayırıcı tanısını önemli ölçüde iyileştirmektedir[63]. B çizgisi artefaktları interstisyel bir patolojiden kaynaklanmaktadır, ancak sadece B çizgileri dikkate alındığında altta yatan nedeni ayırt etmek mümkün değildir. Genellikle pulmoner ödem ve konjestif kalp yetmezliği, akciğer kontüzyonları, pnömoni ve ARDS gibi durumlarda görülür. ARDS diffüz olduğunda, pulmoner ödem gibi görünebilir. Pulmoner ödem, pulmoner fibrozis, pnömoni veya ARDS'de bildirilmiş olmalarına rağmen, tek odaklı B çizgileri sağlıklı bireylerde de gözlemlenebilir[40]. Volpicelli ve arkadaşlarının

yaptığı bir çalışmada yatak başı akciğer US ile interstisyel sendrom değerlendirilmiştir. Bilateral B çizgilerinin saptanmasının pulmoner ödem tanısında duyarlılığı %85,7, özgüllüğü %97,7, pozitif prediktif değeri %93,0 ve negatif prediktif değeri ise %95,1 olarak bulunmuştur[64]. Oskültasyon, akciğer grafisi ve toraks US'nin ARDS tanısındaki tanısal değerinin araştırıldığı bir başka çalışmada oskültasyonun alveolar–interstisyel sendrom için tanısal doğruluğu %55, akciğer grafisinin %72, toraks US'nin %95'tir. Toraks US, oskültasyon ve göğüs grafisinin aksine, daha yüksek tanısal doğruluk oranına sahiptir[65]. Çalışmamızda BLUE protokolünün pulmoner ödem tanısındaki duyarlılığı %80, özgüllüğü %96 olarak saptanmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışmamızda elde edilen daha düşük duyarlılığın birkaç olası nedeni bulunmaktadır. İlk olarak, ultrason uygulamamız hastaların yatış anında değil, ilk 24 saat içinde yapılmıştır; bu sürede hastaların diüretik tedavi almış olmaları, akciğerlerdeki interstisyel sıvı birikimini etkileyerek ultrason görüntülerinde değişiklikler meydana getirmiş olabilir. Ayrıca, interstisyel hastalıkların dahil edilmesi, ultrason bulgularının benzerleşmesine ve dolayısıyla duyarlılığın azalmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca, masif plevral efüzyonların dışlanmaması da bir diğer etken olabilir. Çalışmamızda, toraks ultrasonu ile pulmoner ödem tanısı alan ancak klinik olarak diffüz interstisyel akciğer hastalığı alevlenmesi olan iki hasta ve ek tetkik ihtiyacı olan, yapılan torasentez sonucu sıvının transuda niteliğinde olduğu tespit edilen plevral efüzyonu olan iki hasta mevcuttu. Bu faktörler, literatürde bildirilen yüksek duyarlılık oranlarıyla karşılaştırıldığında, çalışmamızın bulgularını daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Pulmoner emboli, erken tanı ve tedavisi son derece önemli olan acil bir durumdur. Pulmoner emboli klinik şüphe, plazma D-dimer ölçümü ve pulmoner BTA gibi uygun bir tanı algoritması ile değerlendirilmelidir. Pulmoner BTA, klinik olarak pulmoner emboli şüphesi olan hastalarda kesin tanı yöntemi olarak kullanılmaktadır. Ancak özellikle böbrek yetmezliği, kontrast madde alerjisi olan hastalarda ve hamilelerde kullanımı kısıtlıdır. Bu nedenle, acil durumlarda bu kısıtlamaları aşmak için ultrasonografi iyi bir yöntem olabilir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar BLUE protokolünün pulmoner emboli tanısında yüksek bir özgüllük

gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmamızda BLUE protokolü ile elde edilen duyarlılık %75, özgüllük %100, pozitif prediktif değer %100 ve negatif prediktif değer %98 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, toraks US'nin pulmoner emboli tanısındaki yüksek özgüllüğünü desteklemektedir.

Literatürde, akciğer ultrasonografisinin pulmoner emboli tanısındaki duyarlılığı ve özgüllüğü üzerine yapılan çeşitli çalışmalar mevcut olup, bunlar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Squizzato ve arkadaşlarının meta-analizinde toraks US'nin pulmoner emboli tanısında duyarlılığı %87, özgüllüğü ise %81,8 olarak bildirilmiştir[66]. Cömert ve arkadaşları ise, klinik olarak şüphelenilen hastalarda toraks US'nin duyarlılığını %90, özgüllüğünü %60 olarak belirlemiştir. Pozitif prediktif değer ve negatif prediktif değerlerin bu çalışmada sırasıyla %77,1 ve %80 olduğu bildirilmiştir[67]. Bu çalışma, akciğer ultrasonografisinin PE tanısındaki yüksek duyarlılığına işaret etmektedir.

Diğer çalışmalar da benzer şekilde farklı sonuçlar sunmuştur. Karahalli ve arkadaşlarının çalışmasında ise BLUE protokolü kullanılarak uygulanan toraks US'nin pulmoner emboli tanısındaki duyarlılığı %67, özgüllüğü ise %99 olarak bulunmuştur[68]. Bu çalışmada, BLUE protokolü ile konulan tanının yüksek özgüllüğü öne çıkarken, duyarlılığı daha düşük bulunmuştur. Bir çalışmada toraks US için sensitivite, spesifisite sırasıyla %82, %90 olarak bulunmuştur[69]. Bu bulgu, akciğer ultrasonografisinin yalnız başına pulmoner emboli tanısında sınırlı bir duyarlılığa sahip olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda, BLUE protokolüne göre her iki hemitoraksta normal parankimal bulgular ve derin ven trombozu saptanması halinde pulmoner emboli tanısı düşünülmektedir. Ancak, büyük pulmoner emboliler veya sekonder infarkt alanları olduğunda, toraks US'de parankimal konsolidasyonlar ve B çizgileri gibi bulgular da görülebilir [70]. Bu durum, toraks US'nin pulmoner emboli tanısında sadece belirli bir bulgu kombinasyonu ile sınırlı kalmayabileceğini, aynı zamanda diğer bulguların da dikkate alınması gerektiğini vurgular. Pulmoner emboli hastalarının %79'unda derin venlerde trombus saptandığı belirtilmiştir [71]. Ancak,

derin ven trombozunun her zaman mevcut olmayabilir. Dolayısıyla, derin venlerde trombus saptanmasa bile, hastada pulmoner emboli olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum, derin ven trombozunun bulunmamasının, BLUE protokolü ile pulmoner emboli tanısını dışlamadığını ve bu tür hastaların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini gösterir. Önemli bir sınırlama, çalışmamızda alınan hasta sayısının nispeten düşük olmasıdır. Çalışmada yalnızca dört hastaya klinik olarak pulmoner emboli tanısı konulmuş ve bu hastalardan biri BLUE protokolü ile A/B profili görülmesi üzerine toraks US ile pnömoni tanısı almıştır. Bu sınırlamayı göz önünde bulundurarak, daha büyük hasta gruplarını içeren çalışmalar, toraks US'nin pulmoner emboli tanısındaki rolünü daha iyi anlamak için gereklidir.

BLUE protokolü ile toraks US'nin pulmoner emboli tanısındaki özgüllüğü yüksek bulunurken, duyarlılığı diğer çalışmalara göre daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu, toraks US'nin pulmoner emboli tanısında tek başına yeterli olmayabileceğini, ancak diğer tanısal yöntemlerle birlikte kullanıldığında klinik değerinin arttığını göstermektedir. Daha geniş çaplı ve çeşitli hasta gruplarını içeren çalışmalar, bu bulguların doğruluğunu ve genellenebilirliğini artırmak için gereklidir.

KOAH ve astım, normal bir akciğer yüzeyi görülmesi beklenen bronşiyal hastalıklardır[10]. Bu hastalıkların tanısında toraks US ve BLUE protokolü önemli araçlar olarak değerlendirilmektedir. Bizim çalışmamızda, toraks US'nin KOAH ve astım tanısındaki duyarlılığı %86 ve özgüllüğü %97 olarak bulunmuştur. Literatürde, BLUE protokolünün KOAH ve astımın tanısındaki doğruluğu üzerine yapılan birçok çalışma mevcuttur. Ghanem ve arkadaşlarının solunum yetmezliğine yol açan pulmoner hastalıkları BLUE protokolü ile değerlendirdikleri çalışmada, KOAH ve astım tanısında sırasıyla %86 duyarlılık ve %96 özgüllük değerleri elde edilmiştir. [69]. Lichtenstein ve Meziere de benzer şekilde duyarlılık %89 ve özgüllük %97 olarak rapor etmişlerdir[56]. Patel ve arkadaşlarının 50 hasta üzerinde uyguladığı benzer çalışmada PLAPS (-) A profilinin KOAH/astımı (n = 14) %85,1 duyarlılık ve %88,8 özgüllük ile gösterdiği tespit edilmiştir[57]. Bu sonuçlar, bizim çalışmamızın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. 25 çalışmanın dahil edildiği pnömoni, akut kalp yetmezliği ve KOAH/astımın acil tanısında toraks US'nin doğruluğunun

değerlendirildiği meta-analizde PLAPS (-) A-profilinin KOAH/astım alevlenmeleri için hassasiyeti %78 ve özgüllüğü %94 bulunmuştur[70]. Chaitra ve arkadaşlarının, akut solunum yetmezliği gelişen hastalar üzerinde BLUE protokolünün tanısal değerini araştırdıkları çalışmada KOAH/astımın tespiti ile ilgili olarak 17 vaka incelenmiştir ve bu vakalardan 13 hastada PLAPS (-) A profili olduğu ve bu profilin %76 hassasiyet ve %85 özgüllüğe sahip olduğu saptanmıştır. B-profilini yalnızca bir kişide mevcutken, PLAPS (+) olan 2 hasta saptanmıştır. BLUE protokolü, KOAH/astımın tespitinde toplamda %96,9 doğruluk sağlamıştır[71]. Bu bulgular, US'nin bu hastalıkların hızlı ve doğru bir şekilde teşhis edilmesinde etkili bir araç olduğunu, yüksek doğruluk oranları sağladığını ve klinik uygulamada değerli araçlar olduklarını göstermektedir. BLUE protokolü, solunum yetmezliği tanısı olan hastalarda pnömoni, pulmoner emboli, pulmoner ödem ve pnömotoraks gibi ayırıcı tanıları belirlemede etkili olabilir; ancak, bu hastalıkların aynı zamanda bir KOAH alevlenme nedeni olabileceği unutulmamalıdır [69].

Pnömotoraks gelişen hastalar hızlı kötüleşme ve acil tedavi gerekliliği olan hasta grubudur. Toraks US, pnömotoraks tespitinde duyarlı bulunmuştur çünkü göğüs ön duvarını değerlendirmede yüksek duyarlılığa sahiptir. Toraks US'de akciğer kayma hareketinin olmaması ve akciğer noktası tespit edilmesi pnömotoraks tanısını desteklemektedir. Çalışmamızda kayma hareketi olmayan 7 hastadan sadece 1 tanesinde akciğer noktası saptandı ve pnömotoraks tanısı konuldu. Geri kalan 3 hasta B' profili olması nedeniyle pnömoni tanısı aldı, 3 hastada akciğer noktası saptanmaması üzerine ek tetkik ihtiyacı doğdu. Toraks BT ile değerlendirilen bu 3 hastanın hiçbirinde pnömotoraks saptanmadı. Bu nedenle çalışmamızda pnömotoraksın ultrasonografi ile tespitinde duyarlılık %100, özgüllük %100 olarak değerlendirildi. Hastanemizde pnömotoraks tanılı hastaların göğüs cerrahisi kliniği tarafından takip ediliyor olması nedeniyle, servisimizde yatan pnömotoraks tanılı hasta sayısı sadece bir olarak kalmıştır. Ancak bu tek hastaya da BLUE protokolü ile doğru tanı konulabilmiştir. Blaivas ve arkadaşları, acil servise başvuran travma hastalarında pnömotoraksı tespit etmek için yatak başı US ile anteroposterior akciğer grafisinin duyarlılığını ve özgüllüğünü karşılaştırmayı amaçladıkları bir çalışma yapmışlardır. Çalışmaya toplamda 176 hastayı dahil etmişlerdir. Bu çalışmanın

sonucunda pnömotoraks, 53 (%30) hastada US ile ve 40 (%23) hastada akciğer grafisi ile tespit edilmiştir. Akciğer grafisinin duyarlılığı %75,5 ve özgüllüğü %100 iken US'nin duyarlılığı %98,1 ve özgüllüğü %99,2 bulunmuştur[72]. Wilkerson ve arkadaşlarının yayınladığı, künt travma sonrası pnömotoraks tanımlanmasında yatak başında ultrason (US) ve anteroposterior akciğer grafisinin duyarlılığının karşılaştırıldığı derlemede, anteroposterior akciğer grafisinin, pnömotoraksın tespitinde genellikle düşük duyarlılığa sahip olduğu görülmüştür. Bazı çalışmalarda duyarlılık %28 ile %75 arasında değişmiştir. Ancak, özgüllükleri tüm çalışmalarda %100 olarak bulunmuştur. Bu durum, grafilerin pnömotoraksı doğru bir şekilde tanımlama konusunda güvenilir olduğunu, ancak çoğu vakayı kaçırma riski taşıdığını göstermektedir. Buna karşılık, yatak başında yapılan US, pnömotoraksı tespit etmede yüksek duyarlılık göstermiştir ve duyarlılık oranları %86 ile %98 arasında değişmiştir. Özgüllüğü ise %97 ile %100 arasında bulunmuştur. Bu sonuçlar, ultrasonu pnömotoraksın hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesine olanak tanıyan etkili bir araç olduğunu göstermektedir[73]. Literatüre bakıldığında 2012 tarihli bir derlemede, pnömotoraks tanısı için ultrasonografi yapılan 1048 hastanın bulunduğu 8 çalışma ve göğüs radyografisi ile tanı konulan 864 hastanın bulunduğu 7 çalışma bir araya getirildi. Ultrasonografi, %90,9 duyarlılık, %98,2 özgüllük oranına sahipti. Göğüs radyografisi ise %50,2 duyarlılık, %99,4 özgüllük oranı gösterdi[74]. Sonuç olarak, akciğer grafisi pnömotoraksın belirlenmesinde sınırlı duyarlılığa sahipken, yatak başında US, yüksek duyarlılık ve özgüllük sunarak pnömotoraksın tespitinde daha güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır[73]. BLUE protokolünün pnömotoraks tespitinde 80% duyarlılık ve 100% özgüllük sağladığı Patel ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir[57]. Bekgöz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada pnömotoraks tanısı konulmasında BLUE protokolünün duyarlılığı %71,4, özgüllüğü ise %100 bulunmuştur[60]. Chaitra ve arkadaşlarının yoğun bakım ünitesinde gerçekleştirdiği çalışmada BLUE protokolü tanısı, yoğun bakıma girişte koyulan tanı ile tam bir uyum içindeydi. Pnömotoraks için %100 oranda bir tanı doğruluğuna sahipti[71]. Çalışmamızda pnömotoraks tanısı alan hasta sayısının sınırlı olması, hassasiyet ve özgüllük değerlerinin literatürle karşılaştırılmasında kısıtlamalara yol açmıştır. Ancak mevcut veriler ve literatür bulguları birlikte değerlendirildiğinde, ultrason pnömotoraks tespitinde yüksek duyarlılığa sahip bir araç olarak

görülmektedir. Bu bulgular, ultrasonun pnömotoraksın hızlı ve etkili bir şekilde tanınmasına katkıda bulunabileceğini desteklemektedir. Yine de, daha geniş hasta gruplarını kapsayan çalışmalar yapılması, BLUE protokolü ve ultrasonun ayırıcı tanıdaki etkinliğini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek açısından önemlidir.

Pnömoni, dünya çapında morbidite ve mortalite üzerinde önemli bir etkiye sahip olan önemli bir hastalıktır. Pnömoni tanısında temel görüntüleme yöntemi akciğer grafisidir, ancak radyasyon riski nedeniyle gebelerde kullanımı önerilmez. Yoğun bakım hastalarında ise posteroanterior ve lateral grafiler çekilirken zorluk yaşanabilir ve yorumlama kişiye bağlı olarak değişebilir. Pnömoni için altın standart görüntüleme yöntemi toraks BT'dir, fakat yüksek maliyeti ve röntgenden daha fazla radyasyon maruziyeti nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Xirouchaki ve arkadaşlarının yoğun bakım ünitesinde yaptığı çalışmada yatak başı akciğer US ve yatak başı akciğer grafisinin tanı koyma başarısı karşılaştırılmıştır, altın standart yöntem olarak toraks BT kullanılmıştır. Akciğer grafisinde konsolidasyon için duyarlılık, özgüllük sırasıyla, %39, %89; US protokolünde konsolidasyon için, %100, %78 olarak bulunmuştur[61]. Gülşen ve arkadaşlarının göğüs hastalıkları kliniğinde toplum kökenli pnömoni ile takip edilen hastalarda yaptığı çalışmada pnömoni tanısında US duyarlılığının %100 olduğu görülmekte iken akciğer grafisinin duyarlılığı ise %89,2 olarak tespit edilmiştir[75]. Long ve arkadaşlarının yetişkin hastalarda Toraks BT referans alınarak yaptıkları çalışmada, pnömoninin saptanmasında US'nin, akciğer grafisi ile kıyaslandığı meta-analiz çalışmasında %88 duyarlılık ile daha üstün olduğu gösterilmiştir[76]. Chavez ve arkadaşlarının yaptığı meta-analiz sonucunda akciğer ultrasonu ile pnömoni tanısı için duyarlılık ve özgüllük sırasıyla %94 ve %96 olarak tespit edilmiştir[77]. Acil serviste gerçekleştirilen pnömoni şüpheli hastalarda yatak başı akciğer ultrasonu ve taburculukta kesin tanı ile karşılaştırıldığı çalışmada ultrasonun duyarlılığı %98 ve özgüllüğü %95 bulunmuştur [9]. Omar ve arkadaşlarının çalışmasında BLUE protokolü pnömoni tanısında sırasıyla %91,4 ve %92,86 duyarlılık ve özgüllüğe sahiptir[78]. Lichtenstein ve arkadaşlarının çalışmasında, BLUE protokolünün pnömoni tanısındaki duyarlılığı %94, özgüllüğü %88 ve genel doğruluğu %95 olarak bulunmuştur.[42]. Çalışmamızda ise BLUE protokolünün pnömoni tanısını değerlendirmede duyarlılığı %94, özgüllüğü %89,

genel doğruluk %92 olarak bulunmuştur. Pnömoni tanısı alan bu hastaların ultrasonografik değerlendirilmesine bakıldığında; 11(%10,8) hastada PLAPS (+) A profili, 20(%19,8) hastada A/B profili, 17(%16,8) hastada C profili, 3(%2,9) hastada B' profili saptanmıştır. Literatür ile çalışmamız birlikte değerlendirildiğinde, yatak başı torasik US pnömoni tanısında yüksek doğruluk sağlamakta, özellikle solunum yetmezliği olan hastalarda, yoğun bakım hastalarında ve radyasyon riskinin yüksek olduğu durumlarda etkili bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Akciğer grafisinin sınırlı duyarlılığı göz önüne alındığında, ultrasonun bu tür hastalarda önemli bir tanı aracı olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Çalışmamızın bulguları göstermektedir ki BLUE protokolü solunum yetmezliği ile takip edilen hastalıkların ayırıcı tanısında yüksek doğruluk oranıyla sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak, çalışmamızın bazı kısıtlılıkları mevcuttur. Özellikle, klinik tanıların heterojen bir dağılım göstermesi, bazı hastalık gruplarının az sayıda olması çalışmamızın sonuçlarını sınırlamaktadır. Pulmoner emboli ve pnömotoraks gibi hastalıkların hasta sayısının azlığı, çalışmamızın daha geniş bir hasta popülasyonunda daha doğru sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Lichtenstein ve arkadaşlarının benzer bir çalışmasında, nadir hastalıkların (masif effüzyon, kronik interstisyel sendromlar, trakeal stenoz, yağ embolisi gibi) çalışmaya dahil edilmediği ve bu kısıtlılıkların belirtilmiş olduğu görülmüştür [10]. Acil servise bu nadir tanımlarla başvuran hastalar %3 oranında tespit edilmiştir [76]. Bizim çalışmamızda da 3 (%3) hastaya net bir tanı konulamamıştır. Bu hastalar arasında, 2 hastada plevral effüzyon mevcut olup, klinik olarak pnömoni ve pulmoner ödem ayırıcı tanısı yapılmıştır; bir hastada ise EKO ve proBNP testleri ile torasentez yapılarak pulmoner ödem teşhisi konulmuştur. Diğer bir hastada malign plevral ve perikardiyal effüzyon teşhisi konulmuştur. Çalışmamızda interstisyel akciğer hastalığı tanısı olan hastalar dışlanmamış olup, 2 hastada BLUE protokolü ile B profili saptanmış ve bu hastalarda pulmoner ödem tanısı konulmuştur. Aynı şekilde, interstisyel akciğer hastalığı alevlenmesiyle takip edilen 2 hastanın BLUE protokolü ile pulmoner ödem tanısı aldığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın kısıtlılıkları arasında, hastaların ultrason incelemelerinin yatışlarının ilk 24 saati içinde yapılmış olması nedeniyle, bu süreçte aldıkları tedavilerin ultrason bulgularını değiştirmiş

olabileceği de yer almaktadır. Bu kısıtlılıklar göz önüne alındığında, BLUE protokolü pnömoni ve diğeri akciğeri hastalıklarının ayırıcı tanısında oldukça etkili bir yöntem olarak değeriendirilmektedir. Ancak, daha geniş ve homojen hasta popölasyonları üzerinde yapılacak çalışmalar, bu protokolün etkinliğini daha kapsamlı bir şekilde değeriendirmeye olanak tanıyacaktır. Dolayısıyla, gelecekteki çalışmaların daha geniş hasta gruplarını içermesi ve nadir hastalıkların da göz önünde bulundurulması, BLUE protokolünün klinik uygulamalarının daha da geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.



6. SONUÇ

Solunum yetmezliği, göğüs hastalıkları kliniklerinde takip edilen hastalarda birçok nedene bağlı olarak ortaya çıkan bir durumdur. Erken tanı konulması ve tedavinin başlanması hayati öneme sahiptir. Solunum yetmezliği ayırıcı tanısında en yaygın kullanılan tanı aracı akciğer grafileridir, ancak bu hastalarda sıklıkla anteroposterior grafiler çekilebilir ve bu da birçok tanının atlanmasına veya yanlış tanı konulmasına neden olabilir. Toraks BT, altın standart olarak kabul edilen bir başka tanı aracıdır. Ancak, yüksek radyasyon maruziyeti, hasta mobilizasyonu gerektirmesi, her hastanede bulunmaması ve maliyetli olması gibi kısıtlılıkları vardır. Son zamanlarda, toraks ultrasonu acil servislerde ve yoğun bakımlarda kritik hastalar üzerinde sıkça kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Yatak başında uygulanabilir olması, hasta mobilizasyonu gerektirmemesi, radyasyon maruziyeti içermemesi ve düşük maliyeti nedeniyle, ultrasonografik değerlendirmeler için birçok çalışma yapılmıştır. Yoğun bakım servislerinde kritik hastalar üzerinde geliştirilmiş olan BLUE protokolü bu çalışmaların başında gelmektedir. Tanı koyma başarısı yüksek, hızlı, tekrarlanabilir bir tekniktir. Çalışmamız, yoğun bakım hastalarında geliştirilen bu tekniğin göğüs hastalıkları kliniğinde solunum yetmezliği nedeniyle takip edilen hastalarda da yüksek tanısal başarıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, ultrasonografik değerlendirmenin göğüs hastalıkları kliniğinde solunum yetmezliği ile takip edilen hastalarda daha yaygın ve etkin bir biçimde kullanılması gerektiğini desteklemektedir.

BLUE protokolü yapılan ayırıcı tanının doğruluğunun yüksek tanısal başarıya sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamızın sonuçları radyasyon almaması gereken kişilerde, transfer sağlanamayacak hastalarda, durumu stabil olmayan hastalarda BLUE protokolünün klinik değerlendirmeye birlikte kullanımının toraks BT'ye alternatif olarak yüksek tanısal başarı ile kullanılabileceğini desteklemektedir. Benzer çalışmalar ile daha geniş ve homojen dağılmış hasta popülasyonlarında daha fazla veri elde edilmesi, bu verilerin geniş kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi, ultrasonografinin klinik uygulamalarda daha da değerli hale gelmesini sağlayabilir.

Sonuç olarak, toraks ultrasonografisi, klinik pratiğin önemli bir parçası haline gelmelidir. Görsel stetoskop olarak kullanılması, hastaların daha iyi değerlendirilmesine ve tedavi edilmesine yardımcı olabilir. Bu nedenle, klinisyenlerin bu teknikte eğitilmesi ve kullanımının artırılması önemlidir. Özellikle solunum yetmezliği gibi kritik durumlarda ultrason kullanımının güçlendirilmesi, hastaların erken ve doğru tanısında önemli bir fark yaratma potansiyeline sahiptir.



7. KAYNAKLAR

- [1] Kim E.Barret, Susan M.Barman, Scott Boitano, and Heddwen Brooks, *Ganong's Review of Medical Physiology 24th edition*, vol. 6. 2012.
- [2] Grippi MA. *Respiratory failure: An overview*. In: Fishman AP, Elias JA, Fishman JA, Grippi MA, Kaiser LR, Senior RM (eds). *Pulmonary Diseases and Disorders: New York, McGraw Hill, 3rd Ed, 1998;Vol 2:2525-35*.
- [3] F. Frutos-Vivar, N. Nin, and A. Esteban, "Epidemiology of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome," *Curr Opin Crit Care*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, Feb. 2004, doi: 10.1097/00075198-200402000-00001.
- [4] T. Yarkin, "Solunum Yetmezliği: Fiziopatoloji ve Klinik Yaklaşım," *Toraks Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 76–84, 2000, Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: https://thoracrespract.org/content/files/sayilar/91/buyuk/pdf_Toraksder_6.pdf
- [5] E. Özyılmaz, "Solunum Yetmezliği," *Cukurova Medical Journal*, vol. 39, no. 3, Sep. 2014, doi: 10.17826/CUTF.12466.
- [6] Aykut Çilli, "Akut Solunum Yetmezliği Kliniği ve Nedenleri ," *Türkiye Klinikleri J Int Med Sci*, vol. 2, no. 14, pp. 4–7, 2006.
- [7] P. Wallbridge, D. Steinfors, T. R. Tay, L. Irving, and M. Hew, "Diagnostic chest ultrasound for acute respiratory failure," *Respir Med*, vol. 141, pp. 26–36, Aug. 2018, doi: 10.1016/J.RMED.2018.06.018.
- [8] S. Şener CÖMERT, B. ÇAĞLAYAN, A. FİDAN, and C. DOĞAN, "YATAK BAŞINDA UYGULANAN AVUÇ İÇİ TORASİK ULTRASONOGRAFİNİN TANISAL DEĞERİ," *İzmir Göğüs Hastanesi Dergisi*, vol. 28, no. 3, pp. 147–154.
- [9] F. Cortellaro, S. Colombo, D. Coen, and P. G. Duca, "Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department," *Emergency Medicine Journal*, vol. 29, no. 1, pp. 19–23, Jan. 2012, doi: 10.1136/emj.2010.101584.
- [10] D. A. Lichtenstein and G. A. Mezière, "Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure*: The BLUE Protocol," *Chest*, vol. 134, no. 1, pp. 117–125, Jul. 2008, doi: 10.1378/chest.07-2800.
- [11] M. V Callaway and K. M. Foley, "The International Palliative Care Initiative", doi: 10.1016/j.jpainsymman.2017.05.012.
- [12] M. Karadağ, H. Bilgiç, A. Çiledağ, and A. Kaya, "SOLUNUM YETMEZLİĞİ VE MEKANİK VENTİLASYON Türk Toraks Derneği," İstanbul, Jan. 2010.
- [13] K. Lewandowski, "Contributions to the epidemiology of acute respiratory failure," *Crit Care*, vol. 7, no. 4, pp. 288–290, Aug. 2003, doi: 10.1186/CC2352.
- [14] C. E. Behrendt, "Acute respiratory failure in the United States: incidence and 31-day survival," *Chest*, vol. 118, no. 4, pp. 1100–1105, 2000, doi: 10.1378/CHEST.118.4.1100.
- [15] Ç. Üniversitesi Tıp Fakültesi and G. Hastalıkları Anabilim Dalı Balcalı, "Cukurova Medical Journal Solunum Yetmezliği Respiratory Failure Ezgi Özyılmaz," *Cukurova Medical Journal*, vol. 39, no. 3, pp. 428–442, 2014.
- [16] R. E. Forster and E. D. Crandall, "Pulmonary Gas Exchange," <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.38.030176.000441>, vol. 38, pp. 69–93, Nov. 2003, doi: 10.1146/ANNUREV.PH.38.030176.000441.
- [17] J. Mead, "Respiration: Pulmonary Mechanics," <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.35.030173.001125>, vol. 35, pp. 169–192, Nov. 2003, doi: 10.1146/ANNUREV.PH.35.030173.001125.

- [18] C. Davidson *et al.*, "BTS/ICS guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults," 2015, doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-208209.
- [19] G. A. Maccioli *et al.*, "Clinical practice guidelines for the maintenance of patient physical safety in the intensive care unit: Use of restraining therapies - American College of Critical Care Medicine Task Force 2001-2002," *Crit Care Med*, vol. 31, no. 11, pp. 2665–2676, Nov. 2003, doi: 10.1097/01.CCM.0000095463.72353.AD.
- [20] M. B. Parshall *et al.*, "An official American Thoracic Society statement: update on the mechanisms, assessment, and management of dyspnea," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 185, no. 4, pp. 435–452, Feb. 2012, doi: 10.1164/RCCM.201111-2042ST.
- [21] "Türk Toraks Derneği. Pulmoner tromboembolizm tanı ve tedavi uzlaşı raporu. Türk Toraks Dergisi 10 (2009): 1-49. - Google'da Ara." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/search?q=T%C3%BCrk+Toraks+Derne%C4%9Fi.+Pulmoner+tromboembolizm+tan%C4%B1+ve+tedavi+uzla%C5%9F%C4%B1+raporu.+T%C3%BCrk+Toraks+Dergisi+10+\(2009\)%3A+1-49.&oeq=T%C3%BCrk+Toraks+Derne%C4%9Fi.+Pulmoner+tromboembolizm+tan%C4%B1+ve+tedavi+uzla%C5%9F%C4%B1+raporu.+T%C3%BCrk+Toraks+Dergisi+10+\(2009\)%3A+1-49.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzg5MGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=T%C3%BCrk+Toraks+Derne%C4%9Fi.+Pulmoner+tromboembolizm+tan%C4%B1+ve+tedavi+uzla%C5%9F%C4%B1+raporu.+T%C3%BCrk+Toraks+Dergisi+10+(2009)%3A+1-49.&oeq=T%C3%BCrk+Toraks+Derne%C4%9Fi.+Pulmoner+tromboembolizm+tan%C4%B1+ve+tedavi+uzla%C5%9F%C4%B1+raporu.+T%C3%BCrk+Toraks+Dergisi+10+(2009)%3A+1-49.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzg5MGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- [22] N. L. Weintraub *et al.*, "Acute heart failure syndromes: Emergency department presentation, treatment, and disposition: Current approaches and future aims: A scientific statement from the American Heart Association," *Circulation*, vol. 122, no. 19, pp. 1975–1996, Nov. 2010, doi: 10.1161/CIR.0B013E3181F9A223.
- [23] "Ultrasound in the diagnosis and management of pleural diseases... : Current Opinion in Pulmonary Medicine." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: https://journals.lww.com/co-pulmonarymedicine/abstract/2003/07000/ultrasound_in_the_diagnosis_and_management_of.7.aspx
- [24] M. K. Feldman, S. Katyal, and M. S. Blackwood, "US artifacts," *Radiographics*, vol. 29, no. 4, pp. 1179–1189, Jul. 2009, doi: 10.1148/RG.294085199.
- [25] F. J. F. Herth and M. Kreuter, "Ultrasound in pulmonology," *Respiration*, vol. 87, no. 1, pp. 1–2, Jan. 2014, doi: 10.1159/000357687.
- [26] S. Sener Comert, "Emergency Thoracic Ultrasonography," *Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi*, Dec. 2018, doi: 10.5152/gghs.2018.032.
- [27] W. Manson and N. M. Hafez, "The rapid assessment of dyspnea with ultrasound: RADiUS," *Ultrasound Clin*, vol. 6, no. 2, pp. 261–276, Apr. 2011, doi: 10.1016/J.CULT.2011.03.010.
- [28] M. A. B. Khan and F. M. Abu-Zidan, "Point-of-care ultrasound for the acute abdomen in the primary health care," *Turk J Emerg Med*, vol. 20, no. 1, pp. 1–11, Jan. 2020, doi: 10.4103/2452-2473.276384.
- [29] H. Azhari, "Ultrasound: Medical Imaging and Beyond (An Invited Review)," *Curr Pharm Biotechnol*, vol. 13, no. 11, pp. 2104–2116, Aug. 2012, doi: 10.2174/138920112802502033.
- [30] M. Hew and S. Heinze, "Chest ultrasound in practice: A review of utility in the clinical setting," *Intern Med J*, vol. 42, no. 8, pp. 856–865, Aug. 2012, doi: 10.1111/J.1445-5994.2012.02816.X.
- [31] "Abraham D, Silkowski C, Odwin C. Emergency Medicine Sonography: Pocket Guide To Sonographic Anatomy And Pathology. Canada: Jones and Barlett Publishers;

- 2010." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=Abraham+D%2C+Silkowski+C%2C+Odwin+C.+Emergency+Medicine+Sonography%3A+Pocket+Guide+To+Sonographic+Anatomy+And+Pathology.+Canada%3A+Jones+and+Barlett+Publishers%3B+2010&oq=Abraham+D%2C+Silkowski+C%2C+Odwin+C.+Emergency+Medicine+Sonography%3A+Pocket+Guide+To+Sonographic+Anatomy+And+Pathology.+Canada%3A+Jones+and+Barlett+Publishers%3B+2010&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzUzMGowajSoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [32] "Chest Sonography. In: Mathis G, editor. 2nd ed. New York, NY: Springer; 2007." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=Chestsonography.+In%3A+Mathis+G%2C+editor.+2nd+ed.+New+York%2C+NY%3A+Springer%3B+2007&oq=Chestsonography.+In%3A+Mathis+G%2C+editor.+2nd+ed.+New+York%2C+NY%3A+Springer%3B+2007&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCEyMjZqMGo5qAlAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [33] Merritt CRB, *Diagnostic Ultrasound*, 3rd ed., vol. Physics of US. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2005.
- [34] P. R. Hoskins, K. Martin, and A. Thrush, "Diagnostic ultrasound, third edition: Physics and equipment," *Diagnostic Ultrasound, Third Edition: Physics and Equipment*, pp. 1–387, Apr. 2019, doi: 10.1201/9781138893603/DIAGNOSTIC-ULTRASOUND-THIRD-EDITION-PETER-HOSKINS-KEVIN-MARTIN-ABIGAIL-THRUSH.
- [35] "Kıral N. Toraks Ultrasonografisine Giriş. In: Çağlayan B editor. Klinik Uygulamada Toraks Ultrasonografisi. İstanbul: Probiz; 2010. p. 9-18. -." Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=K%C4%B1ral+N.+Toraks+Ultrasonografisine+Giri%C5%9F.+In%3A+%C3%87a%C4%9Flayan+B+editor.+Klinik+Uygulamada+Toraks+Ultrasonografisi.+%C4%B0stanbul%3A+Probiz%3B+2010.+p.+9-18.&oq=K%C4%B1ral+N.+Toraks+Ultrasonografisine+Giri%C5%9F.+In%3A+%C3%87a%C4%9Flayan+B+editor.+Klinik+Uygulamada+Toraks+Ultrasonografisi.+%C4%B0stanbul%3A+Probiz%3B+2010.+p.+9-18.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzcyN2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [36] "ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ 2015-2016 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI DERS NOTU FORMU DERSİN ADI: Hepatopankreatobiliyer sistem görüntülemesi □A □İ □ K □ DERS İÇİN BİLİNMESİ GEREKEN ÖN BİLGİLER".
- [37] D. A. Lichtenstein, "Whole body ultrasonography in the critically ill," *Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill*, pp. 1–326, 2010, doi: 10.1007/978-3-642-05328-3.
- [38] W. Manson and N. M. Hafez, "The rapid assessment of dyspnea with ultrasound: RADiUS," *Ultrasound Clin*, vol. 6, no. 2, pp. 261–276, Apr. 2011, doi: 10.1016/J.CULT.2011.03.010.
- [39] M. Hew and S. Heinze, "Chest ultrasound in practice: A review of utility in the clinical setting," *Intern Med J*, vol. 42, no. 8, pp. 856–865, Aug. 2012, doi: 10.1111/J.1445-5994.2012.02816.X.
- [40] C. F. Dietrich *et al.*, "Lung B-line artefacts and their use," *J Thorac Dis*, vol. 8, no. 6, pp. 1356–65, Jun. 2016, doi: 10.21037/jtd.2016.04.55.
- [41] D. Lichtenstein, G. Mézière, P. Biderman, A. Gepner, and O. Barré, "The comet-tail artifact: An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 156, no. 5, pp. 1640–1646, 1997, doi: 10.1164/AJRCCM.156.5.96-07096.

- [42] D. A. Lichtenstein, "Lung ultrasound in the critically ill," *Ann Intensive Care*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2014, doi: 10.1186/2110-5820-4-1.
- [43] N. W. Rantanen, "Diseases of the thorax," *Vet Clin North Am Equine Pract*, vol. 2, no. 1, pp. 49–66, 1986, doi: 10.1016/S0749-0739(17)30732-0.
- [44] N. Xirouchaki *et al.*, "Lung ultrasound in critically ill patients: Comparison with bedside chest radiography," *Intensive Care Med*, vol. 37, no. 9, pp. 1488–1493, Sep. 2011, doi: 10.1007/S00134-011-2317-Y.
- [45] "Neto FLD, Dalcin PT, Teixeira C, Beltrami FG. Lung ultrasound in critically ill patients: a new diagnostic tool. *J Bras Pneumol* 2012;38(2):246-56." Accessed: Feb. 27, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/search?q=Neto+FLD%2C+Dalcin+PT%2C+Teixeira+C%2C+Beltrami+FG.+Lung+ultrasound+in+critically+ill+patients%3A+a+new+diagnostic+tool.+J+Bras+Pneumol+2012%3B38\(2\)%3A246-56&oq=Neto+FLD%2C+Dalcin+PT%2C+Teixeira+C%2C+Beltrami+FG.+Lung+ultrasound+in+critically+ill+patients%3A+a+new+diagnostic+tool.+J+Bras+Pneumol+2012%3B38\(2\)%3A246-56&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzk2N2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Neto+FLD%2C+Dalcin+PT%2C+Teixeira+C%2C+Beltrami+FG.+Lung+ultrasound+in+critically+ill+patients%3A+a+new+diagnostic+tool.+J+Bras+Pneumol+2012%3B38(2)%3A246-56&oq=Neto+FLD%2C+Dalcin+PT%2C+Teixeira+C%2C+Beltrami+FG.+Lung+ultrasound+in+critically+ill+patients%3A+a+new+diagnostic+tool.+J+Bras+Pneumol+2012%3B38(2)%3A246-56&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzk2N2owajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- [46] "Wang JS, Doelken P. Plevral ultrasonography in the intensive care unit. In: Bolliger CT, Herth FJF, Mayo PH, Miyazawa T, Beamis JF, eds. *Clinical Chest Ultrasound: From the ICU to the Bronchoscopy Suite*. Prog Respir Res. Basel: Karger; 2009;37:82-8." Accessed: Feb. 27, 2024. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=Wang+JS%2C+Doelken+P.+Plevral+ultrasonography+in+the+intensive+care+unit.+In%3A+Bolliger+CT%2C+%0D%0AHerth+FJF%2C+Mayo+PH%2C+Miyazawa+T%2C+Beamis+JF%2C+eds.+Clinical+Chest+Ultrasound%3A+From+the+%0D%0AICU+to+the+Bronchoscopy+Suite.+Prog+Respir+Res.+Basel%3A+Karger%3B+2009%3B37%3A82-8&sca_esv=85af15397c77c0f6&biw=1366&bih=633&sxsrf=ACQVn09yC13HzGc33OpGOW86Krajq3DEfw%3A1709040442902&ei=OuPdZZrNNrWPxc8P4MevgAs&udm=&ved=0ahUKEwia0oXkz8uEAXW1R_EDHeDjC7AQ4dUDCBA&uact=5&oq=Wang+JS%2C+Doelken+P.+Plevral+ultrasonography+in+the+intensive+care+unit.+In%3A+Bolliger+CT%2C+%0D%0AHerth+FJF%2C+Mayo+PH%2C+Miyazawa+T%2C+Beamis+JF%2C+eds.+Clinical+Chest+Ultrasound%3A+From+the+%0D%0AICU+to+the+Bronchoscopy+Suite.+Prog+Respir+Res.+Basel%3A+Karger%3B+2009%3B37%3A82-8&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcAI-gFXYW5nIEpTLCBeb2Vsa2VuIFAuIFBsZXZyYWwgdWx0cmFzb25vZ3JhcGh5IGluIHROZSBpbnRlbnNpdmdUgY2FyZSB1bmI0LiBJbjogQm9sbGlnZXIqQ1QsIApIZXJ0aCBGSKysIE1heW8gUEgsIE1peWF6YXdhIFQsIEJlYW1pcyBKRiWgZWZlLiBDbGluaWNhbCBDaGVzdCBVbHRyYXNvdW5kOiBGcm9tIHROZSAKSUNVIHRvIHROZSBCCm9uY2hvc2NvcHkgU3VpdGUuIFByb2cgUmVzcGlyIFJlcy4gQmFzZWw6IEthcmdlcjsgMjAwOTszNzo4Mi04SABQA FgAcAB4AZABAJgBAKABAKoBALgBA8gBAPgBAvgBAZgCAKACAjgDAJIHAA&scient=gs-wiz-serp
- [47] J. Grymiski, P. Krakowka, and G. Lypaciewicz, "The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques," *Chest*, vol. 70, no. 1, pp. 33–37, 1976, doi: 10.1378/chest.70.1.33.
- [48] "Çağlayan B. Pulmoner Parankimal Hastalıklar. In: Çağlayan B (ed). *Klinik Uygulamada Toraks Ultrasonografisi*. İstanbul: Probiz, 2010: 49-56." Accessed: Feb. 27, 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/search?q=%C3%87a%C4%9Flayan+B.+Pulmoner+Parankimal+Hastal%C4%B1klar.+In%3A+%C3%87a%C4%9Flayan+B+\(ed\).+Klinik+Uygulamada](https://www.google.com/search?q=%C3%87a%C4%9Flayan+B.+Pulmoner+Parankimal+Hastal%C4%B1klar.+In%3A+%C3%87a%C4%9Flayan+B+(ed).+Klinik+Uygulamada)

a+Toraks+Ultrasonografisi.+%C4%B0stanbul%3A+Probiz%2C+2010%3A+49-56&oq=%C3%87a%C4%9Flayan+B.+Pulmoner+Parankimal+Hastal%C4%B1klar.+In%3A+%C3%87a%C4%9Flayan+B+(ed).+Klinik+Uygulamada+Toraks+Ultrasonografisi.+%C4%B0stanbul%3A+Probiz%2C+2010%3A+49-56&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzk3NWowajmoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

- [49] D. A. Lichtenstein, "BLUE-Protocol and FALLS-Protocol," *Chest*, vol. 147, no. 6, pp. 1659–1670, Jun. 2015, doi: 10.1378/chest.14-1313.
- [50] D. Lichtenstein, "Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now?," *Breathe*, vol. 13, no. 2, p. 100, Jun. 2017, doi: 10.1183/20734735.004717.
- [51] R. Bhoil, A. Ahluwalia, R. Chopra, M. Surya, and S. Bhoil, "Signs and lines in lung ultrasound," *J Ultrason*, vol. 21, no. 86, p. e225, Aug. 2021, doi: 10.15557/JOU.2021.0036.
- [52] D. Lichtenstein, G. Mezière, P. Biderman, and A. Gepner, "The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax," *Intensive Care Med*, vol. 25, no. 4, pp. 383–388, Apr. 1999, doi: 10.1007/s001340050862.
- [53] T. R. Goodman, Z. C. Traill, A. J. Phillips, J. Berger, and F. V. Gleeson, "Ultrasound detection of pneumothorax," *Clin Radiol*, vol. 54, no. 11, pp. 736–739, Nov. 1999, doi: 10.1016/S0009-9260(99)91175-3.
- [54] L. M. Gillman and A. W. Kirkpatrick, "Portable bedside ultrasound: The visual stethoscope of the 21 st century," *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, vol. 20, Mar. 2012, doi: 10.1186/1757-7241-20-18.
- [55] D. Lichtenstein, "Lung ultrasound in acute respiratory failure an introduction to the BLUE-protocol," *Minerva Anestesiol*, vol. 75, no. 5, pp. 313–7, May 2009.
- [56] D. A. Lichtenstein and G. A. Mezière, "The BLUE-points: three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure," *Crit Ultrasound J*, vol. 3, no. 2, pp. 109–110, Aug. 2011, doi: 10.1007/s13089-011-0066-3.
- [57] C. Patel, H. Bhatt, S. Parikh, B. Jhaveri, and J. Puranik, "Bedside lung ultrasound in emergency protocol as a diagnostic tool in patients of acute respiratory distress presenting to emergency department," *J Emerg Trauma Shock*, vol. 11, no. 2, p. 125, 2018, doi: 10.4103/JETS.JETS_21_17.
- [58] E. D. Riviello *et al.*, "Hospital incidence and outcomes of the acute respiratory distress syndrome using the Kigali modification of the Berlin definition," *Am J Respir Crit Care Med*, vol. 193, no. 1, pp. 52–59, Jan. 2016, doi: 10.1164/RCCM.201503-0584OC.
- [59] F. L. Dexheimer Neto *et al.*, "Diagnostic accuracy of the Bedside Lung Ultrasound in Emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure in spontaneously breathing patients," *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, vol. 41, no. 1, p. 58, 2015, doi: 10.1590/S1806-37132015000100008.
- [60] B. Bekgoz *et al.*, "BLUE protocol ultrasonography in Emergency Department patients presenting with acute dyspnea," *American Journal of Emergency Medicine*, vol. 37, no. 11, pp. 2020–2027, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.ajem.2019.02.028.
- [61] N. Xirouchaki *et al.*, "Lung ultrasound in critically ill patients: Comparison with bedside chest radiography," *Intensive Care Med*, vol. 37, no. 9, pp. 1488–1493, Sep. 2011, doi: 10.1007/S00134-011-2317-Y/TABLES/2.
- [62] R. Chira, A. Chira, and P. A. Mircea, "Thoracic wall ultrasonography-normal and pathological findings. Pictorial essay," *Med Ultrason*, vol. 13, no. 3, pp. 228–233, Sep. 2011.

- [63] S. Mongodi *et al.*, "Quantitative Lung Ultrasound: Technical Aspects and Clinical Applications," *Anesthesiology*, vol. 134, no. 6, pp. 949–965, Jun. 2021, doi: 10.1097/ALN.0000000000003757.
- [64] G. Volpicelli *et al.*, "Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome," *Am J Emerg Med*, vol. 24, no. 6, pp. 689–696, Oct. 2006, doi: 10.1016/J.AJEM.2006.02.013.
- [65] D. Lichtenstein, I. Goldstein, E. Mourgeon, P. Cluzel, P. Grenier, and J. J. Rouby, "Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome," *Anesthesiology*, vol. 100, no. 1, pp. 9–15, Jan. 2004, doi: 10.1097/00000542-200401000-00006.
- [66] A. Squizzato *et al.*, "Diagnostic accuracy of lung ultrasound for pulmonary embolism: A systematic review and meta-analysis," *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, vol. 11, no. 7, pp. 1269–1278, Jul. 2013, doi: 10.1111/jth.12232.
- [67] S. S. Comert *et al.*, "The role of thoracic ultrasonography in the diagnosis of pulmonary embolism," *Ann Thorac Med*, vol. 8, no. 2, pp. 99–104, Apr. 2013, doi: 10.4103/1817-1737.109822.
- [68] E. Karahalli, S. Kiyan, S. Bayraktaroğlu, B. Boydak, F. Karbek Akarca, and M. Ersel, "220 The Role of Lung Ultrasonography for Evaluation of Emergency Department Patients in Acute Respiratory Distress," *Ann Emerg Med*, vol. 60, no. 4, p. S80, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.annemergmed.2012.06.198.
- [69] Maha K. Ghanem, Ali Abd ElAzeem, and H. Makhoulf, "Diagnostic accuracy of trans-thoracic chest ultrasonography in patients with acute respiratory failure," *European Respiratory Journal*, vol. 24, no. 6, p. 42, Sep. 2013.
- [70] L. J. Staub, R. R. Mazzali Biscaro, E. Kaszubowski, and R. Maurici, "Lung Ultrasound for the Emergency Diagnosis of Pneumonia, Acute Heart Failure, and Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease/Asthma in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis," *J Emerg Med*, vol. 56, no. 1, pp. 53–69, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.JEMERMED.2018.09.009.
- [71] S. Chaitra and V. Hattiholi, "Diagnostic accuracy of bedside lung ultrasound in emergency protocol for the diagnosis of acute respiratory failure," *J Med Ultrasound*, vol. 30, no. 2, p. 94, 2022, doi: 10.4103/JMU.JMU_25_21.
- [72] M. Blaivas, M. Lyon, and S. Duggal, "A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax," *Acad Emerg Med*, vol. 12, no. 9, pp. 844–849, Sep. 2005, doi: 10.1197/J.AEM.2005.05.005.
- [73] R. G. Wilkerson and M. B. Stone, "Sensitivity of bedside ultrasound and supine anteroposterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma," *Acad Emerg Med*, vol. 17, no. 1, pp. 11–17, Jan. 2010, doi: 10.1111/J.1553-2712.2009.00628.X.
- [74] A. S. Raja and C. H. Jacobus, "How Accurate Is Ultrasonography for Excluding Pneumothorax?," *Ann Emerg Med*, vol. 61, no. 2, pp. 207–208, Feb. 2013, doi: 10.1016/J.ANNEMERGEMED.2012.07.005.
- [75] E. E. Gülşen and S. Cömert, "HASTANEYE YATIŞ GEREKTİREN TOPLUM KÖKENLİ PNÖMONİ OLGULARINDA TORAKS ULTRASONOGRAFİSİNİN TANI VE TAKİPTEKİ YERİ," Kartal Dr Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, İstanbul, 2022.
- [76] L. Long, H. T. Zhao, Z. Y. Zhang, G. Y. Wang, and H. L. Zhao, "Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: A meta-analysis," *Medicine*, vol. 96, no. 3, 2017, doi: 10.1097/MD.0000000000005713.

- [77] M. A. Chavez *et al.*, "Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis," *Respir Res*, vol. 15, no. 1, Apr. 2014, doi: 10.1186/1465-9921-15-50.
- [78] M. Ali omar, S. Ali fayed, A. Abdallah Alkumity, and F. Basiony, "Relevance of Bedside lung Ultrasound in Emergency protocol (BLUE protocol) in the diagnosis of lung pathology in patients with respiratory failure admitted to intensive Care Unit," *Al-Azhar International Medical Journal*, vol. 0, no. 0, pp. 0–0, May 2022, doi: 10.21608/aimj.2022.111938.1734.

