



T.C.

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**ULTRASON İLE TESPİT EDİLEN PLEVRA EFÜZYONUN,
ULTRASON İLE ÖLÇÜLEN PERİFERİK ÖDEM VE
KONVANSİYONEL YÖNTEMLE ÖLÇÜLEN GODE
ARASINDAKİ KORELASYONUN ARAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ
DR. ABDULLAH IŞIK**

TEZ DANIŞMANI

**Prof. Dr. Akcan AKKAYA 2025
BOLU**



T.C.

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON ANABİLİM DALI**

**ULTRASON İLE TESPİT EDİLEN PLEVRA EFÜZYONUN,
ULTRASON İLE ÖLÇÜLEN PERİFERİK ÖDEM VE
KONVANSİYONEL YÖNTEMLE ÖLÇÜLEN GODE
ARASINDAKİ KORELASYONUN ARAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ
DR. ABDULLAH IŞIK**

TEZ DANIŞMANI

**Prof. Dr. Akcan AKKAYA 2025
BOLU**

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimi süresince bilgi ve klinik tecrübelerini esirgemeyen aynı zamanda mesleki ve hayat tecrübelerinden faydalandığım, tezimin belirlenmesi ve tamamlanması süresince emek, yardım, hoşgörü ve desteğini esirgemedi bana destek olan değerli tez hocam ve anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Akcan AKKAYA' ya,

Tez çalışmamın yürütmesi ve tamamlanması konusunda sonsuz destek olan, mesleki tecrübelerinden her daim faydalandığım yardımcı tez danışmanı hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Kasım İlker İTAL' e,

Eğitimim süresince benimle bilgi ve deneyimlerini paylaşan, her zaman destek sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. İbrahim KARAGÖZ' e, Prof.Dr.Murat BİLGİ'ye Prof. Dr. Abdullah DEMİRHAN' a, Prof. Dr. İsa YILDIZ' a, Prof. Dr. Hamit YOLDAŞ' a,

Tez vakalarımnda yardımlarından dolayı hastanemiz Girişimsel Radyoloji Anabilim Dalı hocası Dr.Öğrt.Üyesi Hamza Özer'e

Zorlu uzmanlık öğrenciliği sürecinde bana sonsuz destek olan, birlikte omuz omuza çalışmaktan onur duyduğum tüm asistan arkadaşlarıma,

Ameliyathane ve yoğun bakımda birlikte çalıştığım tüm anestezi teknisyen, tekniker, hemşire, sağlık memuru, sekreter personele ve hastane çalışanlarına,

Hayatım boyunca benden desteğini, sevgisini ve sabrını esirgemeyen, ülkeme faydalı bir birey olmam için ömürlerini vakfeden canım anneme ve babama,

Kardeşleri olma şerefini her daim hissettiğim, ahlakını her zaman örnek aldığım, sevgisini ve saygısını benden hiç esirgemeyen kardeşlerime

Hayatıma girdiğinden beri daha iyi bir insan olmam için ilham olan, çalışkanlığı, zekası ve temiz kalbiyle her zaman yanımda olan canım eşim Betül'e

Sonsuz sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

Dr. Abdullah IŞIK

BOLU-2025

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	3
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	7
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	10
TABLolar DİZİNİ	11
ÖZET.....	3
ABSTRACT	5
İÇİNDEKİLER.....	1
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	15
2.1. PLEVRAL EFÜZYON.....	15
2.1.1. Plevral Efüzyon Tanımı	15
2.1.2. Plevral Efüzyon Tarihçesi	15
2.1.3. Plevral Efüzyonun Nedenleri	17
2.1.4. Plevral Efüzyon Tanısı.....	18
2.1.5. Plevral Efüzyonun Karakterizasyonu	20
2.1.6. Plevral Efüzyonların Tanı ve Tedavisinde Ultrason	22
2.1.7. Plevral Efüzyonların Tedavisi.....	26
2.2. Periferik Ödem	28
2.2.1. Tanımı	28
2.2.2. Fiziopatolojisi.....	28
2.2.3. Nedenleri.....	30
2.2.4. Klinik Değerlendirmesi.....	33
2.2.5. Ultrason ile Değerlendirme	34
2.3. Yoğun Bakımda Yatak Başı Ultrasonografi	35
2.3.1. Akciğer Ultrasonografisi.....	37
2.3.2. IVC Kullanılarak Sıvı Yanıtlılığının Değerlendirilmesi	50
2.3.3. Yoğun Bakım Skorlama Sistemleri	52
3. GEREÇ VE YÖNTEM	60
3.1. Çalışma Tasarımı ve Etik Onay	60
3.2. Çalışma Popülasyonu	60

3.2.1. Dahil Edilme Kriterleri	60
3.2.2. Dışlanma Kriterleri	60
3.3. Klinik Verilerin Toplanması.....	61
3.4. Ultrasonografik Değerlendirme	61
3.4.1. Plevral Efüzyonun Değerlendirilmesi	61
3.4.2. Alt Ekstremit (Tibial) Ödem Ölçümü	64
3.5. İstatistiksel Yöntem	65
4. BULGULAR	66
4.1. Tüm Hastaların Demografik ve Klinik Özellikleri.....	66
4.2. Tüm Hastaların Laboratuvar Bulguları.....	66
4.3. Tüm Hastaların Ultrason Bulguları	67
4.4. Tüm Hastaların Periferik Ödem ve Plevral Efüzyon Verilerinin Korelasyon Analizi ..	68
4.5. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Demografik ve Klinik Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	69
4.6. Plevral Efüzyon Hacmini Belirleyen Faktörler	72
5. TARTIŞMA	73
6. SONUÇLAR	80
7. KAYNAKÇA	82

ÖZET

Amaç: Plevral efüzyon hacmi ve periferik ödem, yoğun bakım hastalarında sistemik sıvı yüklenmesinin önemli göstergeleridir. Bu çalışmanın amacı, yoğun bakım ünitesinde izlenen hipoalbuminemi hastalarda ultrason ile ölçülen plevral efüzyon hacmi, ultrasonografik pretibial ödem kalınlığı ve konvansiyonel fizik muayene ile değerlendirilen gode arasındaki ilişkiyi araştırmak; periferik ödemin sistemik sıvı yüklenmesini yansıtan kantitatif bir belirteç olarak kullanılıp kullanılamayacağını ortaya koymaktır.

Gereç ve Yöntem: Üçüncü basamak yoğun bakım ünitesinde prospektif olarak yürütülen bu çalışmaya 40 entübe ve hipoalbuminemi erişkin hasta dahil edildi. Plevral efüzyon hacmi ultrasonografi ile literatürde tanımlanan formül kullanılarak hesaplandı. Pretibial ödem kalınlığı lineer proba tibianın orta hattında ölçüldü. Gode, fizik muayene ile değerlendirildi. Klinik, laboratuvar ve ultrason parametreleri korelasyon ve çoklu regresyon analizleri ile incelendi.

Bulgular: Hastaların %77,5'inde pretibial ödem mevcut olup hesaplanan ortalama plevral efüzyon hacmi ileri düzeyde sıvı birikimine işaret etmekteydi. Pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir korelasyon saptandı ($p=0,012$). Albümin düzeyleri düşüklüğüne rağmen efüzyon hacmi veya ödem ile anlamlı ilişkili değildi. Çoklu regresyon analizinde plevral efüzyon hacminin tek bağımsız belirleyicisi pretibial ödem kalınlığı olarak bulundu ($p=0,013$). Fizik muayene ile değerlendirilen gode bulgusu plevral efüzyon hacmi ile ilişkili değildi.

Sonuç: Bu çalışma, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığının plevral efüzyon hacmi ile doğrudan ilişkili olduğunu ve periferik ödemin kritik hastalarda sistemik sıvı yüklenmesini değerlendirmede güvenilir bir biyobelirteç olabileceğini göstermektedir. Pretibial ödemin

plevral efüzyonu bağımsız olarak öngörmesi, ultrason temelli sıvı yönetimi yaklaşımlarının klinik pratiğe entegre edilmesinin değerini ortaya koymaktadır. Günlük yoğun bakım değerlendirmesinde akciğer ve ekstremiteler ultrasonunun birlikte kullanılması sıvı fazlalığının erken tanınmasına katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler (MeSH): Hipoalbuminemi; Yatak-Başı Ultrasonografi; Periferik Ödem; Plevral Efüzyon; Sıvı Yüklenmesi; Ultrasonografi; Yoğun Bakım Üniteleri



ABSTRACT

ULTRASOUND-BASED ASSESSMENT OF THE CORRELATION BETWEEN PLEURAL EFFUSION VOLUME, PERIPHERAL EDEMA AND PITTING EDEMA IN INTENSIVE CARE PATIENTS

Background: Pleural effusion volume and peripheral edema are important markers of systemic fluid overload in critically ill patients. The aim of this study was to investigate the relationship between ultrasound-measured pleural effusion volume, ultrasonographic pretibial edema thickness, and clinically assessed pitting edema in hypoalbuminemic intensive care patients, and to determine whether peripheral edema can serve as a quantitative indicator of systemic fluid overload.

Material and Methods: This prospective observational study included 40 intubated and hypoalbuminemic adults followed in a tertiary intensive care unit. Pleural effusion volume was calculated using an ultrasound-based volumetric formula. Pretibial edema thickness was measured at the mid-tibial level with a linear probe. Pitting edema was assessed clinically. Clinical, laboratory, and ultrasound data were analyzed using correlation and multivariate regression.

Results: Pretibial edema was present in 77.5% of patients, and mean pleural effusion volume indicated marked fluid accumulation. Pretibial edema thickness showed a significant positive correlation with pleural effusion volume ($p=0.012$). Despite low albumin levels, no significant relationship was found between albumin and either effusion volume or peripheral edema. In multivariate analysis, pretibial edema thickness emerged as the only independent predictor of pleural effusion volume ($p=0.013$). Clinically assessed pitting edema showed no significant association with effusion volume.

Conclusion: Ultrasound-measured pretibial edema thickness is a reliable, non-invasive and quantitative indicator of systemic fluid overload, demonstrating a strong association with pleural effusion volume. Its independent predictive value suggests that peripheral edema ultrasonography may serve as an integrable biomarker for fluid management in intensive care. The combined use of lung and peripheral edema ultrasonography may enhance early detection of fluid accumulation and support personalized therapeutic decisions.

Key Words (MeSH): Fluid Overload; Hypoalbuminemia; Intensive Care Units; Peripheral Edema; Pleural Effusion; Point-of-Care Ultrasonography; Ultrasonography



SİMGELER VE KISALTMALAR

AAFP	: American Academy of Family Physicians
AI	: Artificial Intelligence (Yapay zekâ)
ARDS	: Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu
APACHE	: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation
AUC	: ROC eğrisi altındaki alan (Area Under the Curve)
BNP	: Beyin Natriüretik Peptid
BLUE	: Bedside Lung Ultrasound in Emergency
BMP	: Basic Metabolic Panel (Temel metabolik panel)
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
cIVC	: Inferior Vena Kava Katlanabilirlik İndeksi (Collapsibility Index)
CVP	: Santral Venöz Basınç (Central Venous Pressure)
dIVC	: Inferior Vena Kava Gerilebilirlik İndeksi (Distensibility Index)
DVT	: Derin Ven Trombozu
eFAST	: Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
EKG	: Elektrokardiyografi
FALLS	: Fluid Administration Limited by Lung Sonography
FATE	: Focused Assessed Transthoracic Echocardiography
FiO₂	: Solunan oksijen fraksiyonu
fPAH	: Familial Pulmoner Arteriyel Hipertansiyon
GCS	: Glasgow Koma Skoru (Glasgow Coma Scale)
I-AIM	: Indication–Acquisition–Interpretation–Medical Decision Making modeli
ICU	: Intensive Care Unit (Yoğun bakım ünitesi)
IVC	: Inferior Vena Kava

IVC-ADI	: Inferior Vena Kava Alan Genişletilebilirlik İndeksi (Area Distensibility Index)
iIVC	: İndekslenmiş Inferior Vena Kava çapı
KKY	: Konjestif Kalp Yetmezliği
LDH	: Laktat Dehidrogenaz
LFT	: Karaciğer Fonksiyon Testleri (Liver Function Tests)
LOD	: Logistic Organ Dysfunction Score
LODS	: Logistic Organ Dysfunction System
LUS	: Lung Ultrasound (Akciğer ultrasonografisi)
MAP	: Ortalama Arter Basıncı (Mean Arterial Pressure)
MODS	: Multiple Organ Dysfunction Score
MPM	: Mortality Probability Model
MSOFA	: Modified Sequential Organ Failure Assessment
NMPE	: Non-malign Plevral Efüzyon(lar)
NT-proBNP	: N-terminal Pro-Beyin Natriüretik Peptid
ODIN	: Organ Dysfunction and Infection System
PaO₂	: Arteriyel oksijen parsiyel basıncı
PF	: Plevral sıvı
POCUS	: Point-of-Care Ultrasonografi (Yatak başı ultrason)
PSS	: Poisoning Severity Score
RAP	: Sağ Atriyal Basınç (Right Atrial Pressure)
ROC	: Receiver Operating Characteristic eğrisi
SAPS	: Simplified Acute Physiology Score
SOFA	: Sequential Organ Failure Assessment
SpO₂	: Pulse oksimetre ile ölçülen oksijen saturasyonu

TFT : Tiroid Fonksiyon Testleri (Thyroid Function Tests)

TP : Total Protein

TRIOS : Three-Day Recalibrated ICU Outcome Score

US : Ultrason

USG : Ultrasonografi

US-IVC : Ultrason ile değerlendirilen inferior vena kava

VKİ : Vücut Kitle İndeksi

VKI : Vena Kava İnférieur

YBÜ : Yoğun Bakım Ünitesi

YZ : Yapay Zekâ

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1. Plevral Efüzyonların Tanısında Kullanılan Testler (Harding et al. 2025)	19
Tablo 2. 2. Başlıca Yoğun Bakım Skorlama Sistemlerinin Özellikleri	54
Tablo 2. 3. APACHE II Değişkenleri ve Puanlama	56
Tablo 2. 4. SOFA Skor Bileşenleri ve Puanlama	59
Tablo 4. 1. Tüm Hastaların (n=40) Demografik ve Klinik Özellikleri	66
Tablo 4. 2. Tüm Hastaların Laboratuvar Bulguları	67
Tablo 4. 3. Tüm Hastaların Ultrason Bulguları	68
Tablo 4. 4. Tüm Hastaların Periferik Ödem ve Plevral Efüzyon Verilerinin Korelasyon Analizi	68
Tablo 4. 5. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Demografik ve Klinik Özelliklerinin Karşılaştırılması	69
Tablo 4. 6. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Laboratuvar Bulgularının Karşılaştırılması	70
Tablo 4. 7. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Ultrason Bulgularının Karşılaştırılması	71
Tablo 4. 8. Pretibial Ödemi olan Hastaların Klinik ve Laboratuvar Parametreleri Arasındaki Korelasyon	72
Tablo 4. 9. Plevral Efüzyon Hacmini Belirleyen Bağımsız Değişkenlerin Çoklu Regresyon Analizi	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. (A) Loküle plevral efüzyon. Akciğer, diyafram ve diyafram metastazı arasında loküle alanların bulunduğu kompleks bir plevral efüzyon görülmektedir. (B) Ampiyem. Altta konsolide akciğer bulunan büyük bir ampiyemin ekojenik, benekli görünümü transvers görüntüde gösterilmektedir (Soni et al., 2015)..... 21

Şekil 2. 2. Plevral ultrason özellikleri. Plevral boşluğun ultrasonu, basit (A) ve kompleks (B - D) olarak sınıflandırılır. Kompleks ultrason kategorileri arasında, atelektatik akciğerle birlikte görülen kompleks septasız (B) (beyaz ok), lokülasyonlu kompleks septalı (C) (beyaz oklar) ve homojen ekojenik (D) bulunur (Harding et al. 2025). 24

Şekil 2. 3. (A) Küçük plevral efüzyon (sağ hemitoraks): Küçük bir plevral efüzyon; karaciğer, diyafram, akciğer ve göğüs duvarı gibi ayırt edilmesi gereken komşu anatomik yapılarla birlikte gösterilmektedir. (B) Büyük plevral efüzyon (sol hemitoraks): Büyük plevral efüzyonlar, komşu akciğerde kompresif atelektaziye yol açarak akciğer dokusuna benzer bir ekojenite görünümü oluşturur. Sol tarafta geniş plevral efüzyonlarda kalbin genellikle daha uzak planda görüntülendiğine dikkat edilmelidir (Soni et al. 2015). 27

Şekil 2. 4. Akut solunum yetmezliği olan hastalar için Acil Durumda Yatak Başı Akciğer Ultrasonu (BLUE) Protokolü. A-profil: Akciğer kayması + A-çizgileri; B-profil: Akciğer kayması + B-çizgileri; A/B-profil: Bir akciğerde A-profil, diğerinde B-profil; C-profil: Ön akciğer konsolidasyonu; A'-profil: A profili + negatif akciğer kayması; B'-profil: B profili + negatif akciğer kayması. Bu karar şeması, akut dispnenin (ani gelişen nefes darlığının) tüm nedenlerini %100 oranında teşhis etmek için tasarlanmamıştır. Genel doğruluk oranı %90,5 olacak şekilde sadeleştirilmiştir (Lichtenstein, 2014; 2015). 48

Şekil 2. 5. LUS değerlendirmesinde sistematik I-AIM (Indication–Acquisition–Interpretation–Medical Decision Making) modeli..... 50

Şekil 3. 1. Sağ hemitoraksta diyafram üzerinde masif plevral efüzyon (massive pleural effusion) ve buna eşlik eden atelektatik akciğer görünümü (atelectatic lung). Ölçüm midaksiller hattın 6. interkostal aralığından, konveks prob ile alınmıştır. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025)..... 62

Şekil 3. 2. Diyafram, karaciğer ve akciğer ilişkisini gösteren ultrasonografik görünüm. Plevral efüzyon (pleural effusion) ile diyaframın üzerinde biriken sıvı net şekilde izlenmektedir. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025). 63

Şekil 3. 3. Pretibial ödemin ultrasonografik değerlendirilmesi. Lineer prob ile yapılan longitudinal kesitte, cilt yüzeyi ile tibia arasındaki subkutan dokuda hipoekoik görünümle uyumlu pretibial ödem alanı izlenmektedir. Ölçüm, jel tabakası üzerinden dermisten tibia yüzeyine kadar olan mesafenin milimetre cinsinden belirlenmesiyle yapılmıştır. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025) 63

Şekil 3. 4. Transvers ve sagittal düzlemde hasta akciğer USG görüntülemesi 64



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Yoğun bakım ünitelerinde (YBÜ) plevral efüzyonlar %50-60'a varan oranlarda gözlemlenebilirler (Bediwy et al., 2023). Plevral efüzyonlar, kritik hastalarda hemodinamik ve akciğer mekaniği değişikliklerine bağlı olarak hastanın prognozunu etkileyebilir. Benzer olarak, plevral efüzyonların etkin ve zamanında drenajı, YBÜ'ye yatırılan hastaların sonucunu değiştirebilir. Etiyolojisinde, konjestif kalp yetmezliği (KKY), hepatik hidrotoraks, nefrotik sendrom, parapnömonik efüzyonlar, ampiyem, tüberküloz, malignansiler, pulmoner embolizm, hemotoraks, cerrahi sonrası efüzyonlar, atelektazi, pankreatit, hipoalbuminemi gibi sebepler bulunur ve bunların rutin ultrasonografi (USG) sırasında tanılarının konulabilme ihtimali %62'dir (Azoulay, 2003). Hipoalbuminemi gibi bazıları hem efüzyona hem periferik ödem sebebiyet verirler ve yoğun bakımlarda dört hastadan birinde gözlenir (Zahir ve ark., 2020).

USG yardımıyla plevral efüzyonların, yoğunluk farkları, lobülasyon gösterip göstermedikleri ve miktarları hakkında yorum yapılabilir (Soni et al., 2015). Dahası sıvı miktarının kuantifikasyonu da mümkündür (Ibitoye et al., 2018). Alt ekstremité ödemi yoğun bakım hastalarında sık karşılaşılan bir bulgudur ve pek çok farklı şekilde ölçüm yapılabilir (Rabe, Carpentier and Maggioli, 2018). Ancak hassas yöntemlerden birisi de USG kullanılarak dermal kalınlığın ve ödem miktarının belirlenmesidir (Iuchi et al., 2017).

Ultrasonun tıp tarihinde daha eski bir geçmişi olsa da, yoğun bakımda özellikle akciğer ultrasonu (LUS) 1990'lı yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır (Targhetta et al., 1992). Zamanla yatak başı USG için farklı protokoller geliştirilmiştir. Yoğun bakım hekimleri tarafından en yaygın kullanılanlar; BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency), FATE (Focused Assessed Transthoracic Echocardiography), FALLS (Fluid Administration Limited by Lung Sonography) ve eFAST (Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) protokolleridir (Lichtenstein and Mezière, 2008; Bella et al., 2025; Kowalczyk et al., 2024).

Ayrıca LUS skorlaması, akciğer havalanmasını göstermek amacıyla sıkça kullanılmaktadır (Aldrich, 2007).

Yoğun bakım hastalarında sistemik kapiller kaçak, hipoalbuminemi ve sıvı yüklenmesi gibi durumlar bir arada bulunabilir. Bu mekanizmalar hem plevral boşlukta sıvı birikimine hem de periferik ödem gelişimine yol açar (Azoulay, 2003). Literatürde subkutan ödemin USG ile objektif şekilde kantitatif değerlendirilebildiği ve ölçümlerin yüksek tekrarlanabilirlik gösterdiği bildirilmiştir (Iuchi, 2017; Yabunaka et al., 2016). Plevral efüzyon varlığı ile alt ekstremité ultrasonografik ödem ölçümleri arasında anlamlı bir korelasyon saptanması, klinisyenlere bedside değerlendirmede sıvı yüklenmesini dolaylı olarak izleme ve torasentez ihtiyacını öngörme konusunda değerli bir ek parametre sağlayabilir. Böyle bir ilişki, özellikle ileri görüntüleme yöntemlerinin yapılamadığı veya invaziv girişimlerin riskli olduğu hastalarda, sıvı yönetimi ve prognoz takibinde önemli bir karar destek aracı olabilir (Li, Chen and Hu, 2022; Raz et al., 2024).

Bu bilgiler ışığında, yoğun bakım hastalarında sık gözlenen alt ekstremité ödemiyle, yine sık gözlenen bir patoloji olan plevral efüzyon arasında ultrasonografik ölçümlerle alınan kayıtlar arasında bir korelasyon olup olmadığını araştırmanın klinik pratikte faydalı olması akla yatkındır. Prospektif olarak planladığımız çalışmamızda bu olası korelasyonu araştırdık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. PLEVRAL EFÜZYON

2.1.1. Plevral Efüzyon Tanımı

Plevral efüzyon, plevral boşlukta anormal sıvı birikimidir. Normal şartlar altında, bu boşlukta sürekli olarak az miktarda sıvı üretilir ve geri emilir; böylece kayganlık sağlanır ve solunum sırasında akciğerlerin düzgün hareket etmesi sağlanır. Ancak çeşitli patolojik süreçler bu dengeyi bozarak aşırı sıvı birikimine yol açabilir. Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yaklaşık 1,5 milyon hasta etkilenmektedir (Saguil, Wyrick and Hallgren, 2014; Kookoolis et al., 2014). Plevral efüzyon, belirli popülasyonlarda artan morbidite ve mortalitenin bir göstergesidir (Walker et al., 2017).

Plevral efüzyon, klinik değerlendirme, görüntüleme çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları, özellikle plevral sıvı analizi kombinasyonu kullanılarak teşhis edilir. Torasentez, bu rahatsızlığa sahip hastalar için hem tanısal hem de tedavi edicidir. Bu rahatsızlığın tedavi stratejileri arasında altta yatan nedenin tedavisi, biriken sıvının boşaltılması ve enfeksiyon ve plevral fibroz gibi komplikasyonların ele alınması yer alır (Krishna et al. 2024).

2.1.2. Plevral Efüzyon Tarihçesi

Plevral enfeksiyon ilk kez Antik Yunan döneminde, M.Ö. 460-370 yılları arasında yaşayan Hipokrat tarafından tanımlanmıştır. Bu dönemde tek tedavi yöntemi açık göğüs drenajıydı ve bu yöntem oldukça yüksek bir mortalite oranı ile ilişkilendirilmiştir (France, 2010).

Orta Çağ Fransa'sında, 1300'lü yıllarda yaşamış olan cerrah Guy de Chauliac, göğüs yaralanmalarının tedavisine dair mevcut bilgi eksiklikleri ve fikir ayrılıkları karşısında şaşkınlığını dile getirmiştir. Parisli Lanfranc, Bologna'lı William ve Parma'lı Roland gibi döneminin önemli hekimleri, penetran göğüs yaralarının açık bir şekilde çadır ve drenaj

kullanılarak tedavi edilmesinin, kan ve çürüyen organik materyalin dışarı atılmasına olanak sağladığını savunmuştur. Buna karşın Henri de Mondeville, bu tür yaraların hemen kapatılmasının ısı kaybını önleyeceğini ve hava girişini engelleyeceğini iddia etmiştir (Lindskog, 1961).

1500’lü yılların başında, Papa II. Julius’un hekimi olan İtalyan cerrah Giovanni da Vigo, göğüste oluşan ateşli silah yaralanmalarına dair görüş bildiren ilk cerrahlardan biri olmuştur (Lindskog, 1961).

Modern plevral drenaj uygulamalarının temelleri ise 19. yüzyılda atılmıştır. 1873 yılında Playfair, torasik ampiyemli bir çocuğun tedavisinde su contalı göğüs drenaj sisteminin ilk tanımını yapmıştır (Munnell, 1997). Bunu takiben, 1875 yılında Alman iç hastalıkları uzmanı Gotthard Bülow, klasik kaburga rezeksiyonu ve açık tüp drenajına alternatif olarak, ampiyem tedavisinde kapalı su geçirmez göğüs drenajı yöntemini tanımlamıştır. Bülow, plevral boşluğa trokar yardımıyla girerek kauçuk bir kateter yerleştirmiştir. Bu kateterin serbest ucu, üçte biri sıvı ile dolu bir şişeye yerleştirilmiş ve bu sayede irinin göğüsten şişeye serbestçe akması sağlanmıştır (Meyer, 1989; Van Schil, 1997).

1917-1919 yıllarındaki grip salgını sırasında, açık cerrahi drenajın yüksek mortalite oranları nedeniyle kapalı göğüs tüpü drenajı deneysel olarak uygulanmıştır. Bu dönem, I. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında ortaya çıkan streptokokal pnömoni ve ampiyem salgınıyla da örtüşmektedir (Peters, 1989).

1950 yılında İtalyan göğüs hastalıkları uzmanı Vincenzo Monaldi, torasik boşluğun ikinci veya üçüncü interkostal aralıktan daha üstün bir yaklaşımla boşaltılmasını önermiştir (Knobloch, 2008). Modern üç odacıklı torasik drenaj sistemi ise ilk kez 1952 yılında Howe tarafından tanımlanmış, ancak bu sistem o dönemde yaygın kullanım alanı bulamamıştır (Howe, 1951).

Son olarak, kapalı göğüs tüpü drenajı, 1950'lerin sonlarından itibaren plevral boşluk enfeksiyonlarının tedavisinde bir standart yöntem haline gelmiştir (Monaghan and Swan, 2008).

2.1.3. Plevral Efüzyonun Nedenleri

Plevral efüzyonun geniş bir ayırıcı tanısı bulunmaktadır. En sık rastlanan nedenler arasında KKY, kanser, pnömoni ve pulmoner emboli yer almaktadır. Etyolojik tanının gecikmesi, örneğin hastada parapnömonik efüzyona bağlı gelişen pulmoner ampiyem durumunda, belirgin şekilde artmış morbidite ve mortalite ile ilişkilidir. Plevral efüzyonun prognostik önemi, zararsız durumlardan (örneğin viral pnömonili bir hastada radyolojik olarak tespit edilen plevral efüzyon) çok ciddi tablolara kadar değişkenlik göstermektedir; bunlar arasında sıklıkla gözden kaçan pulmoner emboli gibi sekonder efüzyon oluşumları bulunmaktadır (Walker et al., 2017).

Malign olmayan plevral efüzyonlar, özellikle kalp, böbrek veya karaciğer yetmezliği olan hastalarda kötü prognozun göstergesi olarak kabul edilir. Bu hastalarda bir yıllık mortalite oranları sırasıyla %57, %46 ve %25 olarak bildirilmektedir (Walker et al., 2017).

Daha nadir görülen bazı hastalıklar da plevral efüzyonla ilişkili olup, bu olgularda efüzyon genellikle eksüdatif tiptedir. Sistemik lupus eritematozuslu hastaların %30-50'sinde plevral efüzyon (poliserozit) gözlenirken; polianjiitli granülomatozis (Wegener hastalığı), romatoid artrit ve Langerhans hücreli granülomatozis gibi hastalıklarda da sıklıkla plevral efüzyon mevcuttur (Anevlavis, Tzouvelekis and Bouros, 2012).

İdiyopatik ve ailesel pulmoner arter hipertansiyonu (iPAH ve fPAH) hastalarının yaklaşık %21'inde, çoğunlukla tek taraflı olmak üzere plevral efüzyon saptanmıştır (Tang et al., 2009).

Nüfusun yaşlanması ve buna bağlı çoklu morbidite prevalansının artması nedeniyle plevral efüzyonlar sıklıkla birden fazla nedene bağlı gelişmektedir.

Açıklanamayan plevral efüzyonların en yaygın nedenlerinden biri pulmoner embolidir. Pulmoner embolili hastaların %20-55'inde plevral efüzyon gözlenmektedir. Bu efüzyonun sıklığı, embolinin şiddeti ve pulmoner enfarktüs gelişimi ile korelasyon göstermektedir. Klinik olarak, bu hastalar genellikle küçük hacimli efüzyon ile şiddetli dispne arasında belirgin bir uyumsuzluk sergilemektedir (Choi et al., 2017).

2.1.4. Plevral Efüzyon Tanısı

Non-malign plevral efüzyonların (NMPE) tanısı; biyokimyasal analiz, görüntüleme yöntemleri ve klinik değerlendirme ile konulur. NMPE tanısında en güvenilir yöntem halen biyokimyasal analiz olarak kabul edilmektedir. Sıvının makroskopik görünümü ve kokusu dahi etioloji hakkında değerli ipuçları sağlayabilir. Örneğin, opak ve beyazımsı bir sıvı şilöz, psödoşilöz veya ampiyem varlığını düşündürürken; idrar kokusu ürinotoraks olasılığını akla getirebilir. Ayrıca plevral sıvının transüda veya eksüda olarak sınıflandırılması, ayırıcı tanı ve tedavi planlamasında kritik öneme sahiptir. Bu sınıflandırma, özellikle eksüda tanımlamasının doğruluğunu artırarak enfeksiyon veya malignite gibi ciddi durumların yanlış tanı almasının önüne geçmeyi hedefler. Gelişmiş ülkelerde eksüda özellikli malign olmayan plevral efüzyonların en yaygın nedeni parapnömonik efüzyonlarken, gelişmekte olan ülkelerde tüberküloz plörezileri %30–80 oranında görülmektedir (Udwadia and Sen, 2010).

Enfeksiyon dışlandıktan sonra eksüda özellikli NMPE'ler nadir olmakla birlikte klinik açıdan önemlidir. Tedavi edilmediğinde fibrotoraks gelişimine yol açabilen otoimmün plörit veya pankreatite bağlı efüzyonlar mortalite riskini artırabilir. Ayrıca amiodaron veya metotreksat gibi bazı ilaçlar da plevral efüzyona neden olarak belirgin semptom yükü oluşturabilir (Chen et al., 2021; Takuwa et al., 2013; Lankisch et al. 1994; Huggins and Sahn, 2004).

Tanıda en sık kullanılan biyokimyasal yaklaşım Light kriterleridir. Bu kriterler yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olmakla birlikte, transüdaların yaklaşık %25'inin eksüda olarak

yanlış sınıflandırılmasına yol açabilir (Bielsa et al., 2012; Light et al., 1972). Örneğin, kalp yetmezliği ilişkili efüzyonların yaklaşık %30'u, siroz ilişkili efüzyonların ise %18'i yanlışlıkla eksüda olarak sınıflandırılabilir (Tablo 2.1). Bu nedenle, şüpheli olgularda alternatif biyokimyasal kriterlerin (örn. serum-plevral albümin gradyanı, plevral kolesterol düzeyi) kullanımı önerilir; ancak her durumda klinik değerlendirme vazgeçilmezdir (Heffner, Brown and Barbieri, 1997; Roth, O'Meara and Cragun, 1990; Romero-Candeira et al., 2001; Porcel, 2013).

Plevral efüzyonların tespitinde ilk basamak genellikle iki yönlü dik pozisyonda çekilen göğüs grafisidir. Lateral grafide menisküs görülmesi yaklaşık 50 mL sıvıyı, posteroanterior grafide menisküs görünümü ise yaklaşık 200 mL sıvıyı düşündürür. Hemidiyafram silüetinin kaybolması genellikle ≥ 500 mL sıvı varlığına işaret eder (Blackmore et al., 1996). Masif plevral efüzyonlar çoğu zaman malignite ile ilişkili olsa da siroz ve hepatik hidrotoraks gibi durumlarda da benzer radyolojik görünüm izlenebilir (Jimenez et al., 2005).

Tablo 2. 1. Plevral Efüzyonların Tanısında Kullanılan Testler (Harding et al. 2025)

Test	Kural	Ek Yorumlar
Light Kriterleri	$PF_{TP} / S_{TP} > 0,5$ $PF_{LDH} / S_{LDH} > 0,6$ $PF_{LDH} > \text{normal } S_{LDH}'\text{nin}$ $2/3'$ ünden fazla	Üç kuraldan biri pozitifse eksüda • Duyarlılık: %98,3 • Özgüllük: %76
İki-Test Kuralı	$PF_{LDH} > \text{normal } S_{LDH}$ üst sınırının %45'i $PF_{kolesterol} > 45 \text{ mg/dL}$	İki kuraldan biri pozitifse eksüda • Duyarlılık: %98,1 • Özgüllük: %69,4
Üç-Test Kuralı (Heffner Kriterleri)	$PF_{TP} > 2.9 \text{ g/dL}$ $PF_{kolesterol} > 45 \text{ mg/dL}$ $PF_{LDH} > \text{normal } S_{LDH}'\text{nin}$ $2/3'$ ünden fazla	Üç kuraldan biri pozitifse eksüda • Duyarlılık: %98,9 • Özgüllük: %55
Yanlış Eksüda (False Exudates)	$S_{albumin} - PF_{albumin} > 1,2 \text{ g/dL}$ $S_{TP} - PF_{TP} > 3,1 \text{ g/dL}$	Transüda kabul edilir eğer: Albümin gradyanı $> 1,2 \text{ g/dL}$ • Duyarlılık %63 • Özgüllük %94 TP gradyanı $> 3,1 \text{ g/dL}$ • Duyarlılık %86 • Özgüllük %81
Şilotoraks	$PF_{trigliserid} > 110 \text{ mg/dL}$ $PF_{kolesterol} < 200 \text{ mg/dL}$ Şilomikronlar mevcut	50–110 mg/dL arası değerler şilotoraksı dışlamaz; şilomikronlar mutlaka değerlendirilmelidir.

Psödoşilotoraks	PF _{trigliserid} < 50 mg/dL PF _{kolesterol} > 200 mg/dL Şilomikronlar yok	—
Ürinotoraks	PF _{kreatinin} / S _{kreatinin} oranı > 1	Oran arttıkça özgülük artar (raporlanan aralık: 0,92–58).
Bilotoraks	PF _{bilirubin} / S _{kreatinin} oranı > 1	Bililevral fistül değerlendirmesi için kullanılır Duyarlılık: %76,9

PF: Plevral sıvı; S: serum; TP: Total protein; LDH: Laktat dehidrogenaz

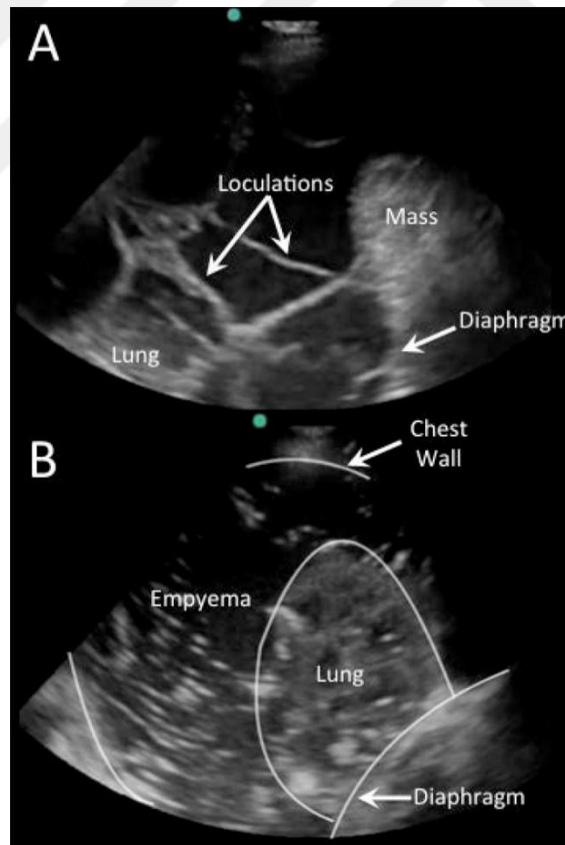
Tanısal plevral girişim ihtiyacı klinik korelasyonla değerlendirilmelidir. Bilinen organ fonksiyon bozukluğu olup tedavi ile gerileyen efüzyonlarda konservatif yaklaşım yeterli olabilirken, dirençli efüzyonlarda semptomların hafifletilmesi veya alternatif nedenlerin dışlanması amacıyla terapötik girişim düşünülebilir. NT-proBNP gibi biyobelirteçler kalp yetmezliğine bağlı bilateral efüzyonlarda tanısal katkı sağlar; ancak tanı konmamış unilateral efüzyonlarda plevral sıvı analizi önerilmektedir. Enfeksiyon veya malignite şüphesi olan olgularda da tanısal girişim mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Roberts et al., 2022).

2.1.5. Plevral Efüzyonun Karakterizasyonu

Plevral sıvı hacminin kantitatif olarak değerlendirilmesi, sonografik ölçümlere dayanan çeşitli formüller aracılığıyla önerilmiştir (Balık et al., 2006, Usta, Mustafa and Ziemer, 2010, Remerand et al., 2010). Bu formüller özellikle orta düzeydeki efüzyonlar için daha doğru sonuçlar verse de, çoğunlukla bireysel çalışma kohortlarıyla sınırlı kalmış ve daha geniş popülasyonlarda doğrulanmamıştır. Literatürdeki en kapsamlı çalışmalardan birinde (n=150), torasentez ile boşaltılan sıvı hacmi ile ultrasonografik olarak hesaplanan hacim arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur ($r^2 = 0,79$; $p < 0,001$). Bu çalışmada kullanılan formül şu şekildedir: $Hacim (mL) = 16 \times \text{diyafram ortasında ölçülen parietal ve visseral plevra arasındaki mesafe (mm)}$ (Usta, Mustafa and Ziemer, 2010). Her ne kadar bu yöntemler doğru sonuç verebilse de klinik uygulamalarda genellikle tercih edilmez. Bunun yerine, plevral sıvı hacmi; minimal, küçük, orta veya büyük gibi kategorilerle nitel (kalitatif) olarak sınıflandırılarak değerlendirilir; bu da çoğu klinik karar süreci için yeterli olmaktadır.

Plevral efüzyonlar, torasik USG görüntülerine göre basit veya kompleks olarak sınıflandırılır. Basit efüzyonlar genellikle anekoik yapıda olup, çoğu zaman transüdat özelliği taşır. Buna karşılık, kompleks plevral efüzyonlar ise homojen ya da heterojen ekojeniteye sahip olabilir; septasyon içerip içermemesine göre daha da alt gruplara ayrılır. Bu tip efüzyonlar sıklıkla eksüdatif karakterlidir (Yang et al., 1992).

Heterojen ekojenite ve "swirling echoes" (dönen ekolar) içeren efüzyonlar, yüksek hücresel içerik nedeniyle genellikle malignite şüphesi uyandırır (Chian et al., 2004). Fibrin bantları, septasyonlar ve lokülasyonlar da eksüdatif bir süreci düşündürür (Şekil 2.1) ve bunlar, bilgisayarlı tomografiye kıyasla torasik USG ile daha net saptanabilir (McLoud and Flower, 1991).



Şekil 2. 1. (A) Loküle plevral efüzyon. Akciğer, diyafram ve diyafram metastazı arasında loküle alanların bulunduğu kompleks bir plevral efüzyon görülmektedir. **(B)** Ampiyem. Altta konsolide akciğer bulunan büyük bir ampiyemin ekojenik, benekli görünümü transvers görüntüde gösterilmektedir (Soni et al., 2015).

Homojen ekojeniteye sahip plevral sıvılar ise genellikle hemotoraks veya ampiyem varlığında görülür (Tu et al., 2004). Hemotoraks olgularında, yüksek hücre sayısı nedeniyle kostofrenik sinüslerde sıvının katmanlaşması gözlenebilir ki bu duruma "hematokrit işareti" adı verilir. Ampiyem ise sıklıkla homojen ekojenik ve benekli (speckled) görünümde olup, irin birikimiyle karakterizedir. Ampiyem olgularında septasyonların ultrasonografik olarak görülmesi, intraplevral fibrinolitik tedavi ihtiyacını, daha uzun süreli drenajı ve olası cerrahi girişimi önceden gösterebilir (Chen et al., 2000).

Yoğun ve izole lezyonlar, periferik akciğer tümörleri ya da apselerle karışabilir. Bu tür lezyonlar genellikle hipoekoiktir ve renkli Doppler ultrasonografi ile vasküler akım göstermemesi, katı yapılarla ayırt edilmesinde önemli bir kriterdir.

Normal şartlarda visseral ve parietal plevra birbiriyle temas halindedir ve kalınlıkları yaklaşık 0,2–0,3 mm arasındadır (Reuss, 2010). Ancak, parietal plevra kalınlığının 10 mm'den fazla olması, plevral nodülerite ve diyafram kalınlığının 7 mm'yi aşması gibi bulgular, malignite açısından yüksek özgüllük ve pozitif prediktif değer taşır (Qureshi, Rahman and Gleeson, 2009).

Ek olarak, ultrasonografi ile saptanan anekoik lezyonların yaklaşık %20'si sıvıdan çok katı yapıdadır. Renkli Doppler USG kullanılarak, küçük plevral efüzyonların katı lezyonlardan ayırt edilmesinde %89 duyarlılık ve %100 özgüllüğe ulaşılabilir (Wu et al., 1995).

2.1.6. Plevral Efüzyonların Tanı ve Tedavisinde Ultrason

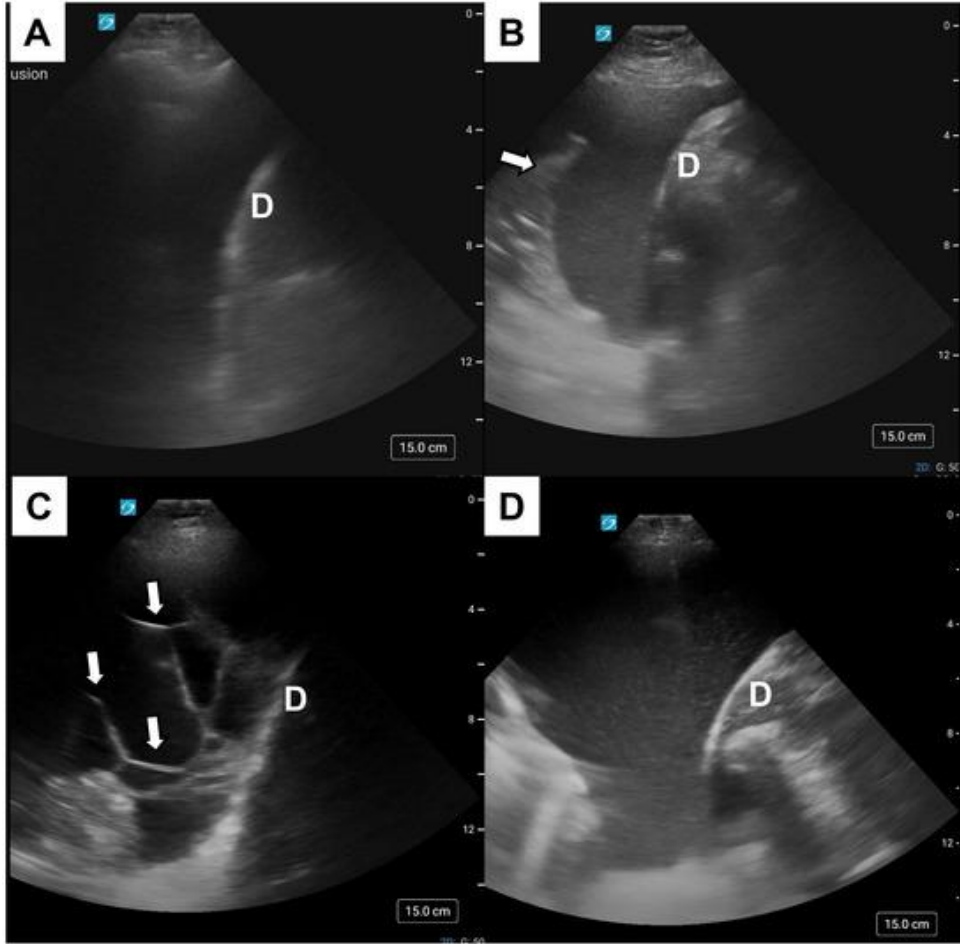
USG günümüzde plevral sıvı örneklemesinde standart görüntüleme yöntemi haline gelmiştir. Visseral ve parietal plevra arasındaki sıvının 1–2 cm'den fazla olması durumunda örnekleme yapılması önerilir. Plevral efüzyonlar sıklıkla toraks veya abdominal BT sırasında tesadüfen saptanır. BT plevral kalınlaşma, lokülasyon ve dansite artışlarını göstermede faydalıdır ancak sıvının transüda/eksüda ayrımında sınırlıdır (Grimberg et al., 2010).

Son yıllarda taşınabilirliği, düşük maliyeti ve kolay erişilebilirliği nedeniyle torasik USG plevral efüzyon tanısında ön plana çıkmıştır (Kataoka et al., 2000). Ultrason bulguları basit (anekoik) veya kompleks (hiperekoik) olarak sınıflandırılır (Şekil 2.2). Kompleks efüzyonlar protein, kan veya inflamasyona bağlı ekojen partiküller içerebilir (kompleks bölmesiz), septalarla ayrılmış lokülasyonlar gösterebilir (kompleks bölmeli) veya homojen ekojenik görünümde olabilir (Grimberg et al., 2010). Torasik USG, özellikle eksüda eğilimli kompleks efüzyonların tanısında BT'ye kıyasla daha yüksek duyarlılık gösterir (Grimberg et al., 2010). Beş çalışmanın meta-analizinde anekoik plevral efüzyon desenlerinin %80 duyarlılık, %63 özgüllük ve 2,16 pozitif olasılık oranına sahip olduğu bildirilmiştir (Grimberg et al., 2010). Kompleks görünümlü transüdaların çoğu septasızdır (Ma and Mateer, 1997; Rocco et al., 2008). Bununla birlikte, görüntüleme bulgularının örtüşmesi transüda/eksüda ayırımında tek başına yeterli değildir; bu nedenle biyokimyasal analiz ileri tanılama için vazgeçilmezdir (Grimberg et al., 2010; Lichtenstein, 2014).

Hastane hekimleri, plevral efüzyonlarla sıklıkla karşılaşmaktadır ve hasta başı USG, bu efüzyonların tespiti ve karakterizasyonunda önemli bir rol oynar. Bakteriyel pnömoni nedeniyle hastaneye yatırılan hastaların yaklaşık %44-57'sinde plevral efüzyon görülür (Light et al., 1980; Taryle, Potts and Sahn, 1978). YBÜ'de bu oran %62'ye kadar çıkmaktadır (Mattison et al., 1997). Parapnömonik efüzyonlu hastalarda, plevral sıvının miktarı ve özelliklerinin belirlenmesi, tanısal ya da terapötik drenaj gerekliliğinin saptanması ve torasentez uygulamasına rehberlik edilmesi amacıyla USG kullanılabilir.

Malign plevral efüzyonun saptanması, akciğer kanseri evresini doğrudan IV'e taşır ve bu da tedavi planlaması açısından kritik önemdedir. USGnin rutin kullanımı, iyonlaştırıcı radyasyon içeren BT taramaları gibi yardımcı testlere olan ihtiyacı ve torasentez komplikasyonlarını azaltarak daha değerli bir hasta yönetimi sağlar. Ancak birçok hastane hekimi, hasta başı ultrason (point-of-care ultrasound, POCUS) kullanımına yeterince aşina

değildir. 2012 yılında yapılan bir anket, dahiliye asistanlık programlarının yalnızca %25'inin bu alanda resmi bir müfredata sahip olduğunu göstermiştir (Schnobrich et al., 2013).



Şekil 2. 2. Plevral ultrason özellikleri. Plevral boşluğun ultrasonu, basit (A) ve kompleks (B - D) olarak sınıflandırılır. Kompleks ultrason kategorileri arasında, atelektatik akciğerle birlikte görülen kompleks septasız (B) (beyaz ok), lokülasyonlu kompleks septalı (C) (beyaz oklar) ve homojen ekojenik (D) bulunur (Harding et al. 2025).

Göğüs radyografisi, 50 mL plevral sıvıyı lateral dekubitus grafide, 200 mL üzerinde ise posterior-anterior grafide tespit edebilir (Blackmore et al., 1996). Ancak, dik grafilere klinik açıdan önemli parapnömonik efüzyonların %10'unu gözden kaçırabilir (Brixey et al., 2011). Supin pozisyonundaki ön-arka radyografiler, BT, ultrason ve lateral dekubitus görüntülemelere kıyasla daha düşük duyarlılığa sahiptir (Kitazono et al., 2010; Emamian et al., 1997). Ayrıca,

bu radyografilerde plevral sıvılar, sıklıkla parankimal opasitelerle karışabilir (Kitazono et al., 2010).

BT, modern tanısal çalışmaların referans standardı olarak kabul edilmekle birlikte, küçük efüzyonların plevral kalınlaşma veya tümörle ayrımında yetersiz kalabilir. Ayrıca plevral sıvı septasyonlarını saptamada ultrasona göre daha düşük hassasiyete sahiptir. Yaklaşık 7 mSv'lik iyonize radyasyon içermesi, yüksek maliyeti ve hasta transferi gerekliliği de sınırlayıcı faktörlerdir.

Ultrason, 5 mL kadar küçük miktardaki plevral sıvıyı tespit edebilir. Klinik güvenilirlik için genellikle 20 mL ve üzeri hacimler daha kolay saptanır (Rothlin et al., 1993). 100 mL üzerindeki efüzyonlarda ultrasonun duyarlılığı %100'dür (Kalokairinou-Motogna et al., 2010). ARDS'li hastalarda yapılan çalışmalarda, plevral efüzyon için ultrasonun tanısal doğruluğu %93 bulunmuştur; bu oran, oskültasyon (%61) ve ön-arka göğüs radyografisine (%47) göre oldukça yüksektir (Lichtenstein et al., 2004). Dört çalışmanın meta-analizi, ultrasonun plevral efüzyon tespitindeki birleşik duyarlılık ve özgüllüğünü sırasıyla %93 (CI %89–96) ve %96 (CI %95–98) olarak raporlamıştır (Grimberg et al., 2010; Kataoka et al., 2000). Ek olarak, USG altta yatan parankimal hastalıkları da değerlendirme imkânı sağlar (Lichtenstein, 2014).

Ultrason muayenesi, BLUE protokolü gibi tam kapsamlı akciğer muayenesinin parçası olarak veya bilinen/süphe edilen plevral efüzyonu değerlendirmek için odaklı biçimde yapılabilir (Lichtenstein, 2009). Serbest sıvılar, en sık yarı oturur pozisyonundaki hastalarda posterolateral kostofrenik girintide birikir. Düşük frekanslı (2–5 MHz) dönüştürücüler kaburgalar arası görüntülemeye tercih edilirken, yüksek frekanslı doğrusal dönüştürücüler plevral hat ve kalınlık değerlendirmesi için uygundur.

Beş yapının tanımlanması, plevral efüzyon tanısı için gereklidir: karaciğer/dalak, diyafram, plevral sıvı, akciğer ve göğüs duvarı (Şekil 2.3A). Büyük efüzyonlar akciğeri sıkıştırarak atelettaziye neden olur, bu da "karaciğer benzeri" bir görünüm oluşturur (Şekil

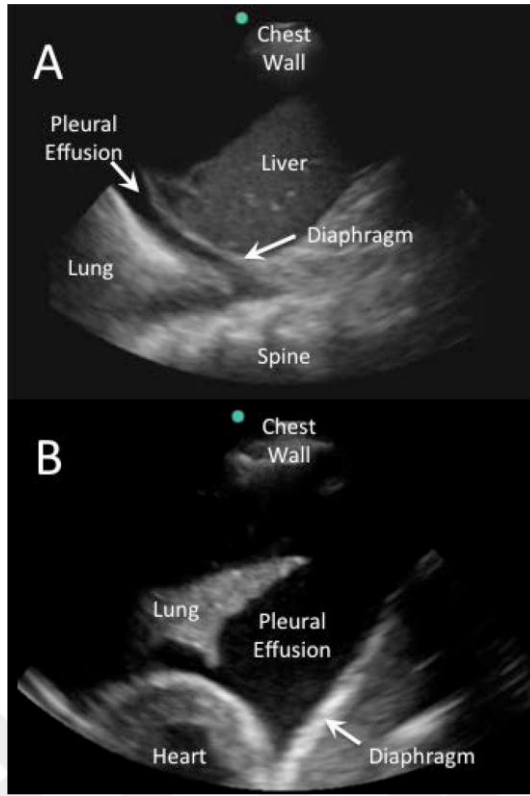
2.3B) (Soni, Arntfield and Kory, 2014). Renkli Doppler ve M-mod ultrason, akış ve akciğer hareketlerini gösterebilir; serbest efüzyonlarda akış ("sinüzoid işareti") izlenirken, lokülasyon ya da fibröz yapılarla ilişkili efüzyonlarda bu hareket görülmez (Volpicelli et al., 2012).

2.1.7. Plevral Efüzyonların Tedavisi

Tedavi öncelikle plevral efüzyonun altta yatan nedenini belirlemeye ve tedavi etmeye odaklanır. Semptomatik hastalar için plevral sıvı drenajı önerilir. Asemptomatik hastalarda, kanama veya enfeksiyon belirti ve semptomları mevcut olmadığı sürece drenaj yalnızca tanı sürecinin bir parçası olarak yapılır. Kalp yetmezliği durumunda torasentez, yalnızca diüretikler başarısız olursa veya hasta önemli ölçüde semptomatikse önerilir. Şilöz efüzyonlar başlangıçta konservatif olarak tedavi edilir, ancak bazıları cerrahi müdahale gerektirir (Krishna et al., 2025).

Torasentez, tanısal ve tedavi edici bir işlemdir. Torasentez yapılırken güncel öneriler şunlardır:

- Yatak başı ultrasonu, sıvı aspirasyonu sırasında başarı oranlarını artırır ve pnömotoraks riskini azaltır (Helgeson et al., 2019).
- USG plevra sıvısı sekestrasyonlarını tespit edebilir.
- Biyokimya, kültür ve sitoloji için daima sıvı gönderin.
- Eksüdayı transüdadan ayırmak için Light kriterlerini kullanın (Keller, 2000).
- Lenfosit ağırlıklı efüzyonlar genellikle malignite ve tüberkülozdan kaynaklanır (Das, 2015).
- Plevral efüzyonları aspire ederken pH'ı kontrol edin.
- Numuneye hava veya lokal anestezi enjekte etmeyin; bu, sıvının pH'ını değiştirebilir.
- Sitolojide malign efüzyonlar saptanabilir (%40-60).



Şekil 2. 3. (A) Küçük plevral efüzyon (sağ hemitoraks): Küçük bir plevral efüzyon; karaciğer, diyafram, akciğer ve göğüs duvarı gibi ayırt edilmesi gereken komşu anatomik yapılarla birlikte gösterilmektedir. **(B)** Büyük plevral efüzyon (sol hemitoraks): Büyük plevral efüzyonlar, komşu akciğerde kompresif ateletaziye yol açarak akciğer dokusuna benzer bir ekojenite görünümü oluşturur. Sol tarafta geniş plevral efüzyonlarda kalbin genellikle daha uzak planda görüntülendiğine dikkat edilmelidir (Soni et al. 2015).

Kompleks parapnömonik efüzyonlar veya ampiyemde antibiyotik tedavisiyle birlikte göğüs tüpü drenajı gereklidir. 10 ila 14 gauge arasında değişen küçük çaplı drenler, büyük drenler kadar etkilidir ve kolay yerleştirilmeleri ve hasta rahatsızlığını azaltmaları nedeniyle tercih edilebilir. Drenajı artırmak için intraplevral fibrinolitik ve DNaz uygulaması kullanılabilir. Ancak, bu önlemler başarısız olduğunda torakoskopik dekortikasyon gerekebilir (Rahman et al., 2011).

Malign efüzyon tanısı konan hastalar, enfeksiyon veya ciddi semptomlar ortaya çıkmadıkça genellikle sık drenaj prosedürlerine ihtiyaç duymazlar. Sık drenaj gerektiren kişiler plöredez veya tünel kateter yerleştirmeyi tercih edebilirler. Her durumda, reekspansiyon

pulmoner ödemi riskini önlemek için sıvı ekstraksiyonunu seans başına en fazla 1500 mL ile sınırlamak önemlidir.

2.2. Periferik Ödem

2.2.1. Tanımı

Periferik ödem, hafif, lokalize şişlikten anasarka olarak bilinen şiddetli, yaygın sıvı tutulumuna kadar değişen yaygın bir klinik bulgudur. Bu durum, böcek ısırıkları gibi iyi huylu nedenlerden nefrotik sendrom, KKY ve karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi yaşamı tehdit eden durumlara kadar çeşitli durumlardan kaynaklanabilir. Bu geniş yelpaze, altta yatan patolojiyi belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme ihtiyacını vurgular. Hafif vakalar genellikle sınırlı ödemle ortaya çıkarken, daha yaygın sıvı tutulumu ciddi sistemik hastalığa işaret edebilir. Ödem, interstisyel boşluk yaklaşık 2,5 ila 3 litre fazla sıvı içerene kadar klinik olarak belirgin olmayabilir, çünkü yumuşak dokular görünür şişlik gelişmeden önce önemli miktarda sıvıyı barındırabilir. Bu, altta yatan nedeni belirlemek ve gereksiz tanı testlerinden kaçınmak için kapsamlı öykü alma ve fizik muayene yoluyla erken tanının önemini vurgular (Goyal et al. 2025).

2.2.2. Fiziopatolojisi

Ödem oluşumu aşağıdaki iki temel adımı içerir:

1. Vasküler kompartmandan interstisyuma sıvı sızmasını teşvik eden kılcal hemodinamikteki değişiklikler.
2. Renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi aracılığıyla kompanse edici bir mekanizma olarak sodyum ve suyun böbreklerde tutulması (Goyal et al. 2025).

Venöz tıkanıklık veya plazma hacmi genişlemesi, hidrostatik basıncı artırarak ödeme zemin hazırlar. Vücudun plazma hacmi yalnızca yaklaşık 3 litre olduğundan, büyük miktarda su ve elektrolit interstisyel boşluğa difüze olur ve böbreklerin intravasküler hacmi ve

hemodinamik stabiliteyi korumak için sodyum ve suyu tutmasına neden olur (Goyal et al. 2025).

KKY ve karaciğer sirozu gibi durumlarda, etkili intravasküler hacim azalması, dolaşım hacmini korumak için nörohumoral bir kaskad tetikler. Bu kaskad, böbrek vazokonstriksiyonu, azalmış glomerüler filtrasyon ve proksimal olarak anjiyotensin II ve norepinefrin tarafından aracılık edilen artmış sodyum geri emilimini içerir. Ayrıca, aldosteron ve antidiüretik hormon, toplayıcı tübüllerde sodyum ve su geri emilimini artırır. Nitrik oksit ve prostaglandinler gibi endotel kaynaklı faktörler, sodyum ve su atılımını daha da azaltarak ödemi teşvik eder (Trayes et al., 2013).

Damar içi onkotik basıncın korunmasına birincil katkıda bulunan, özellikle albümin olmak üzere geçirgen olmayan proteinlerdir. Albümin, plazma onkotik basıncının korunması için kritik öneme sahiptir ve 2 g/dL'nin altındaki seviyeler genellikle ödeme neden olur. Hipoproteinemi, nefrotik sendrom, ciddi beslenme eksiklikleri ve bozulmuş hepatik sentetik fonksiyona sahip ileri karaciğer hastalığı gibi çeşitli durumlar nedeniyle ortaya çıkabilir. Kalsiyum kanal blokerleri (özellikle dihidropiridinler) gibi bazı ilaçlar, seçici arteriyol vazodilatasyonları nedeniyle periferik ödeme neden olabilir. Daha az yaygın nedenler arasında miksödem, lenfödem ve idiyopatik ödem bulunur (Goyal et al. 2025).

Hipotiroidizmle ilişkili miksödem, tipik olarak göz kapaklarında, yüzde ve ellerde ödeme neden olur. Bu durum, kılcal geçirgenliğin artması nedeniyle interstisyumda mukopolisakkarit ve protein birikimi ve ardından sodyum ve su tutulumunun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Miksödemin kesin patofizyolojisi henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Buna karşılık, lenfödem, lenfatik iletimin bozulması sonucu, interstisyumda, özellikle ekstremitelerde lenf sıvısının birikmesine yol açar (Ely et al., 2006).

Sepsis gibi inflamatuvar durumlar, genellikle bir dizi faktörün birleşiminden kaynaklanan hipovolemi, periferik ödem ve hipoalbüminemi üçlüsüne yol açar. Bu süreçteki temel

mekanizmalardan biri, nitrik oksit ve interlökin (IL)-6, IL-1 β ve tümör nekroz faktörü (TNF)- α gibi inflamatuvar mediatörler tarafından inhibisyonudur. Bu mediatörler, interstisyel basınçta akut bir azalmaya katkıda bulunarak vücudun normal sıvı dengesini korumasını zorlaştırır ve sonuçta dokularda aşırı sıvı birikmesine neden olur (Dull and Hahn, 2023). Bu olaylar dizisi hem sıvı tutulumunu hem de genel inflamatuvar yanıtı şiddetlendirir.

İdiyopatik ödem, esas olarak menopoz öncesi kadınları etkileyen, tam olarak anlaşılamamış bir durumdur. Bu durum, adet döngüsüyle net bir ilişkisi olmayan, ellerde, bacaklarda periyodik ödem atakları ve karın şişkinliği ile karakterizedir. Bir dışlama tanısı olarak, idiyopatik ödem en sık yaşamlarının üçüncü ve dördüncü onyıllarındaki kadınlarda görülür. Psikolojik ve duygusal rahatsızlıklar bu durumu şiddetlendirebilir (Goyal et al. 2025).

İlaç kaynaklı periferik ödem aşağıda belirtildiği gibi 4 temel mekanizma yoluyla ortaya çıkabilir:

- Böbrek ödemi, ilaçların böbreklerde sodyum veya su tutulmasına yol açması ve bunun sonucunda dokularda sıvı birikmesiyle oluşur.
- Vazodilatör ödem, ilaçların prekapiller arteriyol vazodilatasyona neden olması, kılcal damarlara kan akışını artırması ve çevre dokulara sıvı sızmasına yol açması durumunda ortaya çıkar.
- Geçirgenlik ödemi, ilaçların kılcal geçirgenliği artırması sonucu, kan damarlarından daha fazla sıvının kaçmasına ve interstisyel boşlukta birikmesine neden olması durumunda ortaya çıkar.
- Lenfödem, ilaçların lenfatik drenajı bozması, vücudun fazla sıvıyı atma yeteneğini azaltması ve bunun birikmesine yol açması durumunda gelişir (Largeau et al., 2021).

2.2.3. Nedenleri

Periferik ödemin nedenleri, altta yatan mekanizmalara göre çeşitli kategorilere ayrılabilir (Trayes et al., 2013).

1. Artan Kılcal Hidrostatik Basınç

- Bölgesel venöz hipertansiyon (genellikle tek taraflı)
- Derin ven trombozu (DVT)
- Kompartman sendromu
- Kronik venöz yetmezlik
- Sistemik venöz hipertansiyon (genellikle bilateral)
- Kalp yetmezliği
- Perikardit
- Pulmoner hipertansiyon
- Karaciğer yetmezliği veya siroz
- Artan plazma hacmi
- Gebelik
- Adet öncesi ödem
- Böbrek yetmezliği
- Kalp yetmezliği
- İlaçlar

2. Azalmış Plazma Onkotik Basıncı

- Protein kaybı (örneğin nefrotik sendrom)
- Preeklampsi veya eklampsi
- Azaltılmış protein sentezi (yetersiz beslenme veya malabsorpsiyon)
- Karaciğer yetmezliği veya siroz
- Vitamin eksiklikleri

3. Artmış Kılcal Geçirgenlik

- Yanıklar
- Böcek ısırıkları

- Selülit
- Alerjik reaksiyonlar

4. Lenfatik Tıkanıklık

- Filaryaz
- Lenf düğümlerini etkileyen ve tıkanıklığa yol açan maligniteler
- Lenfadenektomi sonrası, radyasyon sonrası veya ameliyat kaynaklı tıkanıklıklar

5. Diğer Nedenler

- Miksödem (hipotiroidizmde)
- Lipödem
- İdiyopatik ödem

6. Ödemle İlişkili İlaçlar (Largeau et al., 2021)

Daha Yaygın İlaçlar

• Endokrin ilaçlar: Tiazolidindionlar (rosiglitazon, pioglitazon), glukokortikoidler, aromataz inhibitörleri, testosteron, androjenler, fludrokortizon, östrojen, progesteron, tamoksifen

• Kalsiyum kanal blokerleri ve diğer vazodilatörler: Amlodipin, felodipin, nikardipin, nifedipin, nimodipin

- Alfa blokerler
- Hidralazin
- Minoksidil

Daha Az Yaygın İlaçlar

- Antidepresanlar (trazodon, monoamin oksidaz inhibitörleri)
- Dihidropiridin olmayan kalsiyum kanal blokerleri (verapamil, diltiazem)
- Antiparkinson ilaçları (ropinirol, pramipeksol)

Kanser Önleyici İlaçlar

- Gemcitabine, siklofosfamid, klofarabin
- Taksanlar (dosetaksel, paklitaksel)
- Protein kinaz inhibitörleri: Anaplastik lenfoma kinaz inhibitörleri (seritinib, krizotinib), Bruton tirozin kinazı inhibitörü (ibrutinib), BCR-Abl inhibitörleri (dasatanib, imatinib, ponatinib), vasküler endotelyal büyüme faktörü inhibitörü (sunitinib), PI3K/AKT inhibitörleri (alpelisib, idelalisib)

Diğer İlaçlar

- Proton pompası inhibitörleri
- Diazoksit
- Steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar (Goyal et al. 2025)

2.2.4. Klinik Değerlendirmesi

İlk değerlendirme, kalp, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi başlıca sistemik nedenlerin dışlanmasına odaklanmalıdır. Ayrıntılı bir öykü ve fizik muayene, tanısal süreci yönlendirmek, olası altta yatan durumları belirlemek ve gereksiz tetkikleri en aza indirerek daha hedefe yönelik bir değerlendirme yapılmasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir (Goyal et al. 2025).

Sistemik nedenlerden, örneğin KKY şüpheleniliyorsa; göğüs radyografisi, elektrokardiyografi (EKG) ve serum beyin natriüretik peptid (BNP) düzeyleri değerlendirilmelidir. Bu bulgulara bağlı olarak ileri değerlendirme amacıyla ekokardiyografi yapılması gerekebilir (Bestetti, Cardinalli-Neto and Couto, 2020). Renal hastalıktan şüphelenildiğinde serum kreatinin ve proteinüri açısından idrar tahlilini içeren temel metabolik panel (BMP) değerlendirilmelidir. Böbrek hastalığı güçlü şekilde düşünülüyorsa, intrinsik renal patolojiyi ekarte etmek için renal USG yapılabilir (Goyal et al. 2025).

Karaciğer hastalığından şüphelenilen olgularda değerlendirme, öncelikle karaciğer fonksiyon testleri (LFT) ve albümin düzeyleri ile başlamalı, şüphe devam ederse veya laboratuvar sonuçları anormal bulunursa karaciğer USGsi ile devam edilmelidir (Mengi et al.,

2019). Hipotiroididen şüpheleniliyorsa, öncelikle tiroid fonksiyon testleri (TFT) yapılmalı, gerektiğinde tiroid USGsi ile ileri değerlendirme yapılmalıdır. DVT şüphesinde tercih edilen görüntüleme yöntemi Doppler USGdir ve ayrıca kronik venöz yetmezlik tanısını doğrulamak için de kullanılabilir (Goyal et al. 2025).

Selülit düşünülen hastalarda, lökositoz varlığını değerlendirmek için tam kan sayımı yapılmalıdır; bu bulgu aktif enfeksiyonu düşündürebilir. Kan kültürleri alınarak olası bakteriyemiler tanımlanmalı ve uygun antibiyotik tedavisine yön verilmelidir. Daha ciddi veya atipik olgularda, derin doku enfeksiyonu veya apseleri değerlendirmek amacıyla ek görüntüleme yöntemleri göz önünde bulundurulabilir (Goyal et al. 2025).

2.2.4.1. Gode Testi (Konvansiyonel Yöntem)

Periferik ödemin klinik değerlendirilmesinde en sık kullanılan konvansiyonel yöntem gode (pitting edema) testidir. Bu testte, ödemli bölgeye — genellikle tibianın ön yüzüne — başparmak veya işaret parmağı ile yaklaşık 5 saniye süreyle baskı uygulanır ve parmak çekildikten sonra ciltte kalan çöküntünün (gode) süresi değerlendirilir. Baskı sonrası ciltte belirgin bir çöküntü oluşması pitting ödem varlığını gösterirken, çöküntü oluşmaması non-pitting ödemi (örneğin lenfödem, miksödem) düşündürür. Gode derinliği ve kaybolma süresine göre +1’den +4’e kadar derecelendirme yapılır; +1 hafif ve hızlı kaybolan, +4 ise derin ve uzun süre kaybolmayan çöküntüyü tanımlar. Bu yöntem ucuz ve kolay uygulanabilir olmakla birlikte subjektiftir, değerlendiriciye bağımlıdır ve kantitatif bilgi sağlamaz. Bu nedenle, günümüzde özellikle yoğun bakım hastalarında objektif kuantifikasyon sağlayan USG ile desteklenmesi önerilmektedir (Ely et al. 2006).

2.2.5. Ultrason ile Değerlendirme

USG, deri altı dokuyu ve bacak ödemi doğrudan görüntüleyebilen, noninvaziv ve bedside uygulanabilir bir yöntemdir (Tassenoy et al., 2011; Suehiro et al., 2017). Ödemli deri

altı dokusu; su, yağ, lenf damarları vb. bileşenler nedeniyle US görüntülerinde homojen değildir (Dai et al., 2013) ve ödem varlığında ekogenitesi yaşlı bireylerde normal deri altı dokusuna göre daha yüksektir (Tassenoy et al., 2011). Bununla birlikte, ekogenitenin görsel değerlendirmesi subjektiftir ve operatörler arasında değişkenlik gösterebilir (Sanada and Mori, 2014). Bu nedenle, ödemin objektif değerlendirilmesi için deri altı ekogenitesinin deri, kas ve fasya gibi normal dokulara göre normalize edilmesi önerilmiştir. Ancak kronik ödemli yaşlı hastalarda normal dokuların ekogenitesindeki değişkenlik bu yaklaşımı kısıtlayabilir.

AAFP'nin 2022 tarihli rehberine göre, akut tek taraflı alt ekstremitte ödemi olan hastalarda derin ven trombozu olasılığını değerlendirmek amacıyla ilk tercih edilen yöntem kompresyon USGsidir. Kronik bilateral ödem varlığında ise dupleks USG ve reflü testi, kronik venöz yetmezliğin tanısında ve lenfödemden ayırt edilmesinde kullanılır. Ayrıca Doppler US, hem derin ven trombozunun hem de venöz yetmezliğin tanısında yüksek doğruluk oranına sahiptir ve sistemik nedenler dışlandıktan sonra periferik ödemin etyolojik değerlendirmesinde kilit bir rol oynar (Patel et al. 2022).

2.3. Yoğun Bakımda Yatak Başı Ultrasonografi

21. yüzyılda tıp alanındaki önemli gelişmelerden biri, sonografinin yatak başı bakımına, yani POCUS genişletilmesidir. POCUS, hastanın bulunduğu yere getirilen ve sağlık hizmeti sağlayıcısı tarafından “gerçek zamanlı” olarak gerçekleştirilen taşınabilir ultrason uygulaması olarak tanımlanmaktadır (Campbell, Bechara and Islam, 2018). Ultrasonun invaziv olmayan yapısı ve kritik hastalarda tekrarlayan hızlı değerlendirme yapılabilmesi, bu yöntemi acil bakım için birinci basamak tanı aracı haline getirmiştir (Andruszkiewicz and Sobczyk, 2013). YBÜ'lerde sonografinin klinik önemi şüpheye yer bırakmayacak şekilde kanıtlanmış olup, günümüzde bakım standardı olarak kabul edilmektedir (Levitov et al., 2016).

Yoğun bakım uzmanları ve klinisyenler, daha önce yalnızca eğitimli radyologların uyguladığı bir teknik olarak düşünülen sonografiyi artık yatak başı hasta yönetiminde etkin

şekilde kullanılmaktadır. Yeni eğitim almış asistanlar ve tıp öğrencileri tarafından uygulanan bu tür sonografik tekniklerin etkinliği, kritik olmayan hastaları içeren çeşitli çalışmalarda analiz edilmiştir (Kessler and Bhandarkar, 2010; Chalumeau-Lemoine et al., 2009; Panoulas et al., 2013).

Son 30 yıldır yoğun bakım tıbbında POCUS kullanımında, görüntü edinimi ve yorumlanması operatörün yeterli eğitimine ve becerisine dayanmıştır. Sonuç olarak, yoğun bakım POCUS kullanıcılarının beceri seti önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Temel POCUS kullanıcıları, her zaman doğru olmayan içsel varsayımları içeren basitleştirilmiş bir nitel değerlendirmeye güvenir (Vermeiren, Malbrain and Walpot, 2015). Örneğin, sol ventrikül sistolik fonksiyonunda ciddi azalma olan hipotansif bir hastanın kardiyojenik şok geçirdiği düşünülebilir. Gelişmiş bir POCUS kullanıcısı, hastanın içinde bulunduğu şok türünü daha doğru bir şekilde belirlemek için kardiyak debinin nicel bir değerlendirmesini içerecektir. Ölçümlerin doğruluğu, tarayıcının görüntü edinimi ve Doppler fiziği konusundaki uzmanlığına büyük ölçüde bağlıdır.

Makine öğrenmesi ve yapay zekâ (AI) alanındaki hızlı gelişmeler, temel POCUS ve ileri kantitatif ölçümler için giriş engelini giderek düşürmeye başlamıştır. Günümüzde ticari olarak temin edilebilen bazı POCUS cihazları, gerçek zamanlı görüntü kalitesi geri bildirimi sağlayabilmektedir. Böylece, acemi bir kullanıcı bile YZ yardımıyla yüksek kaliteli görüntüler elde etme potansiyeline sahiptir. Bazı POCUS cihazları artık gelişmiş kantitatif değerlendirmeleri otomatik olarak yapabilme özelliği de sunmaktadır. Gohar ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, elde taşınabilir bir ultrason probuna entegre edilmiş YZ, sol ventrikül (SV) ejeksiyon fraksiyonunu, SV çıkış yolu hız-zaman integrali (VTI) ve vena kava inferior (VKI) çapı ile kollapsibilitesini hesaplayabilmiştir. Cihaz ayrıca elde edilen görüntülerin kalitesi hakkında kullanıcıya geri bildirim sağlamıştır. Görüntü kalitesi yüksek veya orta

düzeyde olduğu sürece, uzman sonografistin manuel ölçümleri ile YZ ölçümleri arasında iyi bir uyum saptanmıştır (Gohar et al., 2023).

2.3.1. Akciğer Ultrasonografisi

Yatak başı akciğer ultrasonografisi (LUS), yoğun bakım hastalarının değerlendirilmesinde giderek artan bir şekilde temel tanısal araç haline gelmiştir. 1990'lı yıllarda Daniel Lichtenstein'in öncü çalışmaları ile klinik pratiğe giren LUS, pnömotoraks, interstisyel sendrom (pulmoner ödem), konsolidasyon ve plevral efüzyon gibi birçok torasik patolojiyi hızlı ve doğru şekilde saptayabilmektedir (Lichtenstein et al., 1997). Geleneksel akciğer grafisine kıyasla LUS'un duyarlılığı ve özgüllüğü daha yüksektir ve iyonizan radyasyona maruz kalmadan tekrarlanabilir olması önemli bir avantaj sağlar (Volpicelli et al., 2013a).

LUS'da normal akciğer görüntüsü "A-line" artefaktları ve plevral kayma ile karakterizedir. Üç veya daha fazla "B-line"ın tek bir interkostal aralıkta görülmesi interstisyel sendromu düşündürür ve bu bulgu kardiyojenik ya da kardiyojenik olmayan pulmoner ödem, inflamasyon veya fibrozis ile ilişkili olabilir (Soldati and Demi, 2017). Hayvan modellerinde B-line sayısının akciğerlerin ıslak/kuru ağırlık oranı ile güçlü korelasyon gösterdiği ve bu nedenle pulmoner sıvı yükünün kantitatif değerlendirilmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir (Jambrik et al., 2010).

Plevral efüzyonlar ultrasonografide anekoik veya septalı/eko içerikli kompleks koleksiyonlar olarak izlenebilir. Septalı veya ekojen içerikli efüzyonların her zaman eksüda olduğu, anekoik efüzyonların ise transüda veya eksüda olabileceği bildirilmiştir (Sajadieh et al. 2014). Bu nedenle LUS hem tanı koydurucu hem de güvenli torasentez için uygun giriş yerini belirlemede kritik rol oynar (Guevarra and Greenstein, 2020).

Güncel literatürde yapay zekâ (YZ) destekli LUS analizleri umut verici sonuçlar sunmaktadır (Guevarra and Greenstein, 2025). YZ algoritmaları, plevral çizginin düzgünlüğü

veya küçük konsolidasyonların varlığı gibi subklinik bulguları saptayarak kardiyojenik pulmoner ödem ile enfeksiyöz/iltihabi nedenleri ayırt etmede insan gözünden daha yüksek doğruluk sağlayabilmektedir. Ayrıca renkli Doppler kullanımı ile pnömoni ve atelektaziye ayırt etme doğruluğu artmış, dinamik hava bronkogramlarının pnömoni için %96 pozitif prediktif değer taşıdığı gösterilmiştir (Haaksma et al., 2022).

Tüm bu veriler, LUS'un yoğun bakım pratiğinde yalnızca tanısal değil aynı zamanda tedaviye yanıt takibinde de (ör. diüretik tedavisi sonrası B-line sayısındaki azalma) kritik bir karar destek aracı olduğunu ortaya koymaktadır (Arntfield et al. 2021). Güncel kılavuzlar, LUS'un yoğun bakım uzmanlık eğitiminde temel yeterlilikler arasında yer almasını ve tüm hekimlerin rutin bedside değerlendirmede bu yöntemi kullanabilmesini önermektedir (Guevarra and Greenstein, 2025).

2.3.1.1. Akciğer Ultrasonu Uygulaması

Akciğer ultrason cihazında kazanç, zaman telafisi ve derinlik gibi çeşitli temel ayarlar, Williamson ve arkadaşları tarafından tanımlanmış olup, net ve dengeli bir görüntü elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Williamson et al., 2017). Akciğer ultrasonu için prob, interkostal boşluğa yerleştirilir. Bu konum, plevra ve akciğerleri görüntülemek için yeterli penetrasyon sağlar. Kaburgalar radyoopaktır ve bu nedenle görüntüleme için uygun bir ortam oluşturmaz. Plevranın daha iyi tanımlanabilmesi ve aşağıda belirtilen bazı bulguların daha net bir şekilde görüntülenebilmesi için doğrusal problar da kullanılabilir.

Ultrason incelemesinde üç temel mod bulunmaktadır:

- **Genlik Modu (A Modu):** Genlik modu, X ekseninde derinlik ve Y ekseninde genliğin grafik olarak çizildiği ekranda genlik sivri uçlarının görüntülenmesidir. Bu mod, özellikle gözün incelenmesi ve litotripsi gibi hassas işlemler için sıklıkla kullanılmaktadır (Carovac, Smajlovic and Junuzovic, 2011).

• **Hareket Modu (M Modu):** Yatay ekseninde zamanı, dikey ekseninde ise doku derinliğini gösteren iki boyutlu bir diziden oluşur. Hareketli organlarda probun derinliği değiştikçe organ sınırlarının hareketini tespit etmeye yardımcı olur. Bu mod, acil durumlarda pnömotoraks, sol ventrikül sistolik fonksiyonu, kardiyak tamponad ve hipertrofik obstrüktif kardiyomiyopati gibi durumların teşhisinde önemli bir role sahiptir (Saul et al. 2015).

• **Parlaklık Modu (B Modu):** Aksi belirtilmediği sürece tercih edilen moddur. Bir dizi dönüştürücü tarafından oluşturulan düzlemsel bir 2B görüntü üretir. En sık kullanılan mod olup, bu çalışmada da temel olarak tercih edilen moddur (Carovac, Smajlovic and Junuzovic, 2011).

2.3.1.2. Sonotranstorasik Anatomi

Göğüs duvarında farklı akustik empedanslara sahip havalanmış akciğer dokusu ve sıvı alanlar birbirini sınırlandırarak akciğer ultrasonunda tanısal değeri yüksek olan on tipik sonografik işareti oluşturur: yarasa işareti, akciğer kayması, A-çizgileri, dördümlü işareti, sinüzoid işareti, takım işareti, doku benzeri işaret, B-çizgileri, stratosfer işareti ve akciğer noktası. Lichtenstein ve arkadaşları, bu işaretlerden sekizini temel alarak solunum sistemi hastalıklarının tanısında %90,5 oranında doğruluk sağlayan sonografik desenler tanımlamıştır (Lichtenstein and Mezière, 2008).

Plevral çizgi, kaburgalar arasında uzanan yatay bir hiperekoik çizgi olarak görünür ve komşu kaburgalar ile birlikte karakteristik bir “yarasa işareti” oluşturur. Bu görünümde kaburgalar “kanatlar”ı, plevral çizgi ise “gövde”yi temsil eder. Kaburgalar, ultrason dalgalarını yansıtarak tipik akustik gölgelenme oluşturur. Parietal plevranın altındaki yüksek gaz-hacim oranı, cilt ile plevral çizgi arasındaki mesafeye eşit aralıklarla tekrarlayan yatay yankı artefaktlarına yol açar; bunlar “A-çizgileri” olarak adlandırılır (Bhoil et al., 2021).

Normalde visceral ve parietal plevralar yakın ilişkilidir ve plevra arayüzü üzerinde solunuma senkronize bir “akciğer kayması” hareketi izlenir. Bu kayma, M-modunda karakteristik “sahil işareti” (seashore sign) ile temsil edilir; burada yüzeysel dokular hareketsiz

olduklarından yatay hiperekojen çizgiler halinde görünürken, akciğer dokusu proba doğru veya uzaklaşan hareketleri ile kumlu bir desen oluşturur (Parab and Solanki, 2017)

A-çizgilerinin baskın olduğu, akciğer kaymasının korunduğu ve plevral efüzyonun olmadığı durum “A-profil” olarak tanımlanır. Bu profil, pulmoner arter basıncının <18 mmHg olduğu durumlarla ilişkilidir. Klinik semptomları olan hastalarda A-profilin eşlik ettiği ve alt ekstremitte derin ven trombozu (A-DVT profili) ile birlikte görüldüğü durumlarda pulmoner emboli olasılığını düşündürürken, DVT’nin olmadığı olgularda astım veya KOAH lehine değerlendirilir (Lichtenstein and Mezière, 2008; Lichtenstein, 2013).

B-çizgileri ise plevral çizgiden başlayıp ekranda alt kenara kadar uzanan, solunumla senkronize hareket eden hiperekojen dikey artefaktlardır. Bu çizgiler, küçük hava-sıvı arayüzlerinden yansıyan ultrason dalgalarının oluşturduğu artefaktlardır ve genellikle A-çizgilerini silerler (Lichtenstein et al., 1997). B-çizgilerinin sayısının artması, interstisyel sendrom veya pulmoner ödem varlığını düşündürür ve sıvı yüklenmesinin kantitatif değerlendirmesinde kullanılabilir.

2.3.1.3. Normal Akciğer İşaretleri

Ultrason cihazları esasen sıvı yapıları incelemek amacıyla geliştirilmiştir. Ancak göğüs duvarını oluşturan dokular ile hava ile şişirilmiş akciğer arasındaki belirgin akustik empedans farkı, ultrason dalgalarının plevral düzlemin ötesine geçmesini engeller. Hava-doku arayüzünde ultrason ışını yansır ve bunun sonucunda plevra düzleminin ötesinde yatay reverberasyon artefaktları ve ayna fenomenleri oluşur. Bu durumda ultrason yalnızca standart koşulları varsayarak artefakt görüntüler oluşturabilir (Demi et al., 2020).

Artefaktlar anatomik bir yapıyı temsil etmeseler de klinik açıdan değerli bilgiler sağlayabilirler. Akciğer yüzeyi ve çevresi havaya ne kadar benzerse, reverberasyon ve ayna fenomenleri o kadar belirgin hale gelir. Bu nedenle “normal akciğer” ifadesi aslında doğru

değildir; ultrason değerlendirmesi yalnızca akciğerin çevresi ve plevral yüzeyle sınırlıdır (Soldati et al., 2019).

Plevral Çizgi ve Akciğer Kayması: Göğüs duvarı ile periferik akciğerler arasındaki akustik arayüz plevral çizgi olarak adlandırılır (Lichtenstein and Menu, 1995). Akciğer kayması, inspirasyon ve ekspirasyon sırasında visseral plevranın parietal plevra üzerinde kayarak oluşturduğu dinamik bir harekettir. Bu hareket, plevral çizgi boyunca yatay bir kayma şeklinde izlenir ve normalde parietal plevraya yapışık akciğer dokusunun göstergesidir (Rantanen, 1986). İlk olarak hayvan modellerinde tanımlanan bu fenomen (Lichtenstein and Mezière, 2008), M-modu ile analiz edilerek daha objektif şekilde belgelenebilir. M-modu plevral çizginin üzerine yerleştirildiğinde, plevral çizginin üstündeki göğüs duvarı hareketsiz kalarak yatay çizgiler oluştururken, alttaki akciğer hareketi “kumlu” görünüme benzer granüler bir desen oluşturur. Bu iki farklı görüntü birlikte “sahil işareti” (seashore sign) olarak adlandırılır ve normal akciğerin varlığını gösterir (Targhetta, Bourgeois and Balmes, 1990).

A-Çizgileri: A-çizgileri, plevral çizgiye paralel, hareketsiz yatay reverberasyon artefaktlarıdır. Plevral düzlemin bir ayna gibi davrandığı ve akciğerin havalı olduğu durumlarda oluşurlar (Soldati et al., 2019). Plevral çizginin kayma hareketi ile birlikte A-çizgilerinin izlenmesi, akciğerin havalı olduğunu ve pnömotoraks olmadığını düşündürür. Kayma bulgularının kaybolması ve akciğer noktalarının (lung point) araştırılması, pnömotoraks tanısında yol göstericidir (Rantanen, 1986), Targhetta, Bourgeois and Balmes, 1990).

Perde İşareti: Perde işareti, plevral efüzyon içinde serbest hava varlığı veya ventile akciğerin plevral efüzyon üzerine hareket etmesi sonucu oluşan ultrason artefaktıdır (Lee, 2017). Bu işaret, özellikle toraksın kostofrenik sinüsünde, diyafram ve karın organlarının anatomik ilişkisine bağlı olarak iyi tanımlanmış bir sınır şeklinde izlenir. Şişirilmiş akciğerin kostofrenik sinüse hareketi sırasında görüntüde perdeyi andıran bir gölgelenme oluşur (Lee, 2016).

Z-Çizgileri: Z-çizgileri, plevral çizgiden değil göğüs duvarından kaynaklanan, dikey artefaktlara benzeyen kısa ve zayıf yankılanmalardır. A-çizgilerini silmezler ve akciğer kayması ile hareket etmezler. Genellikle sağlıklı akciğerlerde veya plevral planda büyük yansıma yaratan pnömotoraks ve amfizem gibi durumlarda görülebilirler. Klinik önemi sınırlıdır, ancak yanlış yorumlanmaması için diğer dikey artefaktlardan ayırt edilmelidir (Neto et al., 2016; Goffi, Kruisselbrink and Volpicelli, 2018). Literatürde bu artefaktların bazen kısa kuyruklu yıldızlar (I-çizgileri) olarak adlandırıldığı ve plevral çizgiden kaynaklanan gerçek dikey artefaktlardan ayırt edilmesi gerektiği belirtilmiştir Neto et al., 2016; MacDuff et al., 2010).

2.3.1.4. Akciğer Ultrasonunda Patolojik Bulgular

Akciğer ultrasonu, normal artefaktik görünümünden sapmaları değerlendirerek patolojik durumları tanımlamaya olanak sağlar. Patolojik bulgular, genellikle akciğerin havalanmasının bozulması veya interstisyel arayüzde sıvı birikimi sonucu ortaya çıkan yeni artefaktlar ya da gerçek anatomik görüntüler şeklinde izlenir. Bu bağlamda akciğer patolojileri üç ana sendrom altında incelenir: interstisyel sendrom (B-çizgilerinin artışı, “white lung” görünümü), alveoler sendrom (konsolidasyon ve hava bronkogramlarının varlığı) ve plevral sendromlar (plevral efüzyon, plevral kalınlaşma, pnömotoraks). Ultrason, bu sendromların erken tanısında, etyolojik ayrımında ve tedaviye yanıtın izlenmesinde yüksek duyarlılık ve özgüllük kullanılabilmektedir (Volpicelli et al., 2012; Reissig ve Copetti, 2012). Ayrıca, son yıllarda özellikle COVID-19 pandemisi ile birlikte akciğer ultrasonu, hem tanısal hem de prognostik amaçla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmış ve literatürde patolojik bulguların yarı kantitatif skorlamaları geliştirilmiştir (Boccatonda et al., 2023).

2.3.1.4.1. İnterstisyel Sendrom

Subplevral hava-doku arayüzü, akciğer ultrasonunda dikey yankıların tespit edilmesine olanak tanır. Plevral çizgiden kaynaklanan, ekranın altına kadar solmadan uzanan ve akciğer

kayması ile senkronize hareket eden lazer benzeri hiperekoik dikey artefaktlara B-çizgileri (veya “kuyruklu yıldız kuyrukları”) adı verilir (Volpicelli et al., 2012). B-çizgileri interstisyel sendromun temel ultrasonografik göstergesidir. İncelenen akciğer alanında üçten az B-çizgisinin varlığı genellikle normal kabul edilirken, çizgilerin sayısının artması ve tüm interkostal alan boyunca birleşerek tek tip bir hiperekoik çizgi cephesi oluşturması durumunda “beyaz akciğer” görünümü ortaya çıkar (Volpicelli et al., 2012; Mayo et al., 2019).

B-çizgilerinin oluşum mekanizması tam olarak aydınlatılamamış olmakla birlikte, günümüzde en çok kabul gören hipotez, pulmoner korteksin plevraya yakın alveoler hava boşluklarının interstisyel dokuyla çevrili olduğu bir mikrosünger yapısı gibi davrandığı ve sıvı birikiminin bu mikro yapıyı bozarak ultrason dalgalarının daha derine nüfuz etmesine izin verdiği yönündedir. Patolojik sıvı birikimi (transüda veya eksüda) alveoler hava miktarını azaltır ve bu durum A-çizgisi paterninden B-çizgisi paternine geçişe yol açar (Volpicelli et al., 2013b; Soldati and Demi, 2017; Lichtenstein et al., 1997).

Yaygın ve bilateral B-çizgilerinin varlığı, interstisyel sendrom olarak tanımlanır ve kardiyojenik veya nonkardiyojenik pulmoner ödem, interstisyel pnömoni/pnömonit ve diffüz parenkimal akciğer hastalıklarını düşündürür. Odaksal (>3 adet) B-çizgileri, pnömoni, kontüzyon, pulmoner enfarktüs veya neoplastik infiltrasyon gibi fokal interstisyel hastalıkların varlığına işaret edebilir (Volpicelli et al., 2013b; Soldati and Demi, 2017; Lichtenstein et al., 1997). Kardiyojenik pulmoner ödemde B-çizgileri genellikle taban-tepe gradyanı ile bilateral ve simetrik dağılım gösterirken (Soldati and Demi, 2017), akciğer fibrozunda B-çizgileri düzensiz ve heterojen dağılım gösterir; plevral çizgi düzensizlikleri ve küçük subplevral konsolidasyonlar eşlik edebilir (Wang et al., 2017).

Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) olgularında ise B-çizgilerinin yamalı (patchy) dağılımı, düzensiz plevral çizgiler, ön subplevral konsolidasyonlar, azalmış akciğer kayması ve normal parankimin “korunmuş adacıkları” tipiktir (Islam et al., 2020). Bu bulgular, ARDS’nin

heterojen doğasını yansıtır ve akciğer ultrasonunun tanı ve prognoz takibinde değerli bir araç olduğunu gösterir.

2.3.1.4.2. Alveolar Sendrom ve Konsolidasyon

Alveoler hava miktarının ileri derecede azalması ve interstisyel ya da alveoler boşluklarda sıvı birikiminin artması, alveollerde havanın tamamen kaybolmasına ve sonuçta konsolidasyon olarak adlandırılan karakteristik ultrasonografik görünümün ortaya çıkmasına neden olur. Konsolidasyon alanı plevral çizgiye kadar uzandığında ve prob ile patolojik odak arasında normal havalı parankim bulunmadığında, ultrason bu yapıyı artefakt yerine gerçek bir anatomik görüntü olarak yansıtır. Konsolidasyon, ultrasonografide karaciğer dokusuna benzer bir görünüm sunar ve bu nedenle “hepatizasyon” olarak adlandırılır; genellikle hipoekoik ve kompakt bir alan şeklindedir. Bu alan içinde damar yapıları, bronşiyal dallar gibi anatomik ayrıntılar da seçilebilir (Boccatonda et al., 2023).

Hava yolu açıklığının korunması durumunda, konsolidasyon alanında hiperekoik noktalar ve/veya çizgisel yapılar izlenir; bunlara hava bronkogramları denir. Hava bronkogramlarının varlığı, özellikle pnömoni gibi inflamatuvar konsolidasyonlarda ayırıcı tanıda değerli bir bulgudur. Dinamik hava bronkogramları (solunum hareketi ile yer değiştirenler) atelektaziden ziyade pnömoni lehine yorumlanırken, statik hava bronkogramları genellikle obstrüktif atelektazi ile ilişkilidir (Mathis, 1997).

Konsolidasyon alanları yalnızca enfeksiyon hastalıklarında değil, aynı zamanda neoplastik infiltrasyonlar, makronodüler ve granülomatöz hastalıklar, alveoler hemoraji, pulmoner enfarktüs ve atelektazi gibi pek çok patolojide gözlenebilir. Bu nedenle, farklı etiyolojilere bağlı konsolidasyonların ayırıcı tanısında hava bronkogramlarının sayısı, dağılımı ve ekojenik özelliklerinin sistematik analizi önerilmektedir (Reissig and Kroegel, 2009).

2.3.1.4.3. Plevral Sendromlar

Plevral sendromlardan pnömotoraks, mekanik ventilasyon, torasentez veya santral venöz kateter yerleştirilmesi gibi işlemlerin potansiyel olarak ölümcül bir komplikasyonudur. Supin pozisyonundaki hastalarda değerlendirme, yerçekiminden en az etkilenen ön göğüsten başlanarak lateral bölgelere doğru yapılmalıdır.

Akciğer kaymasının izlenmemesi ve M-modunda yalnızca yatay çizgilerin görülmesi “stratosfer işareti” olarak tanımlanır (Lichtenstein and Menu, 1995; Lichtenstein et al., 2005). Akciğer kaymasının varlığı pnömotoraksı %99,2–100 arasında yüksek negatif öngörü değeriyle dışlar. Ancak, akciğer kaymasının yokluğu tek başına spesifik değildir; ARDS, atelektazi, plevral yapışıklıklar, pulmoner fibrozis veya tek akciğer entübasyonu gibi durumlarda da görülebilir (Husain et al., 2012).

Pnömotoraks tanısında akciğer kaymasının yokluğu ile birlikte B çizgileri ve akciğer nabzının da gözlenmemesi gerekir. Ayrıca toraks boyunca tarama yapılarak “akciğer noktası” belirlenmelidir (Volpicelli et al., 2012). Bu nokta, akciğer kaymasının olduğu alan ile kaybolduğu alan arasındaki geçişi temsil eder ve pnömotoraksın sınırını %100 özgüllükle gösterir (Lichtenstein et al., 2000). Supin pozisyonundaki hastalarda akciğer noktasının göğüs duvarında lateral yerleşmesi, pnömotoraksın yayılımının fazla olduğunu düşündürür (Volpicelli, 2011).

Diğer bir plevral sendrom olan plevral efüzyon, ultrasonografide visseral ve parietal plevra arasında anekoik veya hipoekoik sıvı birikimi olarak izlenir. Supin pozisyonundaki hastalarda efüzyonun en uygun değerlendirildiği bölge diyaframın hemen üzerindeki posterior aksiller çizgidir. Bu bölgede, efüzyon içindeki atelektatik akciğerin diyafram hareketiyle birlikte “sallanma” hareketi gözlenebilir.

Plevral efüzyonun transüda mı eksüda mı olduğu LUS ile kesin olarak ayırt edilemez; ancak bazı ultrasonografik bulgular yol gösterici olabilir. Transüdalar genellikle anekoik görünümdeyken, iç septasyonlar veya artmış ekojenite enfekte veya malign eksüdalara işaret

eder. Homojen ekojenik efüzyonlar hemorajik efüzyon veya ampiyemi düşündürür. Septalı sıvılar genellikle enfekte eksüdalarda veya malign efüzyonlarda görülür (Yang et al., 1992).

LUS, yoğun bakım hastalarında yalnızca plevral efüzyonun tanısında değil, aynı zamanda yatak başı torasentez işleminin güvenli planlanmasında da önemli bir rol oynar (Mayo et al., 2004). Ayrıca plevral sıvı miktarının ölçülmesi, sistemik sıvı yükünün bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, ultrason ile saptanan plevral efüzyon hacmi ile ultrasonografik periferik ödem ölçümleri ve konvansiyonel gode değerlendirmesi arasındaki korelasyonun incelenmesi, hastanın sıvı durumunun objektif olarak değerlendirilmesine katkı sağlar.

2.3.1.5. BLUE Protokolü

LUS'a yapılandırılmış bir yaklaşım kazandırmak amacıyla çeşitli protokoller geliştirilmiştir. Bu protokoller, akciğer ultrasonuna ek olarak kalp, karın ve venöz sistemin değerlendirilmesini de içerebilen kapsamlı yaklaşımlardır. Bu uygulamaların ayrıntılı tartışması bu çalışmanın kapsamı dışında olmakla birlikte, literatürde kapsamlı biçimde incelenmiştir (Lichtenstein, 2014; 2015).

Yoğun bakım hastalarında en sık kullanılan yaklaşımlardan biri, **“Acil Durumlarda Yatak Başı Akciğer Ultrasonu (BLUE – Bedside Lung Ultrasound in Emergency)”** protokolüdür. BLUE protokolü, akut solunum yetmezliği olan hastalarda hızlı tanı sağlamayı hedefler ve gerektiğinde akciğer ile vasküler ultrasonu da içeren bütüncül bir algoritmadır. Hayati bulgular ve klinik verilerle birlikte yorumlandığında tanısal doğruluk oranı %81–100 arasında değişmekte olup, özellikle deneyimli operatörlerde %90'a ulaşmaktadır (Lichtenstein, 2014;2015).

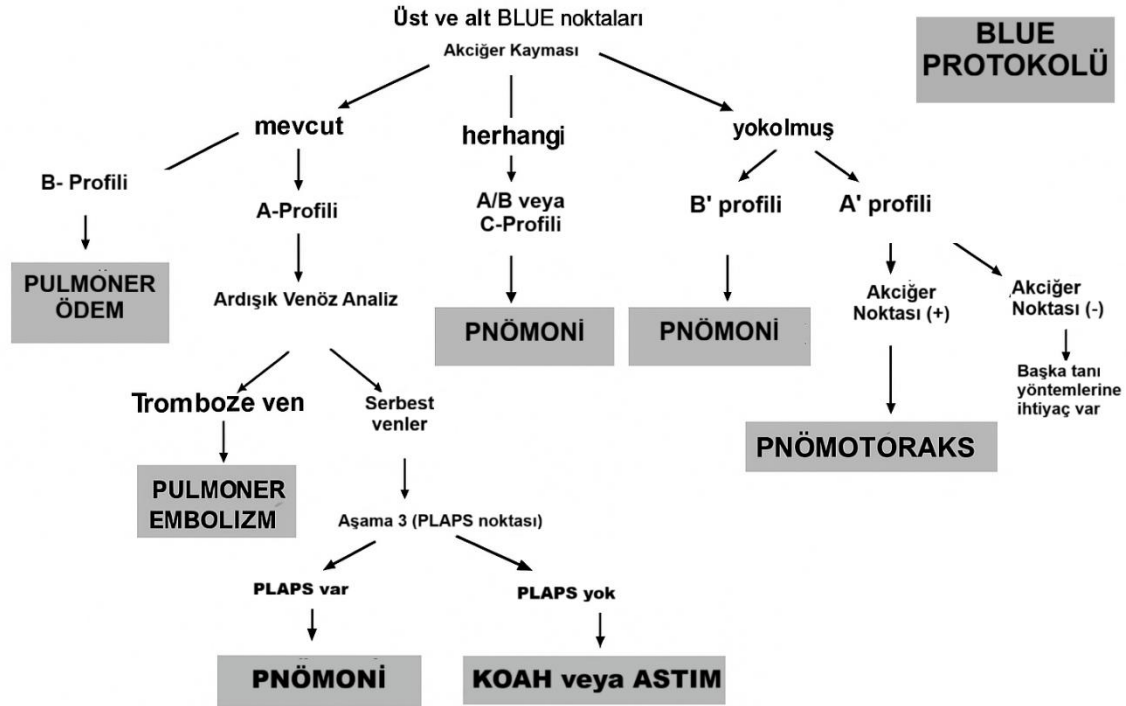
İlk olarak 2008 yılında tanımlanan BLUE protokolü, başlangıçta her iki hemitoraksta ön, lateral ve posterolateral olmak üzere üç bölgenin taranmasını, her bir bölgenin üst ve alt yarılarına

ayrılmasıyla toplam altı tarama noktası elde edilmesini öngörüyordu. Daha sonra bu yöntem, “mavi noktalar” olarak adlandırılan üç standart tarama noktasını içeren daha sade bir yaklaşıma dönüştürülmüştür (Lichtenstein, 2014).

Protokolün ilk adımı, her iki akciğerde **akciğer kaymasının** değerlendirilmesidir. Daha sonra Şekil 2.4’te yer alan algoritma izlenerek hastalar farklı hastalık profillerine ayrılır:

- **A profili:** Akciğer kayması + A çizgileri
- **B profili:** Akciğer kayması + B çizgileri
- **A/B profili:** Bir akciğerde A profili, diğerinde B profili
- **C profili:** Ön akciğer konsolidasyonu
- **A' profili:** Akciğer kayması olmayan A profili
- **B' profili:** Akciğer kayması olmayan B profili

BLUE protokolü, pulmoner ödem, pulmoner emboli, pnömoni, pnömotoraks, KOAH ve astım gibi patolojilerin ayırıcı tanısında yüksek doğruluk sağlar (Lichtenstein, 2014; 2015). Bununla birlikte, klinik uygulamada bu paternler arasında örtüşme olabileceği ve katı kategorik sınıflandırmanın her zaman mümkün olmadığı unutulmamalıdır. Örneğin, **B profili**, kardiyojenik pulmoner ödemde olduğu gibi erken dönem ARDS’te de görülebilir ve hastalık ilerledikçe **C desenine** dönüşebilir (Copetti et al., 2008, Lichtenstein and Meziere, 2008; Bass et al., 2015).



Şekil 2. 4. Akut solunum yetmezliği olan hastalar için Acil Durumda Yatak Başı Akciğer Ultrasonu (BLUE) Protokolü. A-profil: Akciğer kayması + A-çizgileri; B-profil: Akciğer kayması + B-çizgileri; A/B-profil: Bir akciğerde A-profil, diğerinde B-profil; C-profil: Ön akciğer konsolidasyonu; A'-profil: A profili + negatif akciğer kayması; B'-profil: B profili + negatif akciğer kayması. Bu karar şeması, akut dispnenin (ani gelişen nefes darlığının) tüm nedenlerini %100 oranında teşhis etmek için tasarlanmamıştır. Genel doğruluk oranı %90,5 olacak şekilde sadeleştirilmiştir (Lichtenstein, 2014; 2015).

2.3.1.6. LUS Skoru Kullanılarak Akciğer Değerlendirilmesi

LUS yalnızca tanısal değil, aynı zamanda hastalık şiddetini ve tedaviye yanıtı izlemeye yönelik kantitatif bir araç olarak kullanılabilmesi için çeşitli puanlama sistemleri geliştirilmiştir (Caltabeloti et al., 2014; Buessler et al., 2020). Bu sistemler, özellikle yoğun bakım hastalarında akciğer tutulumunun derecesini standart şekilde değerlendirmeye olanak sağlar.

En yaygın kullanılan yöntemlerden biri “Akciğer Ultrason Skoru (LUS skoru)”dur. Bu puanlama sisteminde her akciğer bölgesi, havalanma kaybının derecesine göre 0 ile 3 arasında puanlanır:

- 0 puan: Normal havalanmayı gösterir (iki B çizgisinden fazla olmayan normal akciğer),
- 1 puan: Hafif interstisyel sendromu (çoklu iyi tanımlanmış B çizgileri),
- 2 puan: Ciddi interstisyel sendromu veya B çizgilerinin birleşerek “beyaz akciğer” görünümü oluşturmamasını,
- 3 puan: Akciğer parankiminde tam konsolidasyonu temsil eder.

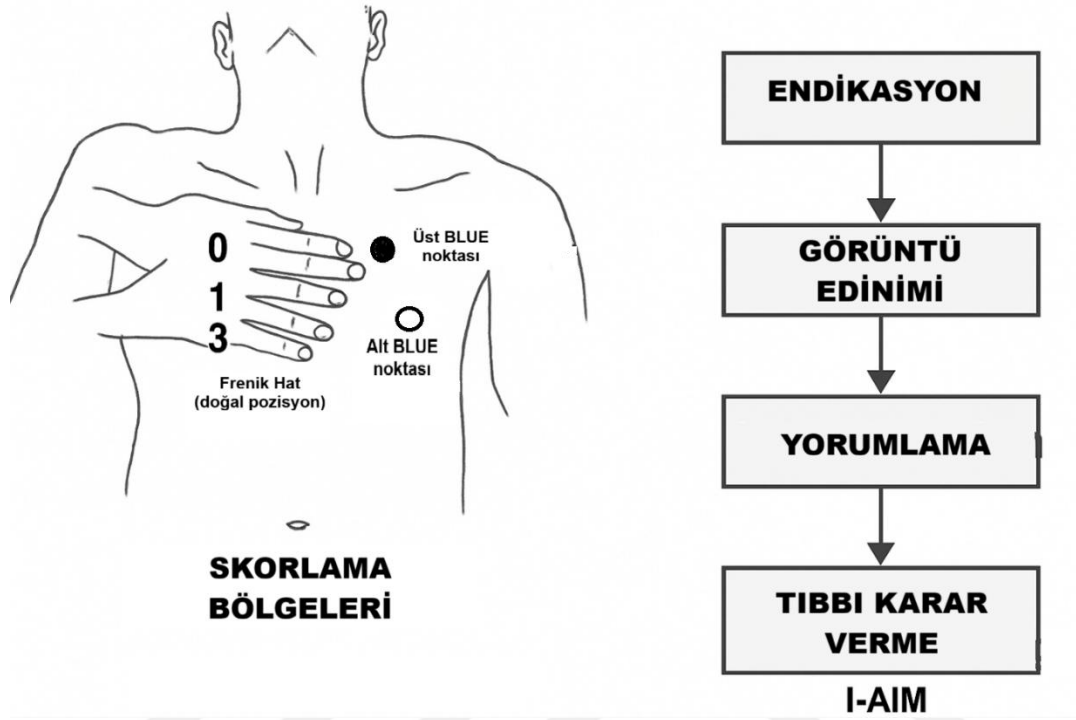
Her bir bölgeden elde edilen puanlar toplanarak toplam LUS skoru hesaplanır. Bu skor, hastalığın ilerleyişinin ve uygulanan tedavilere (örneğin antibiyotik tedavisi, pozisyon değişikliği veya pron pozisyonlama) verilen yanıtın objektif olarak izlenmesinde kullanılabilir (Heldeweg et al., 2023; Prat et al., 2016).

LUS değerlendirmesinde sistematik yaklaşım sağlayan çerçevelerden biri de **I-AIM** (Indication–Acquisition–Interpretation–Medical Decision Making) modelidir (Şekil 2.5) (Kruisselbrink et al., 2017). Bu model, odaklanmış sonografik incelemenin dört temel adımını tanımlar:

1. Endikasyon (Indication): Etiyolojisi bilinmeyen solunum semptomları veya açıklanamayan radyografik bulguların varlığı,
2. Görüntü Edinimi (Acquisition): Uygun hasta pozisyonu, prob seçimi, görüntüleme tekniği ve tarama protokolünün belirlenmesi,
3. Yorumlama (Interpretation): Şüpheli ultrason bulgularının varlığının değerlendirilmesi, ayırıcı tanının oluşturulması ve gerekirse diğer anatomik yapıların ek incelemesi,
4. Tıbbi Karar Verme (Medical Decision Making): Bulguların klinik, laboratuvar ve radyolojik verilerle birlikte değerlendirilmesi ve uygun tedavi stratejisinin belirlenmesi.

Kruisselbrink ve ark., I-AIM çerçevesini kullanarak LUS’un farklı patolojilerin tanısında uygulanmasına yönelik pratik ve sistematik bir yöntem tanımlamışlardır (Kruisselbrink et al., 2017). Ayrıca elde edilen görüntülerin arşivlenmesi, hasta takibinde karşılaştırmalı

değerlendirme yapılması ve gerekirse adli tıbbi incelemelerde kullanılabilmesi açısından önemlidir.



Şekil 2. 5. LUS değerlendirmesinde sistematik I-AIM (Indication–Acquisition–Interpretation–Medical Decision Making) modeli

2.3.2. IVC Kullanılarak Sıvı Yanıtlılığının Değerlendirilmesi

Hastanın hacim durumunun doğru belirlenmesi, klinik değerlendirmede temel bir adımdır. Kritik hastalarda hipovolemi, doku perfüzyonunun azalmasına yol açarken; aşırı sıvı yüklenmesi organ konjesyonu, morbidite ve mortalite riskini artırabilir (Marik et al., 2017). Bu nedenle, volemik değerlendirme hem tedavi yönetimi hem de prognoz açısından büyük önem taşır.

Sağ atriyal basınç (RAP), özellikle kalp yetmezliği olan hastalarda intravasküler hacim durumunun değerlendirilmesinde ve sağkalımın öngörülmesinde temel parametrelerden biridir (Damman et al., 2009). “Santral venöz basınç” (CVP) ve “sağ atriyal basınç” (RAP) kavramları, vena kava tıkanıklığı bulunmadığı sürece eş anlamlı olarak kullanılabilir. CVP’nin

izlenmesinde santral venöz kateter altın standart yöntem olmakla birlikte, invaziv doğası nedeniyle enfeksiyöz ve trombotik komplikasyon riski taşır. Bu nedenle POCUS, hacim değerlendirmesinde güvenilir ve noninvaziv bir alternatif olarak önerilmektedir.

Inferior vena kava (IVC)'nin ultrasonografik değerlendirilmesi (US-IVC), kolay uygulanabilirliği, düşük maliyeti ve yaygın erişilebilirliği nedeniyle CVP ölçümüne alternatif olarak kullanılmaktadır. IVC'nin statik çapı ve solunuma bağlı dinamik değişimleri değerlendirilerek hacim durumu hakkında bilgi elde edilir. Ancak, hipovolemi ve hipervolemi dışında sağ kalp fonksiyonu, intratorasik veya intraabdominal basınç gibi faktörlerin de IVC çapını etkileyebilmesi nedeniyle, sonuçlar dikkatle yorumlanmalıdır. Bu nedenle US-IVC tekniği kolay uygulanabilir olsa da doğru klinik karar için patofizyolojik bilgi ve deneyim gerektirir (Marik et al., 2017).

IVC, ince duvarlı, kapaksız ve retroperitoneal yerleşimli bir damardır; alt ekstremiteler ve abdomen kaynaklı venöz dönüşün büyük kısmını sağ atriya taşır. Venöz sistemdeki toplam kan hacminin yaklaşık %85'i IVC'de bulunduğundan, bu damar dolaşımdaki hacim değişimlerini yansıtan önemli bir göstergedir. “Düz vena kava” görünümü (anteroposterior çap <9 mm) travma hastalarında belirgin hipovolemi ile ilişkilendirilmiştir (Jeffrey and Federle, 1988).

IVC çapı; hastanın pozisyonu, lateral dekübit yönü, sağ kalp fonksiyonu ve solunum fazına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Örneğin, IVC çapı sol lateral pozisyonda daha küçük, sağ lateral pozisyonda daha geniştir (Nakao et al., 1987). Değerlendirmede genellikle düşük frekanslı konveks (2–5.5 MHz) veya faz diziliimli kardiyak prob (2–8 MHz) kullanılır. Görüntüleme, subkostal uzunlamasına planda, sağ atriya ve veno-atriyal bileşkenin net olarak izlendiği pozisyonda yapılır. Subkostal pencere yetersizse, posterior sağ aksiller hat boyunca transhepatik koronal görünüm alternatif olarak kullanılabilir.

IVC çapı genellikle, sağ atriyum birleşiminden yaklaşık 1.5–2 cm uzaklıkta ölçülür (Denault et al., 2018). B-mod görüntüleme ile tanımlandıktan sonra M-mod kullanılarak solunum döngüsüne bağlı değişimler değerlendirilir. Ölçüm sırasında en az üç solunum döngüsü kaydedilmelidir. Kendiliğinden nefes alan hastalarda maksimum çap ekspirasyon sonunda, minimum çap ise inspirasyon sırasında veya “koklama manevrası” esnasında ölçülür (de Valk et al., 2014).

Statik ölçümlere ek olarak, IVC Katlanabilirlik İndeksi (cIVC) hesaplanarak dinamik değerlendirme yapılabilir: $cIVC = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{max}$ (Millington et al., 2019).

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda ise IVC Gerilebilirlik İndeksi (dIVC) kullanılabilir: $dIVC = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{min}$ (Denault et al., 2018).

Alternatif olarak, IVC Alan Genişletilebilirlik İndeksi (IVC-ADI) şu şekilde tanımlanır:

$IVC-ADI = [(maksimum\ IVC\ alanı - minimum\ IVC\ alanı) / minimum\ IVC\ alanı] \times 100\%$ (Yao et al., 2019).

Elde edilen ölçümler, IVC'nin vücut yüzey alanına oranlanarak indekslenmiş değer (iIVC) biçiminde de sunulabilir; bu yöntem ölçüm doğruluğunu artırır (Cherix et al., 1989).

Doppler spektrogram değerlendirmesi (Echocolour veya Pulsed-Wave) rutin olarak yapılmasa da, stenoz, tromboz veya konjenital anomalilerin saptanmasında yardımcı olabilir (Ranjan et al., 2019).

US-IVC'nin teknik sınırlamaları arasında; obezite, gebelik, göğüs ve mide tüpleri, solunum hareketiyle IVC'nin lateral yer değiştirmesi gibi faktörlere bağlı gözlemci içi ve gözlemciler arası değişkenlik bulunur (Long et al., 2017). Bu nedenle, ölçümün doğruluğu için prob pozisyonu, hastanın solunum paterni ve görüntüleme düzlemi dikkatle optimize edilmelidir.

2.3.3. Yoğun Bakım Skorlama Sistemleri

YBÜ hastaların prognozunu değerlendirmek, tedavi etkinliğini izlemek ve kaynak kullanımını optimize etmek amacıyla çeşitli skorlama sistemleri geliştirilmiştir. Başlangıçta klinisyenlerin öznel yargısına dayanan sonuç tahmini, zamanla nicel ve standardize edilmiştir. Bu sayede klinik karar verme süreçlerinde karşılaştırılabilir, ölçülebilir ve güvenilir göstergeler elde edilmiştir (Bouch and Thompson, 2008; Champion, 2002). Bir skorlama sistemi genellikle iki bileşenden oluşur:

1. Puan (Score): Hastalığın şiddetini temsil eden sayısal değer,
2. Olasılık Modeli (Probability Model): Hastanede ölüm olasılığını hesaplayan matematiksel denklem.

Bu sistemler, hasta grupları arasında karşılaştırma yapılmasına, tedavi sonuçlarının değerlendirilmesine ve yoğun bakım kaynaklarının etkin kullanılmasına olanak sağlar. Ayrıca tedavi standartlarının geliştirilmesine de katkı sunar (Champion, 2002; Heldwein et al., 2011). Doğru bir skorlama modeli;

- Yüksek tahmin gücüne sahip olmalı,
- Lojistik regresyon modeliyle doğrulanmalı,
- Kalibrasyon ve ayırmıcılık açısından istatistiksel olarak güvenilir olmalıdır.

Kalibrasyon, modelin tahmini ölüm olasılığı ile gerçek mortalite oranı arasındaki uyum derecesini ifade eder. Ayırmıcılık ise modelin ölen ve yaşayan hastaları doğru şekilde ayırt etme yeteneğidir; bu, genellikle ROC eğrisi altındaki alan (AUC) değeri ile ölçülür (Le Gall, 2005). Yoğun bakımda kullanılan başlıca yoğun bakım skorlama, veri toplama zamanına göre iki ana grupta incelenir:

1. Girişte (ilk 24 saatte) uygulanan sistemler:
 - APACHE (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation)
 - SAPS (Simplified Acute Physiology Score)
 - MPM (Mortality Probability Model)

2. Süreç içinde tekrarlanan (dinamik) sistemler:

- SOFA (Sequential Organ Failure Assessment)
- MODS (Multiple Organ Dysfunction Score)
- LOD (Logistic Organ Dysfunction Score)
- ODIN (Organ Dysfunction and Infection System)
- TRIOS (Three-Day Recalibrated ICU Outcome Score)

Ek olarak, Glasgow Koma Skoru (GCS) da özellikle nörolojik durum değerlendirmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Le Gall, 2005).

Bu sistemlerden bazıları öznel, bazıları ise nesnel puanlamaya dayanır (Tablo 2.2):

- Öznel sistemlerde (ör. APACHE II, SOFA, ODIN) değişkenler uzman paneli tarafından klinik yargı ile belirlenir.
- Nesnel sistemlerde (ör. APACHE III, SAPS II, MPM II, MODS, LODS) değişkenler lojistik regresyon modellemesiyle tanımlanır.

Birçok çalışma, yoğun bakım skorum sisteminin mortalite tahmininde etkili olduğunu göstermiştir (Maccariello et al., 2008). Ancak bu modellerin geçerliliğini sürdürebilmesi için tıbbi uygulamalardaki ve hasta profillerindeki değişikliklere bağlı olarak periyodik olarak yeniden kalibre edilmesi gerekir (Afessa, Gajic and Keegan, 2007). Meyer ve ark. tarafından yapılan prospektif bir çalışmada, APACHE II skoru ve klinik öngörülere göre ölüm riski yüksek olarak değerlendirilen hastaların %40'tan fazlasının hayatta kaldığı gösterilmiştir (Meyer et al., 1992). Bu durum, risk tahmininde kullanılan modellerin bireysel hastalar için doğrudan “yaşayacak/ölecek” şeklinde yorumlanamayacağını, daha çok popülasyon düzeyinde olasılık tahmini sunduğunu göstermektedir.

Tablo 2. 2. Başlıca Yoğun Bakım Skorum Sisteminin Özellikleri

Skorum Sistemi	Değerlendirme Zamanı	Değişken Türü	Kapsam / Değerlendirme Alanı	Klinik Kullanım Amacı
----------------	----------------------	---------------	------------------------------	-----------------------

APACHE II / III	İlk 24 saat	Öznel + Nesnel	Fizyolojik parametreler, yaş, kronik hastalık durumu	Mortalite tahmini, hasta sınıflandırma
SAPS II	İlk 24 saat	Nesnel	17 fizyolojik değişken, yaş, kronik durumlar	Hastane mortalitesi tahmini
SOFA	Günlük (dinamik)	Öznel	6 organ sistemine ait fonksiyon skorları	Organ yetmezliği derecelendirmesi, prognoz takibi
MODS	Günlük (dinamik)	Nesnel	6 organ fonksiyonu	Organ disfonksiyonunun ilerleyişinin izlenmesi
LOD	İlk 24 saat	Nesnel	Organ yetmezliği parametreleri (laboratuvar + klinik)	Mortalite riski tahmini
ODIN	İlk 3 gün	Öznel	Organ fonksiyonları + enfeksiyon parametreleri	Organ yetmezliği ve sepsis ilişkisi değerlendirmesi
TRIOS	İlk 3 gün (günlük)	Nesnel	Günlük fizyolojik veriler	Erken mortalite öngörüsü ve klinik seyir takibi
MPM II (0, 24, 48, 72 saat)	Tekrarlayan	Nesnel	Yaş, tanı, fizyolojik veriler	Mortalite olasılığı modellemesi
GCS (Glasgow Koma Skoru)	Girişte ve izlemde	Öznel	Bilinç düzeyi (göz, motor, verbal yanıt)	Nörolojik durum ve prognoz değerlendirmesi

Not: Skorlama sistemlerinin hiçbirisi bireysel hastalar için mutlak mortalite öngörüsü sağlamaz; bu sistemler popülasyon düzeyinde olasılık tahmini yapar.

2.3.3.1. APACHE II Skoru

APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II), 1985 yılında Kuzey Amerika yoğun bakım veritabanı kullanılarak geliştirilmiş bir hastalık şiddeti sınıflandırma sistemidir (Knaus et al., 1985). Hasta kabulünden sonraki ilk 24 saat içinde elde edilen 12 fizyolojik parametre, yaş ve önceki sağlık durumu temel alınarak değerlendirilir. Bu ölçümlere

dayanarak 0 ile 71 arasında bir puan hesaplanır; yüksek skorlar daha ağır hastalık tablosu ve artmış mortalite riski ile ilişkilidir (Tablo 2.3).

APACHE II skoru, akut hastalığı olan bireyleri prognoz açısından sınıflandırmak ve farklı tedavi yaklaşımlarının etkinliğini karşılaştırmak amacıyla kullanılabilir. Eğer bir parametre ölçülmemişse, ilgili değişkene sıfır puan atanır. Hastane mortalitesi, hastanın ana tanı kategorisi ve acil cerrahi gereksinimi dikkate alınarak belirlenen lojistik regresyon modeli aracılığıyla tahmin edilir (Knaus et al., 1985).

Peter ve ark. tarafından 396 hasta üzerinde yapılan retrospektif bir çalışmada, APACHE II, SAPS II, MPM II ve PSS skorları karşılaştırılmış ve APACHE II ile SAPS II'nin zehirlenme durumlarında dahi PSS'den daha iyi performans gösterdiği bildirilmiştir (Peter et al., 2013). Bununla birlikte, APACHE II mortalite tahmininde yüksek hassasiyet ve özgüllük göstermemektedir.

Bu sistemin başlıca sınırlamaları şunlardır:

- Pek çok hastada birden fazla eşzamanlı hastalık bulunması nedeniyle tek bir ana tanı kategorisi belirlemenin güç olması,
- Fizyolojik değişkenlerin dinamik özellik göstermesi ve resüsitasyon gibi faktörlerden etkilenmesi,
- Ölçümlerin zamanlamasına bağlı bias (zaman yanlılığı) riski.

Sonuç olarak, APACHE II skorunun bazı durumlarda ölüm oranını aşırı tahmin edebileceği bildirilmiştir (Vincent and Bruzzi de Carvalho, 2010). Özellikle erken hedefe yönelik tedavilerin önem kazandığı günümüzde, bu sınırlamaların farkında olarak klinik yorum yapılması önerilmektedir.

Tablo 2. 3. APACHE II Değişkenleri ve Puanlama

Değişken	Ölçüm Aralığı	Puan (0–4)
----------	---------------	------------

Vücut Isısı (°C)	<29.9 / >41.0	4
Ortalama Arter Basıncı (mmHg)	<50 / >160	4
Kalp Hızı (dk)	<40 / >180	4
Solunum Hızı (dk)	<6 / >50	4
Oksijenlenme (PaO₂ / FiO₂)	<55 / <200	3–4
Arteriyel pH	<7.15 / >7.70	4
Serum Sodyum (mmol/L)	<110 / >180	4
Serum Potasyum (mmol/L)	<2.5 / >7.0	4
Kreatinin (mg/dL)	>3.5	4
Hematokrit (%)	<20 / >60	4
Lökosit (×10³/μL)	<1 / >40	4
Glasgow Koma Skoru	3–15	0–4
Yaş	<44 → 0, >75 → 6	0–6
Kronik Sağlık Durumu	Hafif / Orta / Ağır	0–5

Not: APACHE II skoru, 12 fizyolojik parametre, yaş ve kronik sağlık durumu değişkenlerinin kombinasyonu ile 0–71 arasında puanlanır. Yüksek skorlar artmış mortalite riski ile ilişkilidir.

2.3.3.2. SOFA Skoru

SOFA (Sequential Organ Failure Assessment) sistemi, 1994 yılında Avrupa Yoğun Bakım Tıbbı Derneği tarafından oluşturulmuş ve 1996'da revize edilmiştir (Vincent et al., 1996). Vincent ve ark. tarafından 1998 yılında 1449 hasta üzerinde değerlendirilen bu sistem, altı organ sisteminin (solunum, kardiyovasküler, hepatik, koagülasyon, renal ve nörolojik) fonksiyonlarına dayanan bir organ disfonksiyonu indeksidir (Vincent et al., 1998). Her organ 0–4 arasında puanlanır ve toplam skor hastalığın ciddiyetini yansıtır (Tablo 2.4).

SOFA skorunun yüksek olması mortalite riskinin arttığını gösterir. Tek bir organ yetmezliği veya izole solunum yetmezliği genellikle düşük mortalite oranlarıyla ilişkilidir; buna

karşın çoklu organ yetmezliklerinde ölüm oranı %65–74 arasında değişmektedir (Arts et al., 2005).

SOFA skorunun doğrudan mortalite yüzdesine dönüştürülmesi için net bir formül bulunmasa da çeşitli prospektif çalışmalara dayanarak yüksek skorların artmış ölüm riskiyle korele olduğu gösterilmiştir (Vincent et al., 1996; 1998; Ferreira et al., 2001).

Dinamik (ardışık) değerlendirme, SOFA sisteminin en önemli yönüdür. Yoğun bakım yatışının ilk günlerinde organ disfonksiyonundaki değişiklik, mortalite için güçlü bir belirteçtir.

- Bale ve ark. (2013), hem ortalama hem de en yüksek SOFA skorlarının güçlü bir prognostik değere sahip olduğunu ve ilk 48 saatteki yüksek SOFA skorunun mortaliteyle ilişkili olduğunu bildirmiştir.
- Ferreira ve ark. (2001), SOFA skorunda ilk 48 saat içinde meydana gelen artışın %50'nin üzerinde ölüm oranını öngördüğünü göstermiştir.
- Vosylius, Sipylaite ve Ivaskevicius (2004), kümülatif SOFA skorunun, tek organ disfonksiyon skoruna kıyasla sonucu öngörmede daha başarılı olduğunu belirtmiştir.

2007'de Grissom ve ark. tarafından geliştirilen MSOFA (Modified SOFA) skoru, klasik SOFA'nın sadeleştirilmiş bir versiyonudur. Bu sistemde laboratuvar testleri (örneğin trombosit, bilirubin, PaO_2/FiO_2) yerine SpO_2/FiO_2 oranı ve klinik sarılık değerlendirmesi kullanılır (Grissom ve ark., 2007). Basitleştirilmiş olmasına karşın, MSOFA skorunun doğruluk ve geçerliliği için daha fazla çalışma gerekmektedir.

SOFA skoru, hem klinik araştırmalarda hem de yoğun bakım pratiğinde organ fonksiyon bozukluğunun objektif ve dinamik takibi için yaygın olarak kullanılan, günümüzdeki en geçerli sistemlerden biridir.

Tablo 2. 4. SOFA Skor Bileşenleri ve Puanlama

Organ Sistemi	Parametre	Puanlama (0–4)
Solunum	PaO ₂ /FiO ₂ oranı (mmHg)	≥400: 0
		<400: 1
		<300: 2
		<200: 3
		<100: 4
Koagülasyon	Trombosit sayısı (×10 ³ /μL)	≥150: 0
		<150: 1
		<100: 2
		<50: 3
		<20: 4
Karaciğer	Serum bilirubin (mg/dL)	<1.2: 0
		1.2–1.9: 1
		2.0–5.9: 2
		6.0–11.9: 3
		>12: 4
Kardiyovasküler	Kan basıncı / Vazopressör gereksinimi	MAP ≥70: 0
		MAP <70: 1
		Dopamin ≤5: 2
		Dopamin >15: 3
		Noradrenalin >0.1: 4
Santral Sinir Sistemi	Glasgow Koma Skoru	15: 0
		13–14: 1
		10–12: 2
		6–9: 3
		<6: 4
Renal	Kreatinin (mg/dL) veya İdrar Çıkışı	<1.2: 0
		1.2–1.9: 1
		2.0–3.4: 2
		3.5–4.9: 3
		>5.0 veya <500 mL/gün: 4

Not: SOFA skoru, altı organ sisteminin 0–4 arası puanlanmasıyla oluşturulur. Toplam skorun artışı, çoklu organ yetmezliği riskinin ve mortalitenin arttığını gösterir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Tasarımı ve Etik Onay

Bu çalışma, yoğun bakım ünitesinde takip edilen hipoalbuminematik hastalarda plevral efüzyonun ultrasonografi ile değerlendirilmesi ve alt ekstremitte ödemeyle olan ilişkisinin araştırılması amacıyla prospektif gözlemsel bir çalışma olarak planlanmıştır. Araştırma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınarak yürütülmüştür (Etik kurul onay no: 2025/197; Tarih: 06.05.2025). Çalışmanın yürütülebilmesi için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Başhekimliği'nden kurum izni alınmıştır. Çalışmaya katılan tüm hastaların veya yasal temsilcilerinin bilgilendirilmiş onamları alınmıştır.

3.2. Çalışma Popülasyonu

Çalışmaya, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi 3. Basamak Yoğun Bakım Ünitelerinde izlenen, aşağıdaki dahil edilme ve dışlanma kriterlerini karşılayan 18 yaş üzeri erişkin hastalar dahil edilmiştir.

3.2.1. Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmaya aşağıdaki özellikleri taşıyan hastalar dahil edilmiştir:

- 18 yaş ve üzeri erişkin hastalar,
- Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Yoğun Bakım Ünitelerinde izlenen hastalar,
- Entübe olarak takip edilen hastalar,
- Serum albümin düzeyi ≤ 32 g/L olan, yani hipoalbuminematik hastalar,
- Akciğer veya alt ekstremiteye özgül ödem nedenleri bulunmayan hastalar.

3.2.2. Dışlanma Kriterleri

Aşağıda belirtilen özelliklere sahip hastalar çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır:

- Akciğer kanseri tanısı almış olanlar,
- Ölçüm bölgelerinde lezyon, yara, cerrahi skar veya anatomik engel bulunanlar,
- Derin ven trombozu öyküsü olan hastalar,
- Her iki alt ekstremitede cerrahi girişim öyküsü bulunan veya bu bölgelerde lezyonu olanlar,
- Lenfödem veya lipödem tanısı olan hastalar,
- Klinik kayıtlarının araştırma kapsamında kullanılmasına onay vermemiş olan hastalar.

Bu kriterlere göre toplam 40 hasta çalışmaya dahil edilmiştir.

3.3. Klinik Verilerin Toplanması

Hastaların demografik ve klinik verileri, yoğun bakım kayıt sisteminden elde edilmiştir.

Aşağıdaki parametreler çalışmaya dahil edilmiştir:

- Vital bulgular (sistolik ve diyastolik arter basıncı, kalp atım hızı, oksijen satürasyonu, vücut ısısı),
- Laboratuvar değerleri (karaciğer ve böbrek fonksiyon testleri, hemogram, serum albümin düzeyi),
- Glasgow Koma Skoru, sedasyon durumu, mekanik ventilasyon ayarları,
- Ejeksiyon fraksiyonu (EF) değeri ve diyaliz durumu.

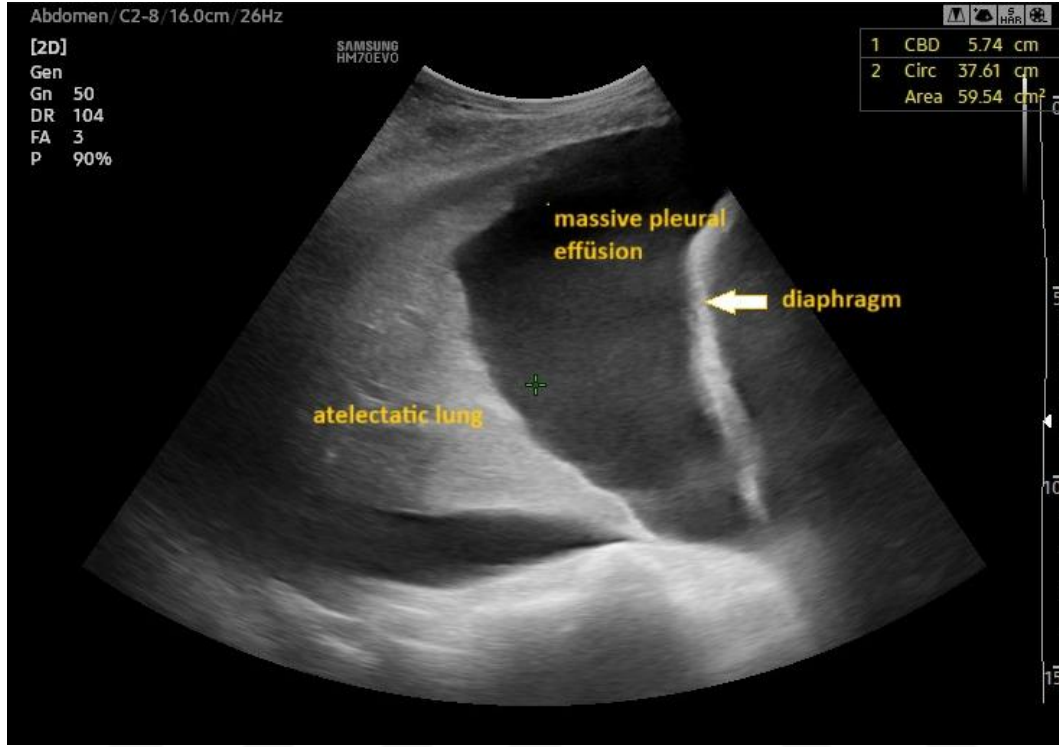
3.4. Ultrasonografik Değerlendirme

3.4.1. Plevral Efüzyonun Değerlendirilmesi

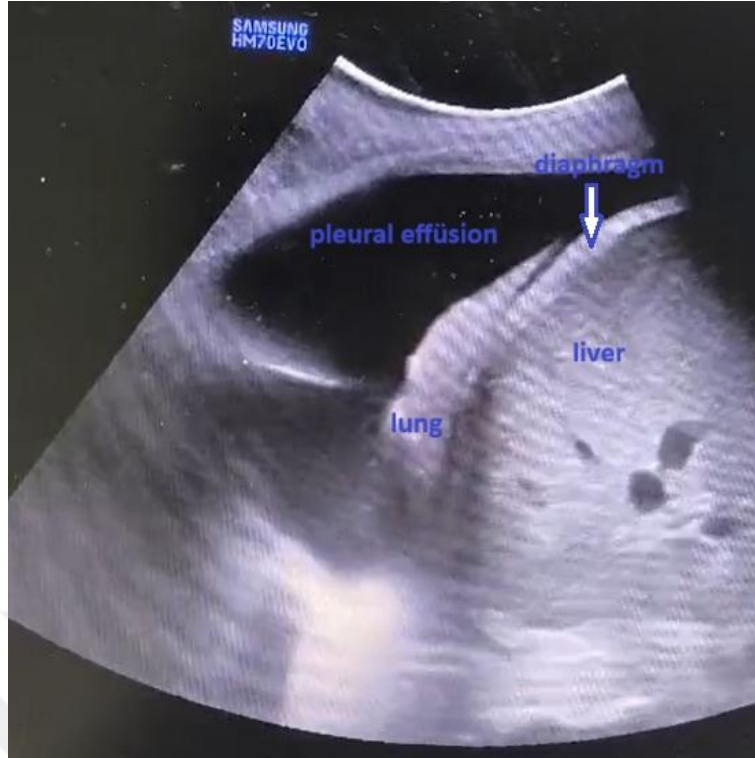
Plevral efüzyon varlığı ve miktarı, hastalar supin pozisyonda iken midaksiller hattın 6. interkostal aralığından değerlendirilmiştir. Görüntüleme, 2.5–5 MHz frekans aralığında konveks prob (USG Samsung HM70 EVO) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).

Transvers ve sagittal düzlemde hasta akciğer USG görüntülemesi alındığında (Şekil 3.4) efüzyon miktarının tahmini, koronal düzlemde effüzyon yüksekliği ile aynı seviyeden alınan

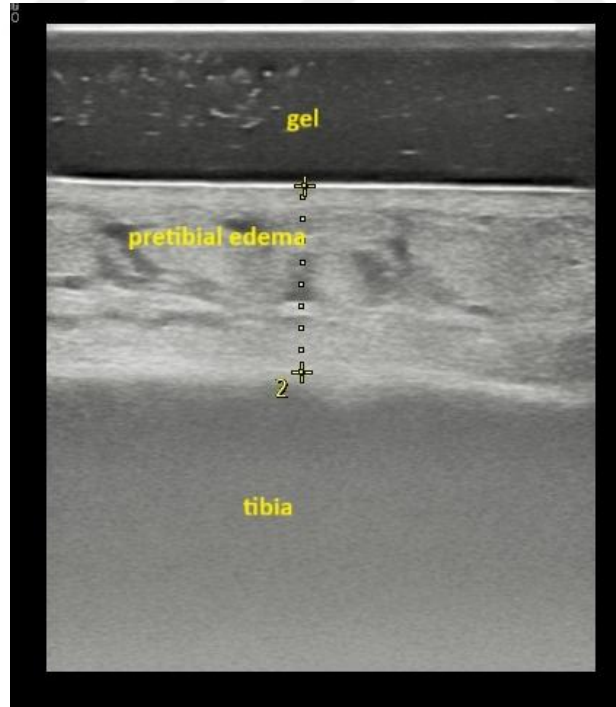
transvers plan sıvı alanının çarpımı ile hesaplanmıştır. Her ölçüm, aynı operatör tarafından iki kez tekrarlanmış ve ortalaması alınmıştır.



Şekil 3. 1. Sağ hemitoraksta diyafram üzerinde masif plevral efüzyon (massive pleural effusion) ve buna eşlik eden atelektatik akciğer görünümü (atelectatic lung). Ölçüm midaksiller hattın 6. interkostal aralığından, konveks prob ile alınmıştır. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025)



Şekil 3. 2. Diyafram, karaciğer ve akciğer ilişkisini gösteren ultrasonografik görünüm. Plevral efüzyon (pleural effusion) ile diyaframın üzerinde biriken sıvı net şekilde izlenmektedir. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025)



Şekil 3. 3. Pretibial ödemin ultrasonografik değerlendirilmesi. Lineer prob ile yapılan longitudinal kesitte, cilt yüzeyi ile tibia arasındaki subkutan dokuda hipoekoik görünümle uyumlu pretibial ödem alanı izlenmektedir. Ölçüm, jel tabakası üzerinden dermisten tibia yüzeyine kadar olan mesafenin milimetre cinsinden belirlenmesiyle yapılmıştır. (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025)



Şekil 3. 4. Transvers ve sagital düzlemde hasta akciğer USG görüntülemesi (Kaynak: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Yoğun Bakım Ünitesi, 2025)

3.4.2. Alt Ekstremit (Tibial) Ödem Ölçümü

Alt ekstremit ödem, orta tibial düzlemde 12–15 MHz lineer prob kullanılarak ölçülmüştür. Prob ile cilt yüzeyi arasına 0,5 cm kalınlığında elastik jel tabakası uygulanmış, bu sayede basınç kaynaklı hatalar en aza indirilmiştir. Ölçüm, deri yüzeyinden tibial subkutan doku derinliğine kadar olan mesafenin milimetre cinsinden belirlenmesiyle yapılmıştır. Tüm ölçümler aynı gün içinde, aynı operatör tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.5. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler GraphPad Prism (Version 9.0, San Diego, CA, USA) programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı değişkenler (örneğin yaş, boy, kilo vb.) ortalama $\pm$ standart sapma biçiminde sunuldu. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov–Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile, normal dağılmayan değişkenler arasındaki ilişkiler ise Spearman korelasyon testi ile analiz edildi. Tüm istatistiksel testlerde $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

4.1. Tüm Hastaların Demografik ve Klinik Özellikleri

Çalışmaya dahil edilen 40 hastanın yaş ortalaması $73,8 \pm 10,6$ yıl olup, yaş aralığı 49–88 yıl arasında değişmekteydi. Hastaların %67,5'i erkek (n=27) ve %32,5'i kadın (n=13) idi. Ortalama vücut kitle indeksi (VKİ) değeri $26,5 \pm 4,0$ kg/m² olarak hesaplandı. Yoğun bakıma yatış süresi ortalama $24,9 \pm 44,4$ gün olup, minimum 3 gün, maksimum 214 gün olarak kaydedildi. Ayrıca, hastaların %17,5'inin (n=7) diyaliz tedavisi aldığı belirlendi (Tablo 4.1).

Tablo 4. 1. Tüm Hastaların (n=40) Demografik ve Klinik Özellikleri

Değişken	Ortalama $\pm$ SS / n (%)	Minimum	Maksimum
Yaş (yıl)	$73,8 \pm 10,6$	49	88
Cinsiyet (E/K)	27/13 (67,5/32,5)		
VKİ (kg/m ²)	$26,5 \pm 4,0$	19,8	38,5
Yatış günü (gün)	$24,9 \pm 44,4$	3	214
Diyaliz (Var)	7 (17,5)		

SS: Standart sapma, VKİ: Vücut kitle indeksi

4.2. Tüm Hastaların Laboratuvar Bulguları

Çalışmaya dahil edilen hastaların laboratuvar bulguları Tablo 4.2'de özetlenmiştir. Ortalama serum albümin düzeyi $25,2 \pm 5,8$ g/L olup, bu değer referans aralığının (35–50 g/L) belirgin şekilde altında bulunmuştur. Ortalama hemoglobin (Hb) düzeyi $9,2 \pm 1,8$ g/dL, hematokrit (Hct) oranı ise $\%29,2 \pm 6,1$ olarak tespit edilmiştir. Ortalama üre değeri $97,4 \pm 54,2$ mg/dL olup, referans aralığının (10–50 mg/dL) üzerinde seyretmiştir. Benzer şekilde, kreatinin düzeyi ortalama $1,4 \pm 0,9$ mg/dL olarak hesaplanmıştır. Ortalama glomerüler filtrasyon hızı (GFR) $60,0 \pm 31,4$ mL/min/1.73m² bulunmuştur.

Karaciğer fonksiyon testlerinden AST düzeyi ortalama $43,8 \pm 49,4$ U/L, ALT düzeyi ise $44,2 \pm 79,2$ U/L olarak ölçülmüştür. Her iki parametre de referans aralıklarının (AST: 5–40 U/L; ALT: 5–41 U/L) üzerinde seyretmiştir.

Tablo 4. 2. Tüm Hastaların Laboratuvar Bulguları

Parametre	Ortalama $\pm$ SS	Minimum	Maksimum	Referans Aralık
Albumin (g/L)	$25,2 \pm 5,8$	15	40	35–50
Hb (g/dL)	$9,2 \pm 1,8$	6,4	14	12–18
Hct (%)	$29,2 \pm 6,1$	19,5	45	36–52
Üre (mg/dL)	$97,4 \pm 54,2$	32	246	10–50
Kreatin (mg/dL)	$1,4 \pm 0,9$	0,5	5,1	0.6–1.3
GFR (mL/min/1.73m ²)	$60,0 \pm 31,4$	11	123	>90
AST (U/L)	$43,8 \pm 49,4$	8	264	5–40
ALT (U/L)	$44,2 \pm 79,2$	6	500	5–41

SS: Standart sapma, Hb: Hemoglobin, Hct: Hematokrit, GFR: Glomerüler filtrasyon hızı, AST: Aspartat Aminotransferaz, ALT: Alanin Aminotransferaz

4.3. Tüm Hastaların Ultrason Bulguları

Çalışmaya dahil edilen hastaların ultrasonografik bulguları Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Ortalama plevral efüzyon hacmi $473,1 \pm 326,3$ mm³ olarak ölçülmüş, en düşük değer 100 mm³ en yüksek değer ise 1635 mm³ olarak kaydedilmiştir. Hastaların %77,5'inde (n=31) pretibial bölgede gode bırakan ödem (pretibial ödem) saptanmıştır. Ultrasonografik ölçümlerde pretibial ödem kalınlığı ortalama $0,48 \pm 0,36$ cm olup, değerler 0,11–1,43 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Tablo 4. 3. Tüm Hastaların Ultrason Bulguları

Değişken	Ortalama $\pm$ SS/ n (%)	Minimum	Maksimum
Plevral efüzyon (mm ³)	473,1 $\pm$ 326,3	100	1635
Pretibial ödem (Gode Var)	31 (77,5)		
Pretibial ödem (USG, cm)	0,48 $\pm$ 0,36	0,11	1,43

SS: Standart sapma

4.4. Tüm Hastaların Periferik Ödem ve Plevral Efüzyon Verilerinin Korelasyon

Analizi

Tüm hastalarda plevral efüzyon hacmi, serum albümin düzeyi, VKİ ve ultrasonografik pretibial ödem kalınlığı arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.4). Analiz sonuçlarına göre, pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,3967$; $p = 0,012$). Benzer şekilde, pretibial ödem kalınlığı ile VKİ arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = 0,3963$; $p = 0,011$).

Buna karşılık, pretibial ödem ile albümin düzeyi ($r = -0,1514$; $p = 0,351$), plevral efüzyon ile albümin ($r = -0,2093$; $p = 0,201$) ve plevral efüzyon ile VKİ ($r = -0,0037$; $p = 0,982$) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 4. 4. Tüm Hastaların Periferik Ödem ve Plevral Efüzyon Verilerinin Korelasyon Analizi

Değişkenler Arası İlişki	Korelasyon Katsayısı (r)	p-değeri
Pretibial ödem (cm) – Plevral efüzyon	0,3967	0,012
Pretibial ödem (cm) – Albumin	-0,1514	0,351
Pretibial ödem (cm) – VKİ	0,3963	0,011
Plevral efüzyon – Albumin	-0,2093	0,201
Plevral efüzyon – VKİ	-0,0037	0,982

VKİ: Vücut kitle indeksi

4.5. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Demografik ve Klinik

Özelliklerinin Karşılaştırılması

Hastalar, pretibial ödem varlığına göre iki gruba ayrılarak demografik ve klinik özellikleri karşılaştırılmıştır (Tablo 4.5). Pretibial ödemi olan hastaların yaş ortalaması $74,8 \pm 9,5$ yıl, ödemi olmayanların ise $70,2 \pm 13,8$ yıl olup, iki grup arasında yaş açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p = 0,401$). Cinsiyet dağılımı açısından da gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p = 0,120$).

Ortalama VKİ pretibial ödemi olan grupta $27,1 \pm 3,9$ kg/m², ödemi olmayan grupta ise $24,3 \pm 3,2$ kg/m² olarak hesaplanmış ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0,039$). Yoğun bakım yatış süresi (medyan: 9 gün [3–214] vs. 6 gün [3–171]) ve diyaliz tedavisi oranı (%19,4 vs. %11,1) açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p = 0,408$ ve $p = 0,567$, sırasıyla).

Tablo 4. 5. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Demografik ve Klinik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Değişken	Pretibial Ödem (+) (n= 31)	Pretibial Ödem (–) (n= 9)	p- değeri	Test
Yaş (yıl)	$74,8 \pm 9,5$	$70,2 \pm 13,8$	0,401	Mann-Whitney U
Cinsiyet (E/K)	19 (61,3) / 12 (38,7)	8 (88,9) / 1 (7,7)	0,120	Chi-square
VKİ (kg/m ²)	$27,1 \pm 3,9$	$24,3 \pm 3,2$	0,039	Mann-Whitney U
Yatış günü (gün)	9 [3 – 214]	6 [3 – 171]	0,408	Mann-Whitney U
Diyaliz (Var)	6 (19,4)	1 (11,1)	0,567	Chi-square

Sürekli veriler ortalama $\pm$ Standart sapma veya median [minimum-maksimum]; kategorik değişkenler n (%) olarak verilmiştir.

Pretibial ödemi olan ve olmayan hastaların laboratuvar parametreleri Tablo 4.6'da karşılaştırılmıştır. Ortalama serum albümin düzeyi, pretibial ödemi olan grupta $24,9 \pm 6,1$ g/L, ödemi olmayan grupta ise $26,1 \pm 4,9$ g/L olup, fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,571$). Benzer şekilde Hb, Hct, üre, kreatinin ve GFR değerleri açısından da iki grup arasında anlamlı fark saptanmamıştır (tüm $p > 0,05$).

Buna karşın, aspartat aminotransferaz (AST) düzeyi pretibial ödemi olan hastalarda (34 [8–264] U/L) ödemi olmayanlara kıyasla (26 [11–46] U/L) anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p = 0,027$). Alanin aminotransferaz (ALT) düzeyleri ise iki grup arasında benzerdi ($p = 0,744$).

Tablo 4. 6. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Laboratuvar Bulgularının Karşılaştırılması

Parametre	Pretibial Ödem (+)	Pretibial Ödem (–)	p- değeri	Test
Albumin (g/L)	$24,9 \pm 6,1$	$26,1 \pm 4,9$	0,571	Unpaired t test with Welch's correction
Hb (g/dL)	8,6 [6,4 – 14]	9,7 [7,4 – 13,8]	0,073	Mann-Whitney U
Hct (%)	$28,7 \pm 6,3$	$31,1 \pm 5,3$	0,266	Unpaired t test with Welch's correction
Üre (mg/dL)	82 [32 – 246]	72 [41 – 132]	0,279	Mann-Whitney U
Kreatin (mg/dL)	1,05 [0,45 – 3,70]	0,98 [-54 – 5,05]	0,420	Mann-Whitney U
GFR (mL/min/1.73m ²)	5 [15 – 123]	87 [11 – 118]	0,302	Mann-Whitney U
AST (U/L)	34 [8 – 264]	26 [11 – 46]	0,027	Mann-Whitney U
ALT (U/L)	19 [6 – 500]	21 [6 – 136]	0,744	Mann-Whitney U

Sürekli veriler ortalama $\pm$ standart sapma veya median [minimum-maksimum] verilmiştir. Hb: Hemogloblin, Hct: Hematokrit, GFR: Glomerüler filtrasyon hızı, AST: Aspartat Aminotransferaz, ALT: Alanin Aminotransferaz

Pretibial ödemi olan ve olmayan hastaların ultrasonografik ölçüm sonuçları Tablo 4.7’de gösterilmiştir. Plevral efüzyon hacmi, pretibial ödemi olan grupta 324 [101–544,3] mm³, ödemi olmayan grupta ise 349 [100–891] mm³ olarak bulunmuş olup, fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0,953). Buna karşın, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığı, ödemi olan grupta (0,44 [0,20–0,78] cm) ödemi olmayan gruba (0,16 [0,11–0,18] cm) kıyasla anlamlı derecede yüksek saptanmıştır (p < 0,0001). Ayrıca, ejeksiyon fraksiyonu (EF) değerleri açısından iki grup arasında anlamlı fark gözlenmemiştir (p = 0,396).

Tablo 4. 7. Pretibial Ödem Durumuna Göre Hastaların Ultrason Bulgularının Karşılaştırılması

Değişken	Pretibial Ödem (+)	Pretibial Ödem (–)	p- değeri	Test
Plevral efüzyon hacmi (mm ³)	324 [101 – 544,3]	349 [100 – 891]	0,953	Mann- Whitney U
Pretibial ödem (USG, cm)	0,44 [0,20 – 0,78]	0,16 [0,11 – 0,18]	<0,0001	Mann- Whitney U
EF (Ejeksiyon Fraksiyonu)	50 [20 – 60]	50 [45 – 60]	0,396	Mann- Whitney U

Sürekli veriler median [minimum-maksimum] verilmiştir.

Pretibial ödemi olan hastalarda, ultrasonografik olarak ölçülen ödem kalınlığı ile çeşitli klinik ve laboratuvar parametreler arasındaki ilişkiler Tablo 4.8’de gösterilmiştir. Pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmıştır (r = 0,5009, p = 0,004). Bu bulgu, pretibial ödemin artmasının plevral efüzyon miktarındaki artışla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Buna karşın, albumin (r = –0,1379, p = 0,459), VKİ (r = 0,3241, p = 0,075), üre (r = 0,0229, p = 0,902) ve GFR (r = –0,2987, p = 0,103) ile pretibial ödem kalınlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Tablo 4. 8. Pretibial Ödemi olan Hastaların Klinik ve Laboratuvar Parametreleri Arasındaki Korelasyon

Değişkenler Arası İlişki	Korelasyon Katsayısı (r)	p-değeri
Pretibial ödem (cm) – Plevral efüzyon	0,5009	0,004
Pretibial ödem (cm) – Albumin	-0,1379	0,459
Pretibial ödem (cm) – VKİ	0,3241	0,075
Pretibial ödem (cm) – Üre	0,0229	0,902
Pretibial ödem (cm) – GFR	-0,2987	0,103

4.6. Plevral Efüzyon Hacmini Belirleyen Faktörler

Plevral efüzyon hacmini etkileyen değişkenleri değerlendirmek amacıyla yapılan çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları Tablo 4.9’da gösterilmiştir. Analize yaş, serum albümin düzeyi, VKİ, diyaliz durumu ve pretibial ödem kalınlığı bağımsız değişken olarak dahil edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, yaş ($\beta = 5,011$; $p = 0,299$), albümin ($\beta = -9,534$; $p = 0,301$), VKİ ($\beta = -12,82$; $p = 0,360$) ve diyaliz durumu ($\beta = -157,8$; $p = 0,299$) değişkenlerinin plevral efüzyon hacmi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Buna karşın pretibial ödem kalınlığı ($\beta = 413,2$; $p = 0,013$) plevral efüzyon hacmi ile istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde ilişkili bulunmuştur.

Tablo 4. 9. Plevral Efüzyon Hacmini Belirleyen Bağımsız Değişkenlerin Çoklu Regresyon Analizi

Bağımsız Değişken	Beta Katsayısı (β)	Standart Hata	p-değeri
Yaş	5,011	4,748	0,299
Albumin	-9,534	9,077	0,301
VKİ	-12,82	13,82	0,360
Diyaliz durumu	-157,8	149,7	0,299
Pretibial ödem (cm)	413,2	157,0	0,013

VKİ: Vücut kitle indeksi

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, yoğun bakımda izlenen hipoalbuminemi ve entübe hastalarda ultrason ile ölçülen plevral efüzyon hacmi, ultrasonografik olarak kantitatif biçimde değerlendirilen pretibial ödem kalınlığı ve konvansiyonel fizik muayene ile saptanan gode arasındaki ilişkiyi araştıran özgün bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Çalışmanın temel ve ayırt edici bulgusu, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında anlamlı ve orta düzeyde pozitif bir korelasyon saptanması ve pretibial ödemin plevral efüzyonu bağımsız olarak öngörebilmesidir. Bu sonuç, periferik ödemin ultrason temelli kantitatif ölçümünün, yoğun bakım hastalarında sistemik sıvı yüklenmesini yansıtan güvenilir bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Çalışmamızda pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında saptanan pozitif korelasyon, plevral boşlukta ve periferik dokularda sıvı birikimini yöneten ortak fizyopatolojik mekanizmaların varlığını düşündürmektedir. Kritik hastalarda sıvı yüklenmesi çoğu zaman lokal bir süreçten ziyade sistemik bir fenomendir ve farklı anatomik kompartmanlarda eş zamanlı olarak kendini gösterebilir. Literatürde, sıvı yüklenmesi ile periferik ödem ve plevral sıvı birikimi arasında benzer paralellikler bildirilmiştir. Feller-Kopman ve ark. (2018), plevral efüzyon hacmindeki artışın konjesyon ve kapiller sızıntı ile yakından ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Benzer şekilde Chen ve ark. (2020), periferik ödemin kritik hastalarda sıvı yüklenmesinin klinik bir göstergesi olduğunu ve mortalite riskinde artışla ilişkili bulunduğunu bildirmiştir.

Bu fizyopatolojik ilişki büyük ölçüde kapiller hidrostatik basınç artışı, kapiller geçirgenlikte bozulma ve lenfatik drenajın yetersizliği gibi mekanizmalarla açıklanabilir. Özellikle sağ kalp yetmezliği, agresif sıvı replasmanı veya renal disfonksiyon gibi durumlarda artan hidrostatik basınç hem periferik dokularda ödem gelişimine hem de plevral boşlukta sıvı

birikimine yol açabilmektedir. Buna ek olarak, sistemik inflamasyon ve sepsis gibi durumlarda ortaya çıkan kapiller geçirgenlik artışı, sıvının intravasküler alandan interstisyel ve seröz boşluklara geçişini kolaylaştırmaktadır. Literatürde Feller-Kopman ve ark. (2018), sistemik sıvı yüklenmesi ile plevral efüzyon arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu belirtirken; Chen ve ark. (2020) periferik ödeme yoğun bakımda sıvı yönetimi başarısızlığının güçlü bir göstergesi olarak tanımlamıştır. Bu bağlamda çalışmamızın bulguları, sıvı yüklenmesinin sistemik bir süreç olduğunu ve periferik ödem ile plevral efüzyonun bu sürecin farklı yansımaları olarak birlikte ortaya çıkabileceğini desteklemektedir.

Bu çerçevede değerlendirildiğinde, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığının plevral efüzyon hacmi ile ilişkili bulunması, klasik fizik muayene bulgularına kıyasla daha objektif ve duyarlı bir değerlendirme yöntemi sunduğunu düşündürmektedir. Periferik ödemin ultrasonografik olarak kantitatif biçimde ölçülmesi, sıvı yüklenmesinin erken ve daha doğru biçimde saptanmasına olanak tanıyabilir ve bu yönüyle yoğun bakım pratiğinde önemli klinik katkılar sağlayabilir.

Çalışmamızda albümin düzeylerinin belirgin derecede düşük bulunması (ortalama 25,2 g/L), yoğun bakım hastalarında yaygın olarak gözlenen hipoalbuminemiye doğrulamaktadır (Vincent et al., 2003; Wiedermann, 2023). Hipoalbuminemi; kapiller kaçak, sistemik inflamasyon, yetersiz protein alımı ve hepatik sentez azalması gibi çoklu mekanizmalarla ilişkili olup mortalite artışı, enfeksiyon riskinde yükselme, doku perfüzyonunda bozulma ve üçüncü boşluklara sıvı kaybı gibi olumsuz klinik sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle albümin düzeyi, kritik hastalarda genel hastalık şiddetinin ve fizyolojik rezervin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Buna karşın çalışmamızda albümin düzeyi ile plevral efüzyon hacmi veya pretibial ödem kalınlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgu, yoğun bakım

hastalarında ödem ve efüzyon gelişiminin yalnızca onkotik basınç düşüklüğü ile açıklanamayacağını göstermektedir. Literatürde, kritik hastalarda artmış kapiller geçirgenliğin, albümin düzeyinden bağımsız olarak sıvı dağılımını belirleyici bir rol oynayabileceği belirtilmektedir (Saravi et al., 2023). Dolayısıyla hipoalbuminemi ödem gelişimi için kolaylaştırıcı bir faktör olmakla birlikte, tek başına güvenilir bir belirleyici değildir. Çalışmamızda albümin ile ödem ve efüzyon arasında ilişki saptanmaması, sıvı yüklenmesinin daha çok dinamik hemodinamik ve inflamatuvar süreçler tarafından yönlendirildiğini ve ultrason temelli kantitatif ölçümlerin bu karmaşık süreci değerlendirmede daha avantajlı olabileceğini düşündürmektedir. Yoğun bakımda plevral sıvı görülme oranı %40–60 arasında bildirilmiş olup (Goligher et al., 2015), büyük hacimli efüzyonların oksijenlenmeyi bozduğu, akciğer ekspansiyonunu sınırladığı ve mekanik ventilasyon gereksinimini artırdığı bilinmektedir (Feller-Kopman et al., 2018). Yapılan ultrasonografik değerlendirmede ortalama plevral efüzyon hacmi 473,1 mm³ olup oldukça ileri düzeyde sıvı birikimine işaret etmektedir. Bu değer, Bates et al. (2020) ve Mattison et al. (1997) çalışmalarındaki ortalama efüzyon miktarlarından daha yüksektir. Mekanik ventilasyon, inflamasyon, sıvı yüklenmesi ve kapiller kaçak sendromunun kombinasyonu, yoğun bakım hastalarında bu kadar yüksek efüzyon değerlerini açıklayabilir.

Pretibial ödem ölçümünün ultrason ile değerlendirilmesi ise modern literatürde önem kazanan bir yöntemdir. Ultrason, interstisyel sıvı birikimini milimetrik hassasiyetle belirleyebilmekte ve subjektif fizik muayene bulgularına kıyasla daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır. Literatürde leg-fluid-thickness yöntemi, özellikle sıvı yüklenmesinin değerlendirilmesinde güvenilir ve tekrarlanabilir bir ölçüm olarak kabul edilmektedir. Marzi ve ark. (2023), ultrason ile ölçülen alt ekstremité ödem kalınlığının sıvı yüklenmesini yansıtan geçerli bir biyobelirteç olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda ultrasonla ölçülen pretibial ödem

kalınlığının fizik muayene ile uyum göstermesi, bu yöntemin klinik uygulanabilirliğini desteklemektedir.

Torino ve ark. (2016) hemodiyaliz hastalarında akciğer konjesyonunu değerlendirmek için fizik muayene bulguları (raller ve periferik ödem) ile akciğer ultrasonunda tespit edilen B-lines sayısını karşılaştırmış ve fizik muayenenin pulmoner sıvı yükünü yansıtmakta son derece yetersiz kaldığını göstermiştir. Çalışmada periferik ödemin akciğerdeki su yükü ile paylaştığı varyans yalnızca %4 olup, ROC analizlerinde ödemin pulmoner konjesyonu saptamadaki ayırt edici gücü neredeyse rastlantısal düzeyde bulunmuştur. Bu bulgular, fizik muayene bulgularının sıvı yüklenmesini göstermek için tek başına yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda, fizik muayene ile değerlendirilmiş gode bulgusu ile plevral efüzyon arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığının plevral efüzyonla orta düzeyde ve anlamlı korelasyon göstermesi, ultrason temelli periferik ödem ölçümünün klasik fizik muayeneye kıyasla çok daha duyarlı olduğunu desteklemektedir. Torino ve ark.'nın sonuçlarıyla uyumlu olarak, periferik dokularda sıvı birikiminin ancak objektif, kantitatif ve görüntüleme temelli yöntemlerle güvenilir şekilde değerlendirilebildiği ve ultrasonun bu açıdan önemli bir avantaj sunduğu söylenebilir.

Li et al. (2022), konjestif kalp yetmezliği olan 168 hastada kardiyopulmoner ultrasonografi kullanarak plevral efüzyonları yarı-kantitatif skorlamış ve bu yöntemin hem interobserver hem intraobserver düzeyde yüksek güvenilirlik sunduğunu göstermiştir. Bu bulgu, çalışmamızda kullanılan ultrason temelli efüzyon ölçümlerinin güvenilirliği ile paraleldir ve yoğun bakım hastalarında ultrasonun plevral sıvı değerlendirmesi için güçlü bir tanısal araç olduğunu desteklemektedir. Ayrıca Li ve ark., efüzyon skorlarının pulmoner kongestyon (ULC skoru) ile anlamlı korelasyon gösterdiğini bildirmiştir (Li, Chen and Hu, 2022); bu sonuç, çalışmamızda plevral efüzyon hacmi ile pretibial ödem gibi sistemik sıvı yükünü yansıtan parametreler arasındaki ilişkiyi destekleyen önemli bir literatür bulgusudur.

Yakın tarihli bir derlemede Tran ve ark., kalp yetmezliği hastalarında akciğer ultrasonu, inferior vena kava ölçümleri ve subkutan doku ultrasonunun birlikte kullanılmasının volüm durumu ve ödem yerleşimini belirlemede fizik muayeneye üstün, hızlı ve yatak başı uygulanabilir bir yaklaşım sunduğunu bildirmiştir (Tran, Swarna, and Nugent, 2025). Bu bulgular, çalışmamızda plevral efüzyon ile pretibial ödemin USG ile birlikte değerlendirilmesinin sistemik sıvı yüklenmesini daha bütüncül yansıtabileceği yönündeki sonuçlarımızı desteklemektedir.

Pretibial ödem ile albümin arasındaki istatistiksel ilişkisizliğin literatürle uyumlu olması, yoğun bakım hastalarında ödem oluşumunun saf onkotik mekanizma ile açıklanamayacağını göstermektedir. Albümin düşüklüğü genellikle ödem riskini artırsa da kritik hastalıkta kapiller kaçak sendromu baskın mekanizmadır. Bu nedenle albümin-ödem ilişkisi zayıf olabilir (Wiedermann, 2020).

Öte yandan VKİ ile pretibial ödem arasındaki pozitif ve anlamlı korelasyon, obezitenin sıvı retansiyonuna eğilimi artıran önemli bir klinik faktör olduğunu düşündürmektedir. Obez bireylerde artmış venöz hidrostatik basınç, lenfatik drenajın zayıflaması, adipoz dokunun mekanik kompresyonu ve kronik düşük düzeyli inflamasyon, interstisyel sıvı birikimini kolaylaştıran temel mekanizmalardır. Nitekim De Lorenzo ve ark. (2019), obezitenin bu patofizyolojik süreçler aracılığıyla hem periferik ödem hem de sistemik sıvı dağılım bozukluklarına zemin hazırladığını bildirmiştir. Bu nedenle çalışmamızda pretibial ödem kalınlığının VKİ ile anlamlı düzeyde ilişkili bulunması, obezitenin sıvı yüklenmesine yatkınlığı artırdığına dair literatürle uyumlu bir bulgudur.

Çoklu regresyon analizinde, pek çok klinik ve laboratuvar değişken modele dahil edilmesine rağmen plevral efüzyonun bağımsız belirleyicisi yalnızca pretibial ödem kalınlığı olarak bulunmuştur. Bu sonuç çalışmanın en özgün bulgusudur ve periferik ödem ölçümünün sistemik sıvı yüklenmesinin öngörülmesinde önemli bir biyobelirteç olabileceğini

göstermektedir. Pretibial ödemin plevral efüzyon için bağımsız belirleyici olarak saptanması, periferik ödemin kritik hastalarda sistemik konjesyonu yansıtan merkezi bir bulgu olabileceğini düşündürmektedir.

Bu sonuç, literatürde giderek önem kazanan “POCUS temelli ödem değerlendirmesi” (POCUS-edema assessment) yaklaşımını desteklemektedir. Volpicelli ve ark. (2012) ile Huard ve ark. (2024), ultrasonun sıvı fazlalığını hızlı, non-invaziv ve güvenilir biçimde gösterebileceğini vurgulamıştır. Benzer şekilde Tran ve ark., kalp yetmezliği hastalarında POCUS ile akciğer, İVK ve subkutan ödem değerlendirmesinin tanı koyma, tedavi yanıtını izleme ve mortalite/yeniden yatış gibi sonuçları öngörmeye güçlü bir araç olduğunu vurgulamıştır (Tran et al., 2025). Bizim çalışmamızda pretibial ödemin plevral efüzyon için bağımsız bir belirleyici olarak saptanması, bu çok bölgeli ultrason temelli konjesyon yaklaşımının yoğun bakım popülasyonuna da uyarlanabileceğini düşündürmektedir. İleride yapılacak, hem sıvı yükünü hem de mortalite ve morbidite sonuçlarını birlikte değerlendiren prospektif çalışmalar, ultrason temelli pretibial ödem ölçümlerinin prognostik değerini daha net ortaya koyabilir.

Bu çalışmanın en önemli güçlü yönlerinden biri, plevral efüzyon ve periferik ödem ilişkisini hem klinik hem de ultrasonografik olarak kantitatif ölçümlerle değerlendiren az sayıdaki araştırmadan biri olmasıdır. Sıvı yüklenmesi değerlendirmesi, yoğun bakım pratiğinde en çok zorlanılan alanlardan biridir ve çalışmamız bu ihtiyaca yönelik yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle pretibial ödemin ultrason ile objektif olarak ölçülmesi, fizik muayenenin subjektif doğasını azaltmış ve sıvı yükünün belirlenmesinde daha güvenilir bir yöntem sağlamıştır.

Buna ek olarak çalışma prospektif olarak planlanmış, tüm ultrason ölçümleri aynı operatör tarafından gerçekleştirilmiş, böylece ölçümler arasında ortaya çıkabilecek gözlemci farklılıkları en aza indirilmiştir. Sadece klinik bulguların değil, kan basıncı, böbrek fonksiyon

testleri, albümin, ejeksiyon fraksiyonu gibi geniş bir klinik veri setinin kullanılması, sıvı dengesinin çok yönlü değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, hem efüzyonun hem ödemin non-invaziv ultrason teknikleri ile nicelendirilmiş olması, yoğun bakım hastalarında güvenli, pratik ve tekrarlanabilir ölçümler yapılabilmesine olanak tanımıştır.

Bu çalışma aynı zamanda plevral efüzyon hacmini öngörmede pretibial ödemin bağımsız bir belirleyici olduğunu ortaya koyarak literatüre yeni bir katkı sunmaktadır. Bu yönüyle, günlük yoğun bakım uygulamalarında ultrason temelli ödem ölçümlerinin sıvı yönetimi kararlarına entegre edilmesi açısından önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın güçlü yönlerine karşın bazı sınırlamalarının olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. İlk olarak, çalışma tek merkezli olup örneklem sayısı görece düşüktür (n=40). Bu durum sonuçların dış geçerliliğini sınırlayabilir. Daha büyük örneklemle yapılacak çok merkezli çalışmalar, bulguların genellenebilirliğini artıracaktır.

İkinci olarak, çalışma yalnızca hipoalbuminamik ve entübe yoğun bakım hastalarını kapsamaktadır. Bu nedenle sonuçlar albümin düzeyi normal olan veya spontan solunumu olan yoğun bakım hastalarına doğrudan genellenemez. Ayrıca, hastaların çoğu yaşlı ve multimorbid olduğundan, sıvı retansiyonu üzerinde etkili olabilecek komorbid durumların (kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı, sepsis vb.) tam olarak kontrol edilmesi mümkün olmamıştır.

Üçüncü olarak, ultrason ölçümleri tek bir zaman noktasında yapılmış olup, ödem ve efüzyonun zaman içindeki dinamik değişimleri değerlendirilmemiştir. Oysa plevral efüzyon ve periferik ödem, hastanın klinik durumundaki değişikliklere oldukça duyarlı parametrelerdir.

Son olarak çalışma, plevral efüzyonun kompozisyonunu (transüda/eksüda) değerlendirmemiş ve drenaj yapılan hastalarda sıvı analizi yapılmamıştır. Bu nedenle efüzyonun patofizyolojisine ilişkin daha ileri yorumlar yapılamamıştır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, ultrason ile ölçülen pretibial ödem kalınlığı ile plevral efüzyon hacmi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğunu göstererek, periferik ödemin sistemik sıvı yüklenmesinin güvenilir bir göstergesi olabileceğini ortaya koymuştur.

Pretibial ödem kalınlığı, çoklu regresyon analizinde plevral efüzyon hacminin tek bağımsız belirleyicisi olarak bulunmuştur. Bu bulgu, periferik ödem ölçümünün plevral sıvı birikimi hakkında önemli öngörüler sağlayabileceğini göstermektedir.

Plevral efüzyon hacmi ile pretibial ödem kalınlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyon saptanması, sistemik sıvı yüklenmesinin hem periferde hem de plevral boşlukta paralel artış gösterdiğini ve iki bulgunun ortak bir patofizyolojik mekanizma ile ilişkili olabileceğini desteklemektedir.

Albümin düzeylerinin düşüklüğüne rağmen plevral efüzyon ve pretibial ödemle anlamlı ilişki saptanmaması, sıvı retansiyonunun yalnızca onkotik basınç üzerinden değil, kapiller geçirgenlik, inflamatuvar yanıt ve hidrostatik basınç değişiklikleri gibi çoklu mekanizmalar üzerinden şekillendiğini desteklemektedir.

VKI'nin pretibial ödemle korele olması, obezitenin lenfatik drenajı bozarak ve hidrostatik basıncı artırarak sıvı retansiyonuna yatkınlığı artırdığına işaret etmektedir. Bu nedenle obez hastalarda ultrason temelli sıvı değerlendirmesinin daha fazla önem taşıdığı söylenebilir.

Plevral efüzyon hacminin ortalama 473 mm³ gibi ciddi düzeylerde olması, yoğun bakım hastalarında sıvı yüklenmesi ve kapiller kaçak sendromunun şiddetli olabileceğini göstermektedir. Yoğun bakım ekibinin sıvı tedavilerine yanıtı dikkatle izlemesi gerekmektedir.

Periferik ödemin fizik muayene ile değerlendirilmesi çoğu zaman subjektiftir ve operatör deneyimine bağlıdır. Bu çalışma, ultrason ile pretibial ödem ölçümünün pratik, güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntem olduğunu göstermiştir. Bu nedenle USG tabanlı ödem ölçümü, günlük yoğun bakım pratiğine entegre edilebilir.

Özellikle hipoalbuminemi, böbrek yetmezlikli ve obez hastalarda sıvı yüklenmesini erken saptamak için ultrason temelli yaklaşım, klasik fizik muayene veya radyolojik yöntemlere kıyasla daha avantajlıdır.

Pretibial ödem ölçümü, plevral efüzyonun ilerleyip ilerlemediğini tahmin etmede kullanılabilir; bu sayede gereksiz torasentez uygulamalarının önüne geçilebilir veya müdahale gerektiren durumlar daha erken saptanabilir.

Bu çalışma, ultrasonla yapılan periferik ödem ölçümünün (leg-fluid thickness) sistemik sıvı yükünün bir biyobelirteci olarak kullanılabileceğini destekleyen literatüre katkı sağlamaktadır. Yoğun bakımda sıvı yönetimine yönelik algoritmalar, bu tür non-invaziv ölçümler ile zenginleştirilebilir.

Klinik pratiğe uyarlanabilir bir öneri olarak, yoğun bakım hastalarında günlük değerlendirme sırasında akciğer USG (plevral efüzyon + B-lines) ve pretibial ödem USG ölçümünün birlikte yapılması, hastanın sıvı durumunun çok boyutlu olarak izlenmesine katkı sağlayabilir.

Gelecekte yapılacak daha geniş örneklemli, çok merkezli ve seri ölçümleri içeren çalışmalar, bu bulguların genellenebilirliğini artırabilir ve ultrason temelli ödem değerlendirmesinin sıvı yönetim protokollerindeki yerini daha güçlü bir şekilde belirleyebilir.

7. KAYNAKÇA

- Afessa, B., Gajic, O., and Keegan, M.T. (2007) ‘Severity of illness and organ failure assessment in adult intensive care units’, *Crit Care Clin*, 23, pp. 639–58.
- Aldrich, J. E. (2007). ‘Basic physics of ultrasound imaging’, *Critical care medicine*, 35(5), S131-S137. doi:10.1097/01.CCM.0000260624.99430.22
- Andruszkiewicz, P. and Sobczyk, D. (2013) ‘Ultrasound in critical care’, *Anaesthesiol Intensive Ther.* 45, pp. 177–81.
- Anevllavis, S., Tzouvelekis, A. and Bouros, D. (2012) ‘Mechanisms of pleural involvement in or phan diseases’, *Respiration*, 83, pp. 5–12.
- Arntfield, R. et al. (2021) ‘Development of a convolutional neural network to differentiate among the etiology of similar appearing pathological B lines on lung ultrasound: a deep learning study’, *BMJ Open*, 11(3), pp. e045120.
- Arts, D.G. et al. (2005) ‘Reliability and accuracy of Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) scoring’, *Crit Care Med*, 33, pp. 1988–93.
- Azoulay E. ‘Pleural effusions in the intensive care unit: Current opinion in pulmonary medicine’, 2003;9(4): 291-297.
- Bale, C. et al. (2013). Sequential organ failure assessment score as prognostic marker in critically ill patients in a tertiary care intensive care unit. *International Journal of Medicine & Public Health*, 3(3).
- Balik, M. (2006) ‘Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive care medicine*’, 32(2), 318–321. doi: 10.1007/s00134-005-0024-2.
- Bass, C.M. et al. (2015) ‘Pulmonary ultrasound and pulse oximetry versus chest radiography and arterial blood gas analysis for the diagnosis of acute respiratory distress syndrome: a pilot study’, *Critical Care and Resuscitation*, 19(1), pp. 282.

- Bates, D., Yang, N., Bailey, M., & Bellomo, R. (2020). 'Prevalence, characteristics, drainage and outcome of radiologically diagnosed pleural effusions in critically ill patients', *Critical Care and Resuscitation*, 22(1), pp. 45-52.
- Bediwy, A.S. et al. (2023) 'Pleural effusion in critically ill patients and intensive care setting', *World J Clin Cases*, 11(5), pp. 989-99.
- Bella, F.M. et al. (2025) 'Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma in the Emergency Department: A Comprehensive Review', *Journal of Clinical Medicine*, 14(10), pp. 3457.
- Bestetti, R. B., Cardinalli-Neto, A. and Couto, L. B. (2020) 'The evolution of knowledge about the diagnosis and pathogenetic aspects of heart failure: From the Egyptians to James Mackenzie', *Int. J. Cardiol.*, 304, pp. 109–115.
- Bhoil, R., Ahluwalia, A., Chopra, R., Surya, M. and Bhoil, S. (2021) 'Signs and Lines in Lung Ultrasound', *J. Ultrason.*, 21, p. e225. doi: 10.15557/JoU.2021.0036.
- Bielsa, S. et al. (2012) 'Solving the Light's criteria misclassification rate of cardiac and hepatic transudates', *Respirology*, 17, pp. 721–726.
- Blackmore, C. C., Black, W. C., Dallas, R. V. and Crow, H. C. (1996) 'Pleural fluid volume estimation: A chest radiograph prediction rule', *Acad. Radiol.*, 3, pp. 103–109.
- Boccatonda, A. et al. (2023) 'Lung ultrasound in COVID-19: Insights on semi-quantitative scoring systems and prognostic value', *J. Clin. Med.*, 12(3), pp. 1–15.
- Bouch, D. C. and Thompson, J. P. (2008) 'Severity scoring systems in the critically ill', *Contin. Educ. Anaesth. Crit. Care Pain.*, 8, pp. 181–185.
- Brixey, A. G. et al. (2011) 'The efficacy of chest radiographs in detecting parapneumonic effusions', *Respirology*, 16(6), pp. 1000–1004.
- Buessler, A. et al. (2020) 'Accuracy of several lung ultrasound methods for the diagnosis of acute heart failure in the ED: A multicenter prospective study', *Chest*, 157(1), pp. 99–110.

- Caltabeloti, F. et al. (2014) 'Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: A lung ultrasound observational study', *Crit. Care*, doi: 10.1186/cc13859.
- Campbell, S. J., Bechara, R. and Islam, S. (2018) 'Point-of-care ultrasound in the intensive care unit', *Clin. Chest Med.*, 39, pp. 79–97.
- Carovac, A., Smajlovic, F. and Junuzovic, D. (2011) 'Application of ultrasound in medicine', *Acta Inform. Med.*, 19(3), p. 168.
- Chalumeau-Lemoine, L. et al. (2009) 'Results of short-term training of naïve physicians in focused general ultrasonography in an intensive-care unit', *Intensive Care Med.*, 35, pp. 1767–1771.
- Champion, H. R. (2002) 'Trauma scoring', *Scand. J. Surg.*, 91, pp. 12–22.
- Chen, H. M., Chan, H. H., Chan, H. H. and Cheung, H. L. (2021) 'Surgical management of pleuro-peritoneal fistula in chronic renal failure patient—Safety and effectiveness', *J. Thorac. Dis.*, 13, pp. 2979–2985.
- Chen, K. Y. et al. (2000) 'Sonographic septation: A useful prognostic indicator of acute thoracic empyema', *J. Ultrasound Med.*, 19(12), pp. 837–843.
- Chen, Y. C. et al. (2020) 'Impact of early fluid balance on 1-year mortality in critically ill patients with cancer: A retrospective study in Central Taiwan', *Cancer Control*, 27(3), p. 1073274820920733.
- Cherix, E. C. et al. (1989) 'Echography of the inferior vena cava is a simple and reliable tool for estimation of "dry weight" in haemodialysis patients', *Nephrol. Dial. Transplant.*, 4, pp. 563–568.
- Chian, C. F. et al. (2004) 'Echogenic swirling pattern as a predictor of malignant pleural effusions in patients with malignancies', *Chest*, 126(1), pp. 129–134.

- Choi, S. H. et al. (2017) 'Clinical relevance of pleural effusion in patients with pulmonary embolism', *Respiration*, 93, pp. 271–278.
- Copetti, R., Soldati, G. and Copetti, P. (2008) 'Chest sonography: A useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome', *Cardiovasc. Ultrasound*, doi: 10.1186/1476-7120-6-16.
- Dai, M. et al. (2013) 'Imaging of interstitial fluid in skin and subcutaneous tissue using dual-frequency ultrasonography before and immediately after lymph drainage in breast cancer-related lymphedema patients', *J. Tsuruma Health Sci. Soc. Kanazawa Univ.*, 37(2), pp. 13–21.
- Damman, K. et al. (2009) 'Increased central venous pressure is associated with impaired renal function and mortality in a broad spectrum of patients with cardiovascular disease', *J. Am. Coll. Cardiol.*, 53, pp. 582–588.
- Das, D. K. (2015) 'Age and sex distribution in malignant and tuberculous serous effusions: A study of 127 patients and review of the literature', *Geriatr. Gerontol. Int.*, 15(9), pp. 1143–1150.
- De Lorenzo, A. et al. (2019) 'Why primary obesity is a disease?', *J. Transl. Med.*, 17(1), p. 169.
- de Valk, S. et al. (2014) 'The caval index: An adequate non-invasive ultrasound parameter to predict fluid responsiveness in the emergency department?', *BMC Anesthesiol.*, 14, p. 114.
- Demi, M. et al. (2020) 'Physical mechanisms providing clinical information from ultrasound lung images: Hypotheses and early confirmations', *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control.*, 67, pp. 612–623.
- Denault, A. Y. et al. (2018) 'Transthoracic echocardiographic evaluation of the heart and great vessels', *Can. J. Anaesth.*, 65, pp. 449–472.
- Dull, R. O. and Hahn, R. G. (2023) 'Hypovolemia with peripheral edema: What is wrong?', *Crit. Care.*, 27(1), p. 206.
- Ely, J. W. et al. (2006) 'Approach to leg edema of unclear etiology', *J. Am. Board Fam. Med.*, 19(2), pp. 148–160.

- Emamian, S. A. et al. (1997) 'Accuracy of the diagnosis of pleural effusion on supine chest X-ray', *Eur. Radiol.*, 7(1), pp. 57–60.
- Feller-Kopman, D. J. et al. (2018) 'Management of malignant pleural effusions: An official ATS/STS/STR clinical practice guideline', *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 198(7), pp. 839–849.
- Ferreira, F. L. et al. (2001) 'Serial evaluation of the SOFA score to predict outcome in critically ill patients', *JAMA*, 286, pp. 1754–1758.
- France, J. (2010) *Journal of Medieval Military History: Volume VIII*. Boydell Press: Boydell & Brewer. Available at: <http://www.jstor.org/stable/10.7722/j.ctt7zstnd>.
- Goffi, A., Kruisselbrink, R. and Volpicelli, G. (2018) 'The sound of air: Point-of-care lung ultrasound in perioperative medicine', *Can. J. Anaesth.*, 65, pp. 399–416.
- Gohar, E. et al. (2023) 'Artificial Intelligence (AI) versus POCUS expert: A validation study of three automatic AI-based, real-time, hemodynamic echocardiographic assessment tools', *J. Clin. Med.*, 12, p. 1352.
- Goligher, E. et al. (2011) 'Utility and safety of draining pleural effusions in mechanically ventilated patients: A systematic review and meta-analysis', *Crit. Care*, 15, p. R46. doi: 10.1186/cc10009.
- Goyal, A., Singh, B. and Afzal, M. (2025) 'Peripheral edema', in StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554452/>.
- Grimberg, A. et al. (2010) 'Diagnostic accuracy of sonography for pleural effusion: Systematic review', *Sao Paulo Med. J.*, 128(2), pp. 90–95.
- Grissom, C. K. et al. (2007) 'Modified sequential organ failure assessment (SOFA) score to predict mortality in critically ill patients', *Crit. Care Med.*, 35, p. A9.
- Guevarra, K. and Greenstein, Y. (2025) 'Point-of-care ultrasonography in the critical care unit: An update', *Curr. Cardiol. Rep.*, 27(1), p. 54.

- Guevarra, K. and Greenstein, Y. (2020) 'Ultrasonography in the critical care unit', *Curr. Cardiol. Rep.*, 22, p. 145.
- Haaksma, M. et al. (2022) 'Extended lung ultrasound to differentiate between pneumonia and atelectasis in critically ill patients: A diagnostic accuracy study', *Crit. Care Med.*, 50(5), pp. 750–759.
- Harding, W. C. et al. (2025) 'Pleural effusion: Shedding light on pleural disease beyond infection and malignancy', *Medicina*, 61(3), p. 443.
- Heffner, J. E., Brown, L. K. and Barbieri, C. A. (1997) 'Diagnostic value of tests that discriminate between exudative and transudative pleural effusions', *Chest*, 111, pp. 970–980.
- Heldeweg, M. L. A. et al. (2023) 'Lung ultrasound to predict gas-exchange response to prone positioning in COVID-19 patients: A prospective study in pilot and confirmation cohorts', *J. Crit. Care*, 73, p. 154173.
- Heldwein, M. B. et al. (2011) 'Logistic Organ Dysfunction Score (LODS): A reliable postoperative risk management score also in cardiac surgical patients?', *J. Cardiothorac. Surg.*, 6, p. 110.
- Helgeson, S. A. et al. (2019) 'Reducing iatrogenic pneumothoraces: Using real-time ultrasound guidance for pleural procedures', *Crit. Care Med.*, 47(7), pp. 903–909.
- Howe, B. E. (1951) 'Evaluation of chest suction with an artificial thorax', *Surg. Forum*, pp. 1–7.
- Huard, K., Joyal, R. and Beaubien-Souligny, W. (2024) 'The role of point-of-care ultrasound to assess fluid responsiveness and fluid tolerance in the intensive care unit', *J. Transl. Crit. Care Med.*, 6(3), p. e24-00012.
- Huggins, J. T. and Sahn, S. A. (2004) 'Drug-induced pleural disease', *Clin. Chest Med.*, 25, pp. 141–153.

- Husain, L. F. et al. (2012) 'Sonographic diagnosis of pneumothorax', *J. Emerg. Trauma Shock*, 5, pp. 76–81.
- Ibitoye, B. O. et al. (2018) 'Ultrasonographic quantification of pleural effusion: Comparison of four formulae', *Ultrasonography*, 37(3), pp. 254–260.
- Islam, M. et al. (2020) 'Lung ultrasound for the diagnosis and management of acute respiratory failure', *Lung*, 198, pp. 1–11.
- Iuchi, T. et al. (2017) 'Objective assessment of leg edema using ultrasonography with a gel pad', *PLoS One*, 12, p. e0182042.
- Jambrik, Z. et al. (2010) 'B-lines quantify the lung water content: A lung ultrasound versus lung gravimetry study in acute lung injury', *Ultrasound Med. Biol.*, 36(12), pp. 2004–2010.
- Jeffrey, R. B. and Federle, M. P. (1988) 'The collapsed inferior vena cava: CT evidence of hypovolemia', *AJR Am. J. Roentgenol.*, 150, pp. 431–432.
- Jimenez, D. et al. (2005) 'Etiology and prognostic significance of massive pleural effusions', *Respir. Med.*, 99, pp. 1183–1187.
- Kalokairinou-Motogna, M. et al. (2010) 'Application of color Doppler ultrasound in the study of small pleural effusion', *Med. Ultrason.*, 12(1), pp. 12–16.
- Kataoka, H. and Takada, S. (2000) 'The role of thoracic ultrasonography for evaluation of patients with decompensated chronic heart failure', *J. Am. Coll. Cardiol.*, 35(6), pp. 1638–1646.
- Keller, R. R. (2000) 'Once more: Light's criteria revisited', *Respiration*, 67(1), pp. 11–12.
- Kessler, C. and Bhandarkar, S. (2010) 'Ultrasound training for medical students and internal medicine residents—A needs assessment', *J. Clin. Ultrasound*, 38, pp. 401–408.
- Kitazono, M. T. et al. (2010) 'Differentiation of pleural effusions from parenchymal opacities: Accuracy of bedside chest radiography', *AJR Am. J. Roentgenol.*, 194(2), pp. 407–412.
- Knaus, W. A. et al. (1985) 'APACHE II: A severity of disease classification system', *Crit. Care Med.*, 13, pp. 818–829.

- Knobloch, K. (2008) 'eComment: A tribute to Gotthard Bulau and Vincenzo Monaldi', *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*, 7(6), p. 1159. doi: 10.1510/icvts.2008.181750A.
- Kookoolis, A. S. et al. (2014) 'Mortality of hospitalized patients with pleural effusions', *J. Pulm. Respir. Med.*, 4(3), p. 184.
- Kowalczyk, D. et al. (2024) 'Unlocking diagnostic precision: FATE protocol integration with BLUE and eFAST protocols for enhanced pre-hospital differential diagnosis of pleural effusion manifested as dyspnea in adults—A pilot study', *J. Clin. Med.*, 13(6), p. 1573.
- Krishna, R. et al. (2025) 'Pleural effusion', in *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448189/>.
- Kruisselbrink, R. et al. (2017) 'I-AIM (Indication, acquisition, interpretation, medical decision-making) framework for point of care lung ultrasound', *Anesthesiology*, 127(3), pp. 568–582.
- Lankisch, P. G., Droge, M. and Becher, R. (1994) 'Pleural effusions: A new negative prognostic parameter for acute pancreatitis', *Am. J. Gastroenterol.*, 89, pp. 1849–1851.
- Largeau, B. et al. (2021) 'Drug-induced peripheral oedema: An aetiology-based review', *Br. J. Clin. Pharmacol.*, 87(8), pp. 3043–3055.
- Le Gall, J. R. (2005) 'The use of severity scores in the intensive care unit', *Intensive Care Med.*, 31, pp. 1618–1623.
- Lee, F. C. (2016) 'Lung ultrasound: A primary survey of the acutely dyspneic patient', *J. Intensive Care*, 4, p. 57.
- Lee, F. C. Y. (2017) 'The curtain sign in lung ultrasound', *J. Med. Ultrasound*, 25, pp. 101–104.
- Levitov, A. et al. (2016) 'Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients—Part II: Cardiac ultrasonography', *Crit. Care Med.*, 44, pp. 1206–1227.

- Li, H., Chen, J. and Hu, P. X. (2022) 'Cardiopulmonary ultrasound correlates of pleural effusions in patients with congestive heart failure', *BMC Cardiovasc. Disord.*, 22(1), p. 198.
- Lichtenstein, D. et al. (2004) 'Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome', *Anesthesiology*, 100(1), pp. 9–15.
- Lichtenstein, D. et al. (1997) 'The comet-tail artifact: An ultrasound sign of alveolar–interstitial syndrome', *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 156, pp. 1640–1646.
- Lichtenstein, D. and Mezière, G. (2000) 'The “lung point”: An ultrasound sign specific to pneumothorax', *Intensive Care Med.*, 26, pp. 1434–1440.
- Lichtenstein, D. (2013) 'FALLS-protocol: Lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock', *Heart Lung Vessel.*, 5, p. 142.
- Lichtenstein, D. (2009) 'Lung ultrasound in acute respiratory failure: An introduction to the BLUE-protocol', *Minerva Anesthesiol.*, 75(5), pp. 313–317.
- Lichtenstein, D. A. and Menu, Y. (1995) 'A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill: Lung sliding', *Chest*, 108, pp. 1345–1348.
- Lichtenstein, D. A. et al. (2005) 'Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax', *Crit. Care Med.*, 33, pp. 1231–1238.
- Lichtenstein, D. A. and Mezière, G. A. (2008) 'Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: The BLUE protocol', *Chest*, 134(1), pp. 117–125. doi: 10.1378/chest.07-2800.
- Lichtenstein, D. A. (2015) 'BLUE-protocol and FALLS-protocol: Two applications of lung ultrasound in the critically ill', *Chest*, 147(6), pp. 1659–1670. doi: 10.1378/chest.14-1313.
- Lichtenstein, D. A. (2014) 'Lung ultrasound in the critically ill', *Ann. Intensive Care*, 4(1), p. 1.

- Light, R. W. et al. (1972) 'Pleural effusions: The diagnostic separation of transudates and exudates', *Ann. Intern. Med.*, 77, pp. 507–513.
- Light, R. W. et al. (1980) 'Parapneumonic effusions', *Am. J. Med.*, 69(4), pp. 507–512.
- Lindskog, G. (1961) 'Some historical aspects of thoracic trauma', *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 42, pp. 1–11.
- Long, E. et al. (2017) 'Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness? A systematic review and meta-analysis', *Shock*, 47, pp. 550–559.
- Ma, O. J. and Mateer, J. R. (1997) 'Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of hemothorax', *Ann. Emerg. Med.*, 29(3), pp. 312–315.
- Maccariello, E. R. et al. (2008) 'Performance of six prognostic scores in critically ill patients receiving renal replacement therapy', *Rev. Bras. Ter. Intensiva*, 20(2), pp. 115–123.
- MacDuff, A., Arnold, A. and Harvey, J. (2010) 'Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010', *Thorax*, 65(Suppl. 2), pp. ii18–ii23.
- Marik, P. E. et al. (2017) 'Fluid administration in severe sepsis and septic shock, patterns and outcomes: An analysis of a large national database', *Intensive Care Med.*, 43, pp. 625–632.
- Marzi, I., Schindler, C. R. and Störmann, P. (2023) 'Extremities trauma', in *Textbook of Emergency General Surgery: Traumatic and Non-Traumatic Surgical Emergencies*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1653–1661.
- Mathis, G. (1997) 'Thoraxsonography—Part II: Peripheral pulmonary consolidation', *Ultrasound Med. Biol.*, 23, pp. 1141–1153.
- Mattison, L. E. et al. (1997) 'Pleural effusions in the medical ICU: Prevalence, causes, and clinical implications', *Chest*, 111(4), pp. 1018–1023.
- Mayo, P. H. et al. (2004) 'Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation', *Chest*, 125, pp. 1059–1062.

- Mayo, P. H. et al. (2019) 'Thoracic ultrasonography: A narrative review', *Intensive Care Med.*, 45, pp. 1200–1211.
- McCloud, T. C. and Flower, C. D. (1991) 'Imaging the pleura: Sonography, CT, and MR imaging', *AJR Am. J. Roentgenol.*, 156(6), pp. 1145–1153.
- Mengi, S. et al. (2019) 'Klinik muayene doğru tanı için hayati öneme sahip olmaya devam ediyor: Kalp yetmezliği araştırması için sevk edilen şiddetli periferik ödem vakası', *BMJ Case Rep.*, 12(7).
- Meyer, A. A. et al. (1992) 'Prospective comparison of clinical judgment and APACHE II score in predicting the outcome in critically ill surgical patients', *J. Trauma*, 32, pp. 747–753.
- Meyer, J. A. (1989) 'Gotthard Bülow and closed water-seal drainage for empyema, 1875–1891', *Ann. Thorac. Surg.*, 48(4), pp. 597–599.
- Millington, S. J. (2019) 'Ultrasound assessment of the inferior vena cava for fluid responsiveness: Easy, fun, but unlikely to be helpful', *Can. J. Anaesth.*, 66, pp. 633–638.
- Monaghan, S. F. and Swan, K. G. (2008) 'Tube thoracostomy: The struggle to the “standard of care”', *Ann. Thorac. Surg.*, 86(6), pp. 2019–2022.
- Munnell, E. R. (1997) 'Thoracic drainage', *Ann. Thorac. Surg.*, 63(5), pp. 1497–1502.
- Nakao, S. et al. (1987) 'Effects of positional changes on inferior vena caval size and dynamics and correlations with right-sided cardiac pressure', *Am. J. Cardiol.*, 59, pp. 125–132.
- Neto, F. M. J. et al. (2016) 'Advances in lung ultrasound', *Einstein (Sao Paulo)*, 14, pp. 443–448.
- Panoulas, V. F. et al. (2013) 'Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors', *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*, 14, pp. 323–330.
- Parab, S. Y. and Solanki, S. L. (2017) 'Lung point and power slide signs help to improve the accuracy of lung ultrasound to diagnose pneumothorax', *Saudi J. Anaesth.*, 11, pp. 121–122.

- Patel, H., Skok, C. and DeMarco, A. (2022) 'Peripheral edema: Evaluation and management in primary care', *Am. Fam. Physician*, 106(5), pp. 557–564.
- Peter, J. V. et al. (2013) 'Performance of clinical scoring systems in acute organophosphate poisoning', *Clin. Toxicol. (Phila.)*, 51, pp. 850–854.
- Peters, R. M. (1989) 'Empyema thoracis: Historical perspective', *Ann. Thorac. Surg.*, 48(2), pp. 306–308.
- Porcel, J. M. (2013) 'Identifying transudates misclassified by Light's criteria', *Curr. Opin. Pulm. Med.*, 19, pp. 362–367.
- Prat, G. et al. (2016) 'Can lung ultrasonography predict prone positioning response in acute respiratory distress syndrome patients?', *J. Crit. Care*, 32, pp. 36–41.
- Qureshi, N. R., Rahman, N. M. and Gleeson, F. V. (2009) 'Thoracic ultrasound in the diagnosis of malignant pleural effusion', *Thorax*, 64(2), pp. 139–143.
- Rabe, E., Carpentier, P. and Maggioli, A. (2018) 'Understanding lower leg volume measurements used in clinical studies focused on venous leg edema', *Int. Angiol.*, 37(6), pp. 437–443.
- Rahman, N. M. et al. (2011) 'Intrapleural use of tissue plasminogen activator and DNase in pleural infection', *N. Engl. J. Med.*, 365(6), pp. 518–526.
- Ranjan, R. et al. (2019) 'Doppler recognition of low or normal central venous pressure from continuous flow from inferior vena cava into right atrium', *Am. J. Cardiol.*, 124, pp. 448–452.
- Rantanen, N. W. (1986) 'Diseases of the thorax', *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 2, pp. 49–66.
- Raz, M. A. et al. (2024) 'Use of lung ultrasound to assess volume status and its association with physical examination in patients with chronic kidney disease', *Clin. Kidney J.*, 17(7), p. sfae167.

- Reissig, A. and Copetti, R. (2012) 'Lung ultrasound in community-acquired pneumonia and in interstitial lung diseases', *Respir. Res.*, 13(1), pp. 1–11.
- Reissig, A. and Kroegel, C. (2009) 'Relevance of subpleural consolidations in chest ultrasound', *Chest*, 136, p. 1706.
- Remerand, F. et al. (2010) 'Multiplane ultrasound approach to quantify pleural effusion at the bedside', *Intensive Care Med.*, 36(4), pp. 656–664.
- Reuss, J. (2010) 'Sonography of the pleura', *Ultraschall Med.*, 31(1), pp. 8–22.
- Roberts, M. E. et al. (2023) 'British Thoracic Society guideline for pleural disease', *Thorax*, 78(Suppl. 3), pp. s1–s42.
- Rocco, M. et al. (2008) 'Diagnostic accuracy of bedside ultrasonography in the ICU: Feasibility of detecting pulmonary effusion and lung contusion in patients on respiratory support after severe blunt thoracic trauma', *Acta Anaesthesiol. Scand.*, 52(6), pp. 776–784.
- Romero-Candeira, S. et al. (2001) 'Influence of diuretics on the concentration of proteins and other components of pleural transudates in patients with heart failure', *Am. J. Med.*, 110, pp. 681–686.
- Roth, B. J., O'Meara, T. F. and Cragun, W. H. (1990) 'The serum–effusion albumin gradient in the evaluation of pleural effusions', *Chest*, 98, pp. 546–549.
- Rothlin, M. A. et al. (1993) 'Ultrasound in blunt abdominal and thoracic trauma', *J. Trauma*, 34(4), pp. 488–495.
- Saguil, A., Wyrick, K. and Hallgren, J. (2014) 'Diagnostic approach to pleural effusion', *Am. Fam. Physician*, 90(2), pp. 99–104.
- Sajadieh, H. et al. (2014) 'Ultrasound as an alternative to aspiration for determining the nature of pleural effusion, especially in older people', *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1019, pp. 585–592.
- Sanada, H. and Mori, T. (2014) *Bioengineering Nursing: New Horizons of Nursing Research*. 1st ed. New York: Nova Science Publishers Inc., pp. 173–187.

- Saravi, B. et al. (2023) 'Capillary leak and endothelial permeability in critically ill patients: A current overview', *Intensive Care Med. Exp.*, 11(1), p. 96.
- Saul, T. et al. (2015) 'M-mode ultrasound applications for the emergency medicine physician', *J. Emerg. Med.*, 49(5), pp. 686–692.
- Schnobrich, D. J. et al. (2013) 'Point-of-care ultrasound in internal medicine: A national survey of educational leadership', *J. Grad. Med. Educ.*, 5(3), pp. 498–502.
- Soldati, G. et al. (2019) 'The role of ultrasound lung artifacts in the diagnosis of respiratory diseases', *Expert Rev. Respir. Med.*, 13, pp. 163–172.
- Soldati, G. and Demi, M. (2017) 'The use of lung ultrasound images for the differential diagnosis of pulmonary and cardiac interstitial pathology', *J. Ultrasound*, 20, pp. 91–96.
- Soni, N. J., Arntfield, R. and Kory, P. (2014) *Point-of-Care Ultrasound*. 1st ed. Philadelphia, PA: Saunders.
- Soni, N. J. et al. (2015) 'Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions', *J. Hosp. Med.*, 10(12), pp. 811–816.
- Suehiro, K. et al. (2017) 'Differentiation of functional venous insufficiency and leg lymphedema complicated by functional venous insufficiency using subcutaneous tissue ultrasonography', *J. Vasc. Surg. Venous Lymphat. Disord.*, 5(1), pp. 96–104.
- Takuwa, T. et al. (2013) 'Low-fat diet management strategy for chylothorax after pulmonary resection and lymph node dissection for primary lung cancer', *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 146, pp. 571–574.
- Tang, K., Robbins, I. M. and Light, R. W. (2009) 'Incidence of pleural effusions in idiopathic and familial pulmonary arterial hypertension patients', *Chest*, 136, pp. 688–693.
- Targhetta, R., Bourgeois, J. M. and Balmes, P. (1990) 'Echographie du pneumothorax [echography of pneumothorax]', *Rev. Mal. Respir.*, 7, pp. 575–579.

- Targhetta, R. et al. (1992) 'Ultrasonographic approach to diagnosing hydropneumothorax', *Chest*, 101(4), pp. 931–934.
- Taryle, D. A., Potts, D. E. and Sahn, S. A. (1978) 'The incidence and clinical correlates of parapneumonic effusions in pneumococcal pneumonia', *Chest*, 74(2), pp. 170–173.
- Tassenoy, A. et al. (2011) 'Postmastectomy lymphoedema: Different patterns of fluid distribution visualised by ultrasound imaging compared with magnetic resonance imaging', *Physiotherapy*, 97(3), pp. 234–243.
- Torino, C. et al. (2016) 'The agreement between auscultation and lung ultrasound in hemodialysis patients: The LUST study', *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.*, 11(11), pp. 2005–2011.
- Tran, V., Swarna, S. and Nugent, K. (2025) 'The use of ultrasound to determine volume status and identify sites of edema in patients with heart failure', *Southwest Respir. Crit. Care Chron.*, 13(54), pp. 1–8.
- Trayes, K. P. et al. (2013) 'Edema: Diagnosis and management', *Am. Fam. Physician*, 88(2), pp. 102–110.
- Tu, C. Y. et al. (2004) 'Pleural effusions in febrile medical ICU patients: Chest ultrasound study', *Chest*, 126(4), pp. 1274–1280.
- Udwadia, Z. F. and Sen, T. (2010) 'Pleural tuberculosis: An update', *Curr. Opin. Pulm. Med.*, 16, pp. 399–406.
- Usta, E., Mustafi, M. and Ziemer, G. (2010) 'Ultrasound estimation of volume of postoperative pleural effusion in cardiac surgery patients', *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*, 10(2), pp. 204–207.
- Van Schil, P. E. (1997) 'Thoracic drainage and the contribution of Gotthard Bülow', *Ann. Thorac. Surg.*, 64(6), p. 1876.

- Vermeiren, G. L. J., Malbrain, M. L. N. G. and Walpot, J. M. J. B. (2015) 'Cardiac ultrasonography in the critical care setting: A practical approach to assess cardiac function and preload for the "non-cardiologist"', *Anaesthesiol. Intensive Ther.*, 47, pp. s89–s104.
- Vincent, J. L. and Bruzzi de Carvalho, F. (2010) 'Severity of illness', *Semin. Respir. Crit. Care Med.*, 31, pp. 31–38.
- Vincent, J. L. et al. (1998) 'Use of the SOFA score to assess the incidence of organ dysfunction/failure in intensive care units: Results of a multicenter, prospective study', *Crit. Care Med.*, 26, pp. 1793–1800.
- Vincent, J. L. et al. (1996) 'The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure', *Intensive Care Med.*, 22, pp. 707–710.
- Vincent, J. L. et al. (2003) 'Hypoalbuminemia in acute illness: Is there a rationale for intervention? A meta-analysis of cohort studies and controlled trials', *Ann. Surg.*, 237(3), pp. 319–334.
- Volpicelli, G. et al. (2012) 'International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound', *Intensive Care Med.*, 38(4), pp. 577–591.
- Volpicelli, G. et al. (2013a) 'Point-of-care multiorgan ultrasonography for the evaluation of undifferentiated hypotension in the emergency department', *Intensive Care Med.*, 39, pp. 1290–1298.
- Volpicelli, G. (2011) 'Sonographic diagnosis of pneumothorax', *Intensive Care Med.*, 37, pp. 224–232.
- Volpicelli, G. et al. (2013b) 'Lung ultrasound in diagnosing and monitoring pulmonary interstitial fluid', *Radiol. Med.*, 118, pp. 196–205.
- Vosylius, S., Sipylaite, J. and Ivaskevicius, J. (2004) 'Sequential organ failure assessment score as a predictor of outcome in severe sepsis', *Croat. Med. J.*, 45, pp. 715–720.

- Walker, S. P. et al. (2017) 'Nonmalignant pleural effusions: A prospective study of 356 consecutive unselected patients', *Chest*, 151(5), pp. 1099–1105.
- Wang, Y. et al. (2017) 'Usefulness of lung ultrasound B-lines in connective tissue disease-associated interstitial lung disease: A literature review', *Arthritis Res. Ther.*, 19, p. 206.
- Wiedermann, C. J. (2020) 'Phases of fluid management and the roles of human albumin solution in perioperative and critically ill patients', *Curr. Med. Res. Opin.*, 36(12), pp. 1961–1973.
- Wiedermann, C. J. (2023) 'Human albumin infusion in critically ill and perioperative patients: Narrative rapid review of meta-analyses from the last five years', *J. Clin. Med.*, 12(18), p. 5919.
- Williamson, J. P. et al. (2017) 'Thoracic ultrasound: What non-radiologists need to know', *Curr. Pulmonol. Rep.*, 6(1), pp. 39–47.
- Wu, R. G. et al. (1995) 'Fluid color sign: A useful indicator for discrimination between pleural thickening and pleural effusion', *J. Ultrasound Med.*, 14(10), pp. 767–769.
- Yabunaka, K. et al. (2016) 'Ultrasonographic classification of subcutaneous edema caused by infusion via peripheral intravenous catheter', *J. Med. Ultrasound*, 24(2), pp. 60–65.
- Yang, P. C. et al. (1992) 'Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: Analysis of 320 cases', *AJR Am. J. Roentgenol.*, 159(1), pp. 29–33.
- Yao, B. et al. (2019) 'The value of the inferior vena cava area distensibility index and its diameter ratio for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated patients', *Shock*, 52, pp. 37–42.
- Zahir, A. et al. (2020) 'Frequency of hypoalbuminemia in critically ill patients admitted to intensive care unit', *J. Ayub Med. Coll. Abbottabad.*, 31(7), pp. 37–41.